

Les vers à soie malgaches

Enjeux écologiques et socio-économiques

Dans la même collection

- Berti F. et al., 2006. *Le coton dans tous ses états*. 118 p., 20 fig., 15 tab.
- Bock L. et al., 2011. *3^{ème} Journée d'étude du Projet de Cartographie Numérique des Sols de Wallonie. L'information pédologique... comment mieux la valoriser : vers un système d'information sur les sols?* 116 p., 59 fig., 21 tab.
- Boudru M., 1989. *Forêt et sylviculture. Traitement des forêts*. 356 p., 87 fig., 35 tab.
- Boudru M., 1992. *Forêt et sylviculture. Boisements et reboisements artificiels*. 348 p., 11 fig., 36 tab.
- Bousson E., 2003. *Gestion forestière intégrée. Approche structurée basée sur l'analyse multicritère*. 303 p., 79 fig., 52 tab., 7 photos.
- Colson V., Granet A.M., Vanwijnsberghe S., 2012. *Loisirs en forêt et gestion durable*. 304 p., 286 ill., 7 tab.
- Dagnelie P., 1975. *Analyse statistique à plusieurs variables*. 362 p., 20 fig., 28 tab.
- Dagnelie P. et al., 1988. *Tables de production relatives à l'épicéa commun*. 124 p., 44 tab.
- Dagnelie P., 2012. (2^e éd.). *Principes d'expérimentation. Planification des expériences et analyse de leurs résultats*. 413 p., 71 fig., 86 tab.
- Dagnelie P. et al., 2013. *Cubage des arbres et des peuplements forestiers : tables et équations*. 176 p., 100 tab.
- Delacharlerie S. et al., 2008. *HACCP organoleptique. Guide pratique*. 176 p., photos en couleur.
- Delvigne F. et al., 2010. *2^{ème} journée de réflexion de l'EDT GEPROC : génie des procédés appliqués aux bio-industries*. 94 p., 51 fig., 29 tab.
- Delvingt W., 2001. *La forêt des hommes. Terroirs villageois en forêt tropicale africaine*. 288 p., 39 fig., 51 tab., 22 photos en couleur.
- Delvingt W., Vermeulen C., 2007. *Nazinga*. 312 p., 38 fig., 54 tab., 282 photos en couleur.
- Demol J., 2002. *Amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales*. 584 p., 77 fig., 20 tab., 72 photos en couleur.
- Didderen I. et al., 2009. *Le bioéthanol de seconde génération. La production d'éthanol à partir de biomasse lignocellulosique*. 128 p., 65 fig., 24 tab.
- Doucet J.L. et al., 2012. *Regards croisés sur la foresterie communautaire. L'expérience camerounaise*. 216 p., 141 photos couleur.
- Druart Ph., Husson C. & Paul R., 2013. *Renaturation des berges de cours d'eau et phytoremédiation. Utilisation d'écotypes ligneux de ripisylves pour l'ingénierie végétale*. 156 p., 52 fig., 14 tab.
- Feltz C., Toussaint A. (coord.), 2006. *Conversations paysagères 2004*. 77 p., 24 photos, 2 tab.
- Laitat E., Marcoen J.-M. (coord.), 2004. *Terre wallonne – Humains admis*. 92 p., 22 fig., 24 tab.
- Ledent A., Burny P., 2002. *La politique agricole commune des origines au 3^e millénaire*. 600 p., 4 fig., 41 tab.
- Mahy G. et al. (coord.), 2005. *Les pelouses calcicoles : du paysage aux gènes*. 80 p., 23 fig., 7 tab., 10 photos.
- Malaisse F., 2010. *How to Live and Survive in Zambezian open Forest (MIOMBO Ecoregion)*. 424 p., 76 fig., 85 tab., 41 photos + 1 CD-ROM (387 photos en couleur).
- Nanson A., 2004. *Génétique et amélioration des arbres forestiers*. 712 p., 103 ill., 25 tab.
- Neuray G., 1982 (Réimpression 2004). *Des paysages. Pour qui ? Pourquoi ? Comment ?* 590 p., 300 ill.
- Rondeux J., Thibaut A., 1996. *Tables de production relatives au douglas*. 152 p., 5 fig., 61 tab.
- Rondeux J., 1997. *La forêt et les hommes. Arrêt sur images 1900-1930*. 94 p., 82 photos.
- Rondeux J., 1999. *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. 544 p., 70 fig., 67 tab., 20 photos.
- Sindic M. et al., 2010. *Valorisation de l'amidon de blé. Incidences des modalités de culture sur les propriétés technico-fonctionnelles*. 72 p., 29 fig., 6 tab.
- Vandenbergh Ch., Marcoen J.M. (éds), 2010. *Atelier Nitrate-Eau. Évaluation du programme de Gestion Durable de l'Azote*. 125 p., 55 fig., 67 tab.
- Vandenbergh Ch. et al. (éds), 2013. *2^e Atelier Nitrate-Eau. Évaluation du Programme de Gestion Durable de l'Azote*. 154 p., 59 fig., 54 tab.
- Vermeulen Ph. et al. (coord.), 2009. *Feed Safety International Conference 2007*. 70 p., 11 tab., 20 fig.
- Vermeulen Ph. et al., 2011. *3rd International Feed Safety Conference Methods and Challenges*. 72 p., 23 tab., 20 fig. dont 2 en couleur.

Les vers à soie malgaches

**Enjeux écologiques
et socio-économiques**

**François Verheggen
Jan Bogaert
Éric Haubrûge
Éditeurs scientifiques**

LES PRESSES AGRONOMIQUES DE GEMBLOUX

-
- 1 *Borocera cajani* sur *tapia*
 - 2 Tisseuse de la commune d'Arivonimamo
 - 3 Bois de *tapia* de la commune d'Arivonimamo
 - 4 Cocon de ver à soie
© Diez L.

Photo de fond : Commune d'Arivonimamo
© Barsics F.



© 2013, LES PRESSES AGRONOMIQUES DE GEMBLOUX, A.S.B.L.

Passage des Déportés 2 — B-5030 Gembloux (Belgique)

Tél. : +32 (0) 81 62 22 42 – Fax : +32 (0) 81 62 25 52

E-mail : pressesagro.gembloux@ulg.ac.be URL : www.pressesagro.be

D/2013/1665/128

ISBN 978-2-87016-128-9

Cette œuvre est sous licence Creative Commons. Vous êtes libre de reproduire, de modifier, de distribuer et de communiquer cette création au public selon les conditions suivantes :

- *paternité (BY) : vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'œuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'œuvre) ;*
- *pas d'utilisation commerciale (NC) : vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales ;*
- *partage des conditions initiales à l'identique (SA) : si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.*

À chaque réutilisation ou distribution de cette création, vous devez faire apparaître clairement au public les conditions contractuelles de sa mise à disposition. Chacune de ces conditions peut être levée si vous obtenez l'autorisation du titulaire des droits sur cette œuvre. Rien dans ce contrat ne diminue ou ne restreint le droit moral de l'auteur.

Avant-propos

La soie fut une matière valorisée par les Malgaches bien avant la colonisation ; présentes dans plusieurs régions du pays, les techniques de filature et de tissage furent maîtrisées par beaucoup de femmes à travers l'île, mais de manière encore très artisanale. Madagascar dispose en effet de plusieurs atouts pour permettre le développement de cette filière de production de soie : un climat d'altitude, les savoir-faire artisanaux et surtout une longue expérience en sériculture. Si la soie reste encore fréquemment utilisée dans la vie courante malgache et les rites qui la marquent, l'élevage des vers à soie lui-même a été délaissé, probablement à cause de la complexité de la technique et par les tabous encore existants au niveau des collectivités rurales. Cependant, les formations de *tapia* de la région du centre abritent plusieurs espèces de papillons endémiques, dont les chenilles sont productrices d'une soie de bonne qualité. La conservation de ces espèces est malheureusement menacée par le problème environnemental principal à Madagascar : la déforestation. Les causes en sont multiples : la population utilise du charbon de bois pour cuisiner et pour se chauffer et les paysans cultivent en terre brûlée. Le respect pour la culture ancestrale demeure fortement présent dans l'esprit des communautés rurales ; il est très difficile de faire changer les habitudes, même si les populations sont conscientes qu'elles mettent en danger les produits et services de leur environnement immédiat.

Ces constats ont formé le point de départ du projet de coopération universitaire «Gestion et valorisation durable du ver à soie endémique *Borocera cajani* en milieu forestier dans la région d'Antananarivo» (GeVaBo) financé par la Commission universitaire pour le Développement (CIUF-CUD). La Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech de l'Université de Liège axe depuis longtemps une part significative de ses activités vers les pays en voie de développement. C'est dans cet esprit qu'Éric Haubrûge et François Malaisse, professeurs à Gembloux Agro-Bio Tech, après divers contacts avec Madame Naritiana Rakotoniaina concernant *Borocera cajani*, avaient initié une collaboration avec le Département des Eaux et Forêts de l'École Supérieure des Sciences Agronomiques de l'Université d'Antananarivo, et proposé à la CUD le projet de recherche pluridisciplinaire cité ci-dessus autour de la thématique de la valorisation des vers à soie, de leur habitat et de la filière soie. Ce projet avait les ambitions suivantes : (a) étudier l'écologie des différentes espèces de vers à soie endémiques, et mettre en place des élevages de masse de vers à soie sauvages endémiques en milieux universitaire et rural ; (b) étudier les aspects écologiques et botaniques de l'habitat des vers à soie, à savoir les formations de *tapia* (*Uapaca bojeri* Baill.) ; (c) évaluer, par une approche socio-anthropologique, la place de la soie au sein des populations locales et la faisabilité de la mise en place de stratégies de gestion et de conservation des espèces de vers à soie sauvages ; (d) étudier les possibilités de création d'une filière de production durable de soie sauvage.

Une part importante du financement reçu a permis d'organiser trois thèses de doctorat soutenues à l'Université d'Antananarivo par Tsiresy Razafimanantsoa, Olivia Rakotondrasoa et Misha Rabearisoa. De nombreux étudiants belges ont également pris part au projet. De ce travail collégial, plusieurs communications scientifiques ont été publiées, dont certaines dans des revues internationales renommées. Ce livre reflète les résultats obtenus durant les cinq années du projet GeVaBo (de 2008 à 2013), présentés ici sous forme d'articles scientifiques.

Cet ouvrage est composé de trois sections. Une première section de l'ouvrage porte sur les aspects biologiques et écologiques des vers à soie endémiques de Madagascar, avec l'accent sur le *landibe* (*Borocera cajani* Vinson) et notamment sa morphologie, l'estimation de son abondance dans l'aire étudiée, la dynamique de ses populations, les interactions avec ses plantes hôtes, son comportement d'alimentation et son développement larvaire. La deuxième section étudie les dimensions écologiques et botaniques de l'habitat des vers à soie, à savoir les formations de *tapia* (*Uapaca bojeri*), principalement à travers les aspects sylvicoles et botaniques, les causes et indicateurs de dégradation, la discussion autour de sa dénomination, la diversité floristique, la régénération et l'inventaire des ressources sauvages comestibles et leurs caractéristiques chimiques. La troisième section renseigne sur l'état et la valorisation de la filière soie et couvre une diversité d'approches, allant des connaissances et savoir-faire des communautés locales au rôle de la soie dans l'économie rurale. Le contexte socio-institutionnel ainsi que les interactions entre les acteurs concernés par la filière complètent ce volet.

Au terme du projet, les éditeurs souhaitent exprimer leurs sincères remerciements à toutes les personnes ayant contribué à sa bonne conduite (sans vouloir présenter une liste exhaustive) : Murielle Andersson, Astrid Ayral, Fanny Barsics, Julien Coulon, Anne-Marie Decoster, Thalès de Haulleville, Cédric Delannoy, Laurent Delfosse, Lise Diez, Frédéric Francis, Julie Gaye, Florence Hecq, Caroline Jansen, Philippe Lebailly, François Malaisse, Jacques Mignon, Joël Minet, Marcelline Nyiranduwamungu, Claire Parmentier, Romain Pinel, Bernard Pochet, Marc Poncelet, Quentin Ponette, Gabrielle Rajoelison, Bruno Ramamonjisoa, Noromalala Raminosoa, Olivia Rakotondrasoa, Harifidy Ratsimba, Misha Rabearisoa, Tsiresy Razafimanantsoa, Julien Stein, Théodore Tréfon, Dominique Verniers et Leslie Wilmet. Les éditeurs scientifiques remercient également tous les auteurs pour leur contribution scientifique. Que ceux qui ne se retrouvent pas dans cette liste mais qui ont assisté aux activités du projet, sachant que leurs contributions ont également été fortement appréciées.

François Verheggen, Jan Bogaert, Éric Haubruge
Juin 2013

Les éditeurs scientifiques



FRANÇOIS J. VERHEGGEN (Namur, Belgique, °1980) est chargé de cours adjoint à Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège). Il est diplômé bioingénieur spécialisation chimie et bio-industries de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux en 2003 après un travail de Master réalisé à l'Université de Lund en Suède. En 2004, il est engagé comme assistant à l'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive où il réalise une thèse de doctorat sous la direction du Professeur Éric Haubrige. Intitulée « *Production of alarm pheromone in aphids and perception by ants and natural enemies* », sa thèse est le fruit d'un travail de collaboration avec l'Université de Pennsylvanie, où il a réalisé plusieurs séjours. En 2009, il est nommé premier assistant à l'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive et y encadre des recherches dans les domaines des interactions plantes-insectes, de la communication chimique, de

la lutte biologique contre les ravageurs des cultures et de la diversité entomologique. Il enseigne à Gembloux Agro-Bio Tech l'éthologie et la lutte intégrée contre les ravageurs. François Verheggen (co)encadre ou a (co)encadré une douzaine de thèses de doctorat et est l'auteur d'environ 70 publications scientifiques dans ces domaines. Gestionnaire du projet GeVaBo, il a également encadré une thèse de doctorat intitulée « Bio-écologie des vers à soie (Lasiocampidae, Gonometinae) de la forêt de *tapia* d'Arivonimamo et influence des plantes nourricières sur le développement et l'éthologie de *Borocera cajani* Vinson (*Landibe*) », défendue en 2013 par Madame Tsiresy Razafimanantsoa.



JAN BOGAERT (Beveren, Belgique, °1970) est professeur ordinaire à Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège). Après avoir obtenu une licence de biologie à l'Université d'Anvers (1992) et un master de bioingénieur à l'Université de Gand (1996), il entame une thèse de doctorat en écologie du paysage à l'Université d'Anvers sous la direction du Professeur Ivan Impens, spécialiste en écologie terrestre. Cette thèse, financée par le FWO et intitulée « *Quantifying habitat fragmentation as a spatial process in a patch-corridor-matrix landscape model* », est soutenue en 2000. Il effectue des recherches à Boston University (en 2001) et à l'Université d'Anvers (en 2002-2003), avant d'être recruté comme chargé de cours à l'Université Libre de Bruxelles (2003) pour la chaire en Écologie du Paysage. En 2011, il rejoint l'Unité Biodiversité et Paysage de Gembloux Agro-Bio Tech, dont il est actuellement

le gestionnaire. Les enseignements et recherches de Jan Bogaert concernent principalement l'écologie du paysage, l'écologie urbaine et l'analyse quantitative des paysages ; l'anthropisation des paysages et la périurbanisation constituent des orientations récentes de ses travaux. Jan Bogaert a (co)encadré une vingtaine de thèses de doctorat dont une partie significative en Afrique subsaharienne et/ou soutenue par des chercheurs du Sud. Il participe aux programmes de coopération universitaire en République Démocratique du Congo, au Bénin, au Burundi, au Niger et à Madagascar depuis 2004 comme partenaire ou coordinateur. Il est également titulaire de la chaire « Analyse systémique appliquée à l'aménagement du territoire, aux paysages et au développement intégré » à l'ERAIFT (UNESCO, Kinshasa, République Démocratique du Congo). Jan Bogaert a été admis en 2013 à l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer. Il a contribué au projet GeVaBo par une série de publications sur la caractérisation du *tapia* et par l'encadrement de la thèse de doctorat intitulée « Écologie spatiale et dynamique de la forêt de *tapia* (*Uapaca bojeri*), habitat du ver à soie *Borocera cajani* dans la zone d'Arivonimamo II – Madagascar », qui a été soutenue par Olivia Rakotondrasoa en 2012 à l'Université d'Antananarivo.



ÉRIC HAUBRUGE (Gembloix, Belgique, °1964) est professeur ordinaire à Gembloix Agro-Bio Tech (Université de Liège). Diplômé ingénieur agronome, section Défense des végétaux, de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloix, il est ensuite reçu docteur en sciences agronomiques en 1995. Il réalise en 2001 un séjour post-doctoral au Département de Zoologie de la School of Animal and Microbial Sciences, de l'Université de Reading en Grande-Bretagne. Successivement premier assistant puis chef de travaux à l'Unité de Zoologie générale et appliquée, il devient en 2003 chargé de cours et responsable de l'unité, qu'il renomme en 2005 Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive. Il devient professeur ordinaire en 2007. Éric Haubrûge enseigne la zoologie et l'entomologie à travers l'ensemble du cursus des futurs bioingénieurs. En 2009, il est élu

Vice-Recteur de l'Université de Liège et Président de Gembloix Agro-Bio Tech. Il est membre associé de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer. Promoteur d'une trentaine de thèses de doctorat et auteur de plus de 450 publications scientifiques dans les domaines de l'entomologie, de la protection des cultures et de l'apiculture, Éric Haubrûge initie également de nombreux projets de développement en Asie (Chine et Vietnam), en Afrique (Cameroun et Madagascar) et en Amérique du Sud (Chili). Parmi ceux-ci, il développe des collaborations avec l'Université d'Antananarivo et, conjointement avec ses nouveaux partenaires de l'École Supérieure des Sciences Agronomiques, il obtient de la Commission universitaire pour le Développement (CUD) un financement pour le projet GeVaBo. Dans ce cadre, il a encadré une thèse de doctorat intitulée «Bio-écologie des vers à soie (Lasiocampidae, Gonometinae) de la forêt de *tapia* d'Arivonimamo et influence des plantes nourricières sur le développement et l'éthologie de *Borocera cajani* Vinson (*Landibe*)», défendue en 2013 par Madame Tsiresy Razafimanantsoa.

Liste des auteurs

Ayral Astrid, Université Libre de Bruxelles, Service d'Écologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale. Boulevard du Triomphe CP 264/2, B-1050 Bruxelles (Belgique).

Barsics Fanny, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : f.barsics@ulg.ac.be

Bastin Jean-François, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique). Université Libre de Bruxelles, Service d'Écologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale. Boulevard du Triomphe CP 264/2, B-1050 Bruxelles (Belgique). École régionale post-universitaire d'Aménagement et de Gestion intégrée des Forêts et Territoires tropicaux, Campus UNIKIN, BP 15373, Kinshasa (République Démocratique du Congo).

Bogaert Jan, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : j.bogaert@ulg.ac.be

Coulon Julien G., Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : coulon.julien@gmail.com

de Haulleville Thalès, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique). Musée Royal de l'Afrique Centrale, Laboratoire d'Anatomie du Bois et Xylarium. Leuvense steenweg 13, B-3080 Tervuren (Belgique).

Diez Lise, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : L.Diez@sussex.ac.uk

Gaye Julie, Université Libre de Bruxelles, Service d'Écologie du Paysage et Systèmes de Production végétale. Boulevard du Triomphe CP 264/2, B-1050 Bruxelles (Belgique).

Haubrûge Éric, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : e.haubrûge@ulg.ac.be

Hecq Florence, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : florence.hecq@gmail.com

Lebailly Philippe, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Économie et Développement rural. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique).

Lognay Georges, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Analyse, Qualité et Risques, Laboratoire de Chimie analytique. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique).

Mahy Grégory, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique).

Malaisse François, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : malaisse.f@skynet.be

Minet Joël, Muséum National d'Histoire Naturelle, Département Systématique et Évolution, UMR CNRS 7205. Case Postale n° 50 (Entomologie), F-75231 Paris Cedex 05 (France).

Pinel Romain, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique).

Poncelet Marc, Université de Liège, Institut des Sciences humaines et sociales. Boulevard du Rectorat 7, B-4000 Liège (Belgique).

Ponette Quentin, Université catholique de Louvain, ELIE, Sciences forestières. Croix du Sud 2 bte L7.05.09, B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

Rabefarihy Andriantsoa Tahiry, Université d'Antananarivo, École Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. BP 175, Antananarivo (Madagascar).

Rabemananjara Zo Hasina, Université d'Antananarivo, École Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. BP 175, Antananarivo (Madagascar).

Rabenilalana Fетra Mihajamanana, Université d'Antananarivo, École Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. BP 175, Antananarivo (Madagascar).

Rajoelison Lalanirina Gabrielle, Université d'Antananarivo, École Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. BP 175, Antananarivo (Madagascar).

Rakoto Ratsimba Harifidy, Université d'Antananarivo, École Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. BP 175, Antananarivo (Madagascar). E-mail : rrharifidy@moov.mg

Rakotondrasoa Olivia Lovanirina, Université d'Antananarivo, École Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. BP 175, Antananarivo (Madagascar). E-mail : olivia.rakotondrasoa@yahoo.fr

Rakotonaina Naritiana, Université d'Antananarivo, École Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. BP 175, Antananarivo (Madagascar).

Ramamonjisoa Bruno Salomon, Université d'Antananarivo, École Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. BP 175, Antananarivo (Madagascar).

Raminosoa Noromalala, Université de Antananarivo. Faculté des Sciences. Département de Biologie, Écologie et Conservation Animales. BP 906, Antananarivo (Madagascar).

Ratsimba Rabearisoa Misha, Université d'Antananarivo, École Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. BP 175, Antananarivo (Madagascar). E-mail : ratsimba.misha@gmail.com

Razafimanantsoa Tsiresy Maminiana, Université de Antananarivo, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Écologie et Conservation Animales. BP 906, Antananarivo (Madagascar). E-mail : zafymatsiresy@yahoo.fr

Stein Julien, Université catholique de Louvain, ELIE, Sciences forestières. Croix du Sud 2 bte L7.05.09, B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

Verheggen François J., Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : fverheggen@ulg.ac.be

Wathelet Bernard, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de Chimie biologique industrielle. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique).

Wilmet Leslie, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive. Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : leslie.wilmet@hotmail.com

Table des matières

Section 1 – Écologie et biologie des vers à soie malgaches

1 – Silk moths in Madagascar: a review of the biology, uses, and challenges related to <i>Borocera cajani</i> (Vinson, 1863) (Lepidoptera: Lasiocampidae)	
T.M. RAZAFIMANANTSOA, G.L. RAJOELISON, B. RAMAMONJISOA, N. RAMINOSOA, M. PONCELET, J. BOGAERT, É. HAUBRUGE, F.J. VERHEGGEN	17
2 – Silk moths inventory in their natural <i>tapia</i> forest habitat (Madagascar): diversity, population dynamics and host plants	
T.M. RAZAFIMANANTSOA, N. RAMINOSOA, O.L. RAKOTONDRAZOA, G. L. RAJOELISON, J. BOGAERT, M.R. RABEARISOA, B.S. RAMAMONJISOA, M. PONCELET, É. HAUBRUGE, F.J. VERHEGGEN	27
3 – Influence de la plante hôte sur le développement larvaire de <i>Borocera cajani</i> (Lepidoptera : Lasiocampidae)	
T.M. RAZAFIMANANTSOA, F. MALAISSE, N. RAMINOSOA, O.L. RAKOTONDRAZOA, G.L. RAJOELISON, M.R. RABEARISOA, B.S. RAMAMONJISOA, M. PONCELET, J. BOGAERT, É. HAUBRUGE, F.J. VERHEGGEN	43
4 – Influence de la plante nourricière sur différents paramètres du développement larvaire du ver à soie, <i>Borocera cajani</i> : un cas d'étude sur plants de <i>tapia</i> et de <i>voafotsy</i>	
L. WILMET, É. HAUBRUGE, F.J. VERHEGGEN	53
5 – Activité journalière et comportement d'alimentation de <i>Borocera cajani</i> sur deux de ses plantes hôtes : <i>Uapaca bojeri</i> et <i>Aphloia theiformis</i>	
T.M. RAZAFIMANANTSOA, N. RAMINOSOA, O.L. RAKOTONDRAZOA, G.L. RAJOELISON, J. BOGAERT, M.R. RABEARISOA, B.S. RAMAMONJISOA, M. PONCELET, É. HAUBRUGE, F.J. VERHEGGEN	69
6 – Nocturnal moth inventory in Malagasy <i>tapia</i> woods, with focus on silk-producing species	
F. BARSICS, T.M. RAZAFIMANANTSOA, J. MINET, É. HAUBRUGE, F.J. VERHEGGEN	77
7 – Les vers à soie de la famille des Psychidae : évaluation de leur nombre et des connaissances locales associées à l'exploitation de leur soie, dans la commune d'Arivonimamo	
F. HECQ, T. RAZAFIMANANTSOA, É. HAUBRUGE, F. J. VERHEGGEN	91

Section 2 – Aspects botaniques et écologiques des formations de *tapia*

8 – La forêt de <i>tapia</i>, écosystème endémique de Madagascar : écologie, fonctions, causes de dégradation et de transformation (synthèse bibliographique)	
O.L. RAKOTONDRAZOA, F. MALAISSE, G.L. RAJOELISON, T.M. RAZAFIMANANTSOA, M.R. RABEARISOA, B.S. RAMAMONJISOA, N. RAMINOSOA, F.J. VERHEGGEN, M. PONCELET, É. HAUBRUGE, J. BOGAERT	101
9 – Les bois de <i>tapia</i> de Madagascar : approches phytogéographique, floristique et écologique	
F. MALAISSE, R. PINEL, T.M. RAZAFIMANANTSOA, N. RAKOTONIAINA, O.L. RAKOTONDRAZOA, H.R. RATSIMBA, J. BOGAERT, É. HAUBRUGE, F.J. VERHEGGEN	117
10 – Apport de la surface terrière dans la dénomination des formations végétales dominées par le <i>tapia</i> (<i>Uapaca bojeri</i>) à Madagascar	
F. MALAISSE, O.L. RAKOTONDRAZOA, N. RAKOTONIAINA, T.M. RAZAFIMANANTSOA, H.R. RATSIMBA, R. PINEL, F. BARSICS, F.J. VERHEGGEN, G. MAHY, É. HAUBRUGE, J. BOGAERT	133

11 — Analyse des facteurs anthropiques de dégradation des bois de <i>tapia</i> (<i>Uapaca bojeri</i>) d'Arivonimamo	
O.L. RAKOTONDRAZOA, A. AYRAL, J. STEIN, G.L. RAJOELISON, Q. PONETTE, F. MALAISSE, B.S. RAMAMONJISOA, N. RAMINOSOA, F.J. VERHEGGEN, M. PONCELET, É. HAUBRUGE, J. BOGAERT	151
12 — Identification des indicateurs de dégradation de la forêt de <i>tapia</i> (<i>Uapaca bojeri</i>) par une analyse sylvicole	
O.L. RAKOTONDRAZOA, F. MALAISSE, G.L. RAJOELISON, J. GAYE, T.M. RAZAFIMANANTSOA, M.R. RABEARISOA, B.S. RAMAMONJISOA, N. RAMINOSOA, F.J. VERHEGGEN, M. PONCELET, É. HAUBRUGE, J. BOGAERT	163
13 — Influence des reboisements d'eucalyptus (<i>Eucalyptus robusta</i>) et de pin (<i>Pinus kesiya</i>) sur la régénération naturelle de <i>tapia</i> (<i>Uapaca bojeri</i>) en forêt d'Arivonimamo	
O.L. RAKOTONDRAZOA, J. STEIN, A. AYRAL, Q. PONETTE, G.L. RAJOELISON, F. MALAISSE, B.S. RAMAMONJISOA, N. RAMINOSOA, F.J. VERHEGGEN, M. PONCELET, É. HAUBRUGE, J. BOGAERT	177
14 — Les ressources sauvages comestibles des bois de <i>tapia</i> : inventaire des produits connus et consommés par les villageois	
F. BARSICS, F. MALAISSE, T.M. RAZAFIMANANTSOA, É. HAUBRUGE, F.J. VERHEGGEN	189
15 — Les ressources sauvages comestibles des bois de <i>tapia</i> : caractérisation alimentaire des produits consommés	
F. BARSICS, F. MALAISSE, G. LOGNAY, B. WATHELET, É. HAUBRUGE, F.J. VERHEGGEN	205
16 — Pertinence de la mise en œuvre des initiatives de Réductions des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD) pour les communautés locales. Cas des formations de <i>tapia</i> dans la région d'Itasy	
H.R. RATSIMBA, Z.H. RABEMANANJARA, A.T. RABEFARIHY, F.M. RABENILALANA, T. DE HAULLEVILLE, J.F. BASTIN, J. BOGAERT, B.S. RAMAMONJISOA	219
Section 3 – État des lieux et perspectives de développement de la filière soie	
17 — Place de la soie de <i>landibe</i> dans l'économie rurale de la région d'Arivonimamo	
L. DIEZ, M. PONCELET, N. RAKOTONIAINA, G. RAJOELISON, F.J. VERHEGGEN, É. HAUBRUGE	253
18 — Tissu social, coopérations et conflits entre les acteurs de la filière soie de <i>landibe</i> dans la région d'Itasy	
L. DIEZ, M. PONCELET, N. RAKOTONIAINA, G. RAJOELISON, F. VERHEGGEN, É. HAUBRUGE	269
19 — La soie de <i>landibe</i> : connaissances biologiques et savoir-faire des populations rurales de la région d'Arivonimamo	
L. DIEZ, M. PONCELET, N. RAKOTONIAINA, G. RAJOELISON, F.J. VERHEGGEN, É. HAUBRUGE	287
20 — La filière de la soie sauvage à Madagascar : approche socio-économique appliquée à la région d'Arivonimamo	
J.G. COULON, P. LEBAILLY, É. HAUBRUGE, F.J. VERHEGGEN	297
21 — La soie naturelle des Hauts-Plateaux de Madagascar : les facteurs socio-institutionnels entravant une filière dynamique et pérenne	
M.R. RABEARISOA, B.S. RAMAMONJISOA, M. PONCELET, O.L. RAKOTONDRAZOA, G.L. RAJOELISON, É. HAUBRUGE, T. RAZAFIMANANTSOA, N. RAMINOSOA, F.J. VERHEGGEN, J. BOGAERT	307

Section 1

**Écologie et biologie des vers à soie
malgaches**

Photo :

Chenille de *Borocera marginepunctata*, ver à soie endémique de Madagascar. © Diez L.

1 —

Silk moths in Madagascar: a review of the biology, uses, and challenges related to *Borocera cajani* (Vinson, 1863) (Lepidoptera: Lasiocampidae)

Tsiresy M. RAZAFIMANANTSOA, Gabrielle RAJOELISON, Bruno RAMAMONJISOA,
Noromalala RAMINOSOA, Marc PONCELET, Jan BOGAERT, Éric HAUBRUGE, François J. VERHEGGEN

Borocera cajani or *landibe* (vernacular name) is the wild silk moth that is currently used to produce silk textiles in Madagascar. This species is endemic to Madagascar, and is distributed throughout the island, colonizing the *Uapaca bojeri* or “*tapia*” forest of the central Highlands. The forest provides food in the form of plants for *B. cajani*, including *U. bojeri* leaves. The species secretes silk at the onset of pupation and for making cocoons. *Borocera cajani* and its natural habitat are threatened by human destruction, such as bush fires, firewood collection, charcoal production, and the over-harvesting of their cocoons. Wild silk production largely disappeared when the silk industry utilized many people on the island as the collectors of cocoons, spinners, dyers, weavers, and artists who transform the silk into clothes, accessories, and objects. Therefore, it is important to study the biology of *B. cajani* to revitalize silk production in a way that helps conserve this species and the *tapia* forest.

Les vers à soie endémiques de Madagascar : synthèse bibliographique de la biologie, des utilisations et des perspectives associées à *Borocera cajani* (Vinson, 1863) (Lepidoptera : Lasiocampidae)

Borocera cajani ou *landibe* (nom vernaculaire) est l'un des papillons séricigènes sauvages dont la soie est la plus utilisée dans le domaine textile de Madagascar. Cette espèce endémique s'observe dans toute l'île, mais colonise particulièrement la forêt de *Uapaca bojeri* ou forêt de «*tapia*» des Hautes Terres centrales. La forêt fournit les aliments à *B. cajani* tels que les feuilles de *U. bojeri*. L'espèce secrète la soie quand elle entre en nymphose et construit son cocon. *Borocera cajani* et son habitat naturel sont menacés par les destructions de l'Homme telles que les feux de brousse, la collecte de bois de chauffage, la production de charbon de bois et la surexploitation de leurs cocons. La production de soie sauvage est en constante diminution, alors que la filière soie implique beaucoup de gens dans l'île comme les collecteurs des cocons, les fileurs, les teinturiers, les tisseurs et les artistes qui transforment la soie en habits, en accessoires et objets. Revitaliser la filière soie est un moyen de favoriser la conservation de cette ressource naturelle et de son habitat forestier.

1.1. INTRODUCTION

Madagascar is one of the most important centers of world biodiversity, with a high level of endemism, around 90% (Mittermeier et al., 2004). Many of the species are forest dwelling

This paper has already been published in 2012 in *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(2), 269-276.
Reproduced with the permission of the publisher.

(Myers, 1988), with biodiversity encompassing all classes of animals, including insects. Among these insects, moths are used in the textile industry. Madagascan textile silk has a long history. Indeed, wild silk, termed *landibe*, was exploited long before the introduction of “Chinese silk” from *Bombyx mori* during the 19th century (Rafidiarimalala, 1974; Costa, 2004). Wild silk in Madagascar has many origins, with many silk producing species being present on the island. One such species is *Borocera cajani* (FAO, 1991). Historically, the Madagascan population used *B. cajani* silk to create sumptuous shrouds. However, the continued use of this silk, along with the gradual disappearance of native forests, has negatively affected the distribution and population levels of this species. Therefore, it is necessary for researchers to study the biology of *B. cajani* to safeguard its future (Paulian, 1953).

1.2. BIOLOGY

1.2.1. Taxonomy

The genus *Borocera* was originally described by Boisduval (1833), and the species *cajani* was described by Vinson (1863). This species has been confused with *Borocera madagascariensis*, which often resides along the coastal part of the island. The *B. cajani* silk moth belongs to the Lasiocampidae family, and to the Gonometinae subfamily. This subfamily is endemic to Madagascar, and includes the larger species of the Lasiocampidae (De Lajonquière, 1972; FAO, 1991). It is characterized by vein eight of the hindwings, which connects to vein seven at a distance from its base, and then forms a secondary cell of length that is nearly equal to the top of the median cell, with both cells being about the same width (Aurivillius, 1927).

1.2.2. Morphology

The genus *Borocera* encompasses all moths with fasciculate antennae, which are openly uneven along the first third of the segment from the base. Moths of this genus also have a small head, no proboscis, and small, slightly prominent, eyes. *Borocera cajani* is the most widespread moth in Madagascar, and without doubt is one of the most abundant. It has many forms and landraces (De Lajonquière, 1972).

Both sexes exhibit very high dimorphism in size and color. The genitalia remain however constant, regardless of the origin of species being examined (De Lajonquière, 1972). The wings are generally dark and fuzzy for the male and a uniform grey for the female (Paulian, 1950; Razafindraleva, 2001). Adult males and females have several main characteristics (**Figure 1.1**, see color section).

Males are smallish, hairy, and thick-bodied moths. Their antennae are well developed and bipectinate. Their head, thorax, and legs are the same color as the forewing. The wingspan is about 38-52 mm (De Lajonquière, 1972). The forewings are oblong and well developed in width, while the apex is slightly sinuous or round. Their color is red ochracea to brown, with a sinuate submarginal line, a postmedial transverse line, and a stigma grayish point in the discal cell (Paulian, 1951). The form of the forewing varies for one egg-laying (Paulian, 1953). The color of the hindwings is quite similar to the forewings, but is often overshadowed in part or in whole. Like the forewings, the dorsal wings are sometimes barred transversely with an apparent median reddish shadow, and are sometimes obsolete (De Lajonquière, 1972;

Razafindraleva, 2001). The genitalia are formed by a membrane that leads to a thicker penis and serrated edges. The penis is crossed by a prominent ejaculatory duct. Two valves are located on either side of the penis (De Lajonquière, 1972; Razafindraleva, 2001).

Females are much larger; with a body size about three times that of the male. Their wingspan is about 70-75 mm, with a forewing length of 35 mm. The antennal shaft is black, with yellow pectination. These moths are hairy, with a thick bodied, grayish yellow tinted, bare thorax, and legs of the same color as the forewings. The hairy legs terminate in black tarsi. The wings are a dirty white to pale grey, silky, and shiny (De Lajonquière, 1972; Razafindraleva, 2001). The forewings are crossed by two transverse lines that spilt the wing into different spaces (Razafindraleva, 2001). The discal area has a dark lunule dot at the end of the cell. The color of the hindwings is the same as the forewings. The back of the four wings is yellowish sepia in color, which is consistent with much less apparent median gray shadows. The apex of the abdomen is characterized by two well developed thick ridges, with sensory hairs. The genital opening is formed by the superposition of two beads. This structure ensures coaptation during mating and ovoposition.

1.3. LIFE CYCLE AND HABITAT

Borocera cajani is bivoltine, meaning that it has two generations in a year (Paulian, 1953; Razafindraleva, 2001; Razafimanantsoa, 2008). The first generation of eggs hatches during the rainy season, between January (Razafimanantsoa, 2008) and March (Razafindraleva, 2001). The second generation of eggs hatches between the end of April and November (Razafindraleva, 2001; Razafimanantsoa, 2008). The life cycle of the silk moth comprises four stages: the egg, caterpillar or larva, chrysalis or pupa, and adult. After emergence, females attract males by releasing a sexual pheromone (Zborowski et al., 2007). For both sexes, emergence primarily occurs between two and six in the afternoon. Copulation is largely observed between one and seven in the afternoon, lasting up to one hour. One male may mate with up to three females. The adult does not feed. Eggs are laid from seven in the afternoon onwards of the same day that the adult female emerged and mated. Unfertile females may lay eggs, but these eggs do not hatch. The number of eggs that are laid varies from 250 to 845. All eggs are laid on the leaves, branches, and trunk surface of specific host plants (including *U. bojeri*) (Razafimanantsoa, 2008). Females lay eggs in captivity, even without the necessary host plants. The eggs of *B. cajani* are about 2 mm in size, quite hemispherical, with a hard shell and granular texture. The porcelain-like eggs are covered in a grey-greenish band. The most fertile eggs hatch after about 10 days, with a hatching success rate of about 89%. No parthenogenetic characteristics have been observed for *B. cajani*.

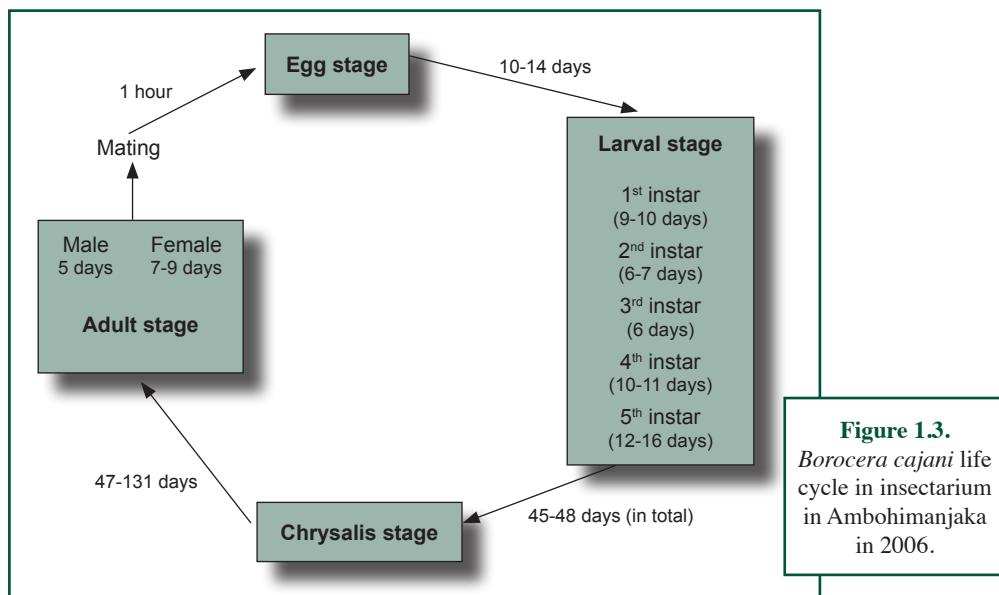
The highest mortality occurs during the first instar (Paulian, 1953). At this stage, the larvae disperse by dropping from twigs on a long silken thread (Pinhey, 1975), but which may result in their landing on a plant of the wrong food type. If the first instar does not eat within 4 days of hatching, it cannot survive (Paulian, 1953). As the caterpillars develop through five stages, they change in size and shape. The second instar larvae develop four spiny bouquets toward the thoracic region. The spiny bouquets progressively develop in size with each instar and, when alarmed, the caterpillars expose four “pom-pom”-like spiny bouquets, which are red at the base and black on top. Some larvae show only the blackish bristle. The fifth instar

caterpillar (**Figure 1.2**, see color section) is very hairy at the lateral face, and is immense, reaching over 12 cm long (Grangeon, 1906; Razafimanantsoa, 2008; Rakotonaina, 2009). In the wild, the fifth instar is remarkably well camouflaged to mimic the bark of their plant food. Their color is grey-blue.

The cocoon of *B. cajani* is oval in shape and grayish in color, and projects urticant (*i.e.*, itchy) hairs. The size of female cocoons is about 50 mm in length, and about 25 mm in diameter, and is smaller for males. The cocoon has three layers, weighing 300-400 mg for females and 90-200 mg for males. The prepupa stage lasts 3 to 5 days (Grangeon, 1906; Razafimanantsoa, 2008).

As with many moths, *B. cajani* is preyed on by many predators and is subject to many diseases, with all stages being at risk of attack (Zborowski et al., 2007). Bird predators include *Acrithiores tristis*, *Cuculus rochii*, *Centropus toulou*, *Corvus alba*, and *Hypsipetes madagascariensis*. However, other predators also exist, including bats, reptiles (*Furcifer lateralis*), the praying mantis, ants, and spiders. Parasites are the most invasive, and mostly comprise wasps (Ichneumonidae: *Pimpla* sp., *Xanthopimpla hova*, *Brachymeria borocera*, *Ophion* sp.; Braconidae: *Apanteles borocerae* and *Apanteles decaryi*). Another invasive species is *Synthesiomyia nudiseta* (Diptera: Tachinidae), which, while it attacks the larvae, may still emerge in a subsequent stage (Grangeon, 1906; Grangeon, 1907; Paulian, 1953; Razafindraleva, 2001; Razafimanantsoa, 2008). There is also a wide range of fungal, bacterial, and viral diseases, such as “pebrine, muscardine and flasherie” (Grangeon, 1907).

The life cycle of *B. cajani* requires 102 to 193 days to complete (Razafindraleva, 2001; Razafimanantsoa, 2008) (**Figure 1.3**). This major variation in the days required to reach the pupal stage is due to diapause during the dry season.



Borocera cajani colonizes the *U. bojeri* (or “*tapia*”) forest, which is found in the central Highland zones (Imamo, Itremo) and Isalo zones of southwest of Madagascar (Gade, 1985). The “*tapia*” forest constitutes one of the naturally formed forests of the island, primarily containing just one tree species, *U. bojeri* (Rakotoarivelo, 1993) (**Figure 1.4**, see color

section). This plant is one of the major plant foods of *B. cajani*. The silk moths are very polyphagous, and are found inhabiting many habitats of Madagascar, including Diego Suarez, Montagne d'Ambre, Nosy Be, Anjozorobe, Analavory, Ankazobe region, Antananarivo, Manjakatombo, Ankarana's massif, Ambohimahasoa, Andringitra's massif, Bekily, Majunga, Ankafantsika's region, Antsingy, Antsalova region, and Morondava (De Lajonquière, 1972). They also feed on *Psidium guajava* L., *Psidium cattleianum* Sabine, *Aphloia theiformis* (Vahl) Benn., *Dodonaea madagascariensis* Radlk., *Cajanus indicus* Spreng., *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir., *Acacia dealbata* Link, *Schefflera* sp. J.R.Forst. & G.Forst., *Eucalyptus* sp. L'Hér., *Tamarindus indica* L., *Avicennia officinali* L., *Salix babylonica* L., and *Terminalia catappa* L. (Paulian, 1953; De Lajonquière, 1972; Rakotoarivel, 1993; Razafindraleva, 2001; Razafimanantsoa, 2008; Rakotoniaina, 2009).

The herbaceae stratum in the “*tapia*” forest has an important role in the life cycle of *B. cajani*. This stratum serves as place for chrysalis nidification (*i.e.*, chrysalis construction) (Razafimanantsoa, 2008).

1.4. IMPORTANCE

The Gonometinae species are currently used for wild silk production in Madagascar, with the silk being primarily spun from *B. cajani* (De Lajonquière, 1972). The size of the harvest varies greatly from year to year, reaching 10 t to 43 t for the whole island (Gade, 1985; CITE/BOSS Corporation, 2009). Wild silk production is a source of income for the communities living adjacent to the *tapia* forest (Kull, 2003). Silk production provides an alternative source of income to the poorest and most disadvantaged people, especially during “lean periods” (Kull et al., 2005). The villagers gather cocoons and sell them. The chrysalis is removed and eaten, while the empty cocoons are cooked, spun, and woven into silk fabrics (Kull, 2003). Thirty-four percent of households in Ambohimanjaka and 65% of households in Ilaka earn cash incomes from the harvest of *B. cajani* cocoons (Kull, 1998; Kull, 2002). The larger rainy season silk harvest provides an important cash income during the meager months before the rice harvest. Collecting *Borocera* cocoons, processing them, unraveling the filaments to spin into thread, and weaving them into silk have been part-time activities of Highland rice growing peasants for several hundred years (Gade, 1985).

Silk production involves many Madagascan people, from the wild silk harvesters to the spinners, dyers, weavers, and craftsmen who transform the silk into clothing, accessories, and decorative items.

Borocera pupae are also a preferred delicacy. Besides animal protein, the insects provide occasional variation in texture and taste to the daily diet, which primarily constitutes rice and manioc (Decary, 1937; Gade, 1985; Guigou, 1989; Kull et al., 2005).

Borocera cajani silk is processed to produce ritual burial shrouds and clothing items throughout the Highlands as part of the area's culture. The *landibe* shroud is essential for any respected dead person. To be wrapped by many “*Lambamena*” (red silk shrouds) is a sign of supreme honor according to the Madagascan adage: “*Izay sahy maty mifono lambamena*” (literally translated as “the intrepid facing the death wears one *landibe* shroud”) (Rakotoniaina, 2009). The *landibe* shroud is preferred over that made with *Bombyx mori* for Madagascan ritual burials and for exhumations or “*Famadihana*” (a Madagascan habit to renew the shroud

of mortal remains every 5 to 10 years) (CITE/BOSS Corporation, 2009) (**Figure 1.5**, see color section). Indeed, wild silk is precious for this secular usage (Rakotonaina, 2009), even if few people can afford this type of cloth. The cloth costs 25 to 71€ (CITE/BOSS Corporation, 2009). The silk produced from *B. cajani* cocoons is very remarkable for its glow, tenacity, elasticity, and solidity (Coquerel, 1854; Guigou, 1989). For this reason, the Madagascan people seek this silk over other silks. However, some people also use *Bombyx mori* for shrouds.

1.5. PROBLEMS

Estimates show that between 150,000 and 200,000 ha of Madagascan forest is lost per year (Minten et al., 2003). Poverty is one root cause of the loss of biodiversity. As with many species in Madagascar, *B. cajani* is critically endangered due to the destruction of their native forest (Razafimanantsoa et al., 2006). In 1933, the Imamo *tapia* forest was viewed as being important, and was recognized for the collection of cocoons. However, deforestation over the subsequent 20 years (until the 1950s) resulted in this area becoming a sparse forest (Paulian, 1953). Consequently, since the 1960s, this zone ceased to produce *landibe* (Razafintsalamy et al., 1999; Kull, 2003; Kull et al., 2005). The Isalo and Itremo zones remain the producing centers of wild silk in Madagascar (Paulian, 1953). However, Madagascan wild silk production continues to decline. In 1902, the Island produced 103 t of empty cocoons *versus* an estimated 43 t was produced in 2009 (CITE/BOSS Corporation, 2009). In addition, in Itremo, cocoons are only abundant in cycles of one year out of five. As a result, the sparse cocoon populations are not worth the harvest effort (Gade, 1985). There are many contributors to the decline of the silk moth, and hence wild silk production, including:

- the destruction of preferred moth habitats caused by the way that harvesters gather cocoons in the forest by breaking many branches (Grangeon, 1906);
- the proliferation of introduced species, such as *Pinus* sp., which outcompetes native plants, such as *U. bojeri*, by its quick growth and alteration of microhabitats due to its heliophile characteristics, leading to changes in soil quality (Kull et al., 2005);
- bush fires, which kill *B. cajani* and destroy young *U. bojeri* trees, seedlings, and sprouts (Grangeon, 1910; Perrier de la Bâthie, 1921; Paulian, 1953; Vignal, 1963; Gade, 1985; Guigou, 1989; Kull et al., 2005);
- the overharvesting of pupae for food consumption (Paulian, 1953; Kull et al., 2005; Razafimanantsoa et al., 2006; Razafimanantsoa, 2008).

The demise of the industry has also been affected by the lack of modernization of native silk manufacture and the high cost of *landibe* burial shrouds. About 53 t per year of silk is produced from the domesticated Chinese silkworm *Bombyx mori* (CITE/BOSS Corporation, 2009). However, the price of thread and clothes made with this silk is almost the same as for *B. cajani* products. *Bombyx mori* is produced with cheap labor, as this species can be easily reared in large quantities. This results in an esthetically superior fabric, which is exported in a market where *B. cajani* does not compete (Rafidiarimalala, 1974; Gade, 1985). The *landibe* cocoons cannot be spun. It must be skinned off its chrysalis by cocoon incision. The spinning-mill is made using distaff, and productivity is limited (Rakotonaina, 2009).

Management methods including GELOSE (“*Gestion Locale Sécurisée*”, meaning secure local management) and GCF (“*Gestion Contractualisée des Forêts*”, meaning contractual management of forests) are now entrusted to local based communities to manage large parts of

the “*tapia*” forest. Local based communities, with legal constitutions, are composed of residents in a hamlet, village, or group of villages. These volunteers are united by common interests and are willing to obey the rules of common life, and run the natural resource management associations (GELOSE, 1999; Robsomanitrandrasana, 2008). Their role is to ensure the self-sustainable management of natural resources that are present on their territory, including the forest and fauna, such as the silkworm (Razafindrakoto, 2005; Robsomanitrandrasana, 2008). Currently, due to community management, conservation, and recovery of the forest, these organizations have proved a successful transfer of good management, with the cessation of charcoal production (Consortium RESOLVE/PCP/IRD, 2005; Robsomanitrandrasana, 2008). However, some villagers do not wish to join the association (local community based) to avoid following the rules.

1.6. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Although sericulture continues to play a minor role in Madagascar at an international level (Krishnaswami et al., 1974), it remains a limited source of income for local people who depend on it. More than 10,000 families work in the silk industry (CITE/BOSS Corporation, 2009). Therefore, its revitalization, along with careful management, could be an important factor for the future conservation of silk moths, such as *B. cajani*. In recent years, human pressures on *B. cajani* and its habitat have decreased through applying management methods led by local communities. However, it remains a challenge to convince people who do not wish to join the associations, to maintain the same level of management and thus conservation, to ensure everyone has the same conviction. Therefore, a comprehensive study on the biology and ecology of the insect and its habitat is necessary to establish long-term management protocols.

The permanent cessation of bush fire practice and logging, the reforestation of *U. bojeri*, and elimination of introduced plants (such as *Pinus*) within the “*tapia*” forest are very important actions towards maintaining the natural habitats of *B. cajani* (ONU, 1991; Razafimanantsoa, 2008). Restrictions on the methods of collecting cocoons, such as avoiding breaking branches, and the timing of cocoon gathering, to ensure the establishment of the next generation, must be adhered to. The repopulation of *B. cajani* in the wild requires an understanding of the various biological and human impacts on the population for successful production. The provision of information through environmental education to the children of the region where *B. cajani* is abundant would help safeguard the future of this industry. Through this mechanism, the Malagasy people may develop an understanding of the importance of *B. cajani* as a cultural heritage.

1.7. BIBLIOGRAPHY

- Aurivillius C., 1927. Family: Lasiocampidae. In: Seitz A. (ed.). *The Macrolepidoptera of the world*. Vol. 14. Paris: Le Moult, 265-282.
- CITE/BOSS Corporation, 2009. *Étude nationale de la filière soie. Analamanga, Ambalavao, Amoron'i Maro, Vakinakaratra, Itasy. Rapport final*. Antananarivo : CITE.
- Consortium RESOLVE/PCP/IRD, 2005. *Évaluation et perspectives des transferts de gestion des ressources naturelles dans le cadre du programme environnemental 3. Rapport final de synthèse*. Antananarivo : RESOLVE Conseil.

- Coquerel Ch., 1854. *Bombyx de Madagascar qui fournissent de la soie*. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, **2**, 529-531.
- Costa M., 2004. *Manuel technique de sériciculture. Élevage des vers à soie*. Vol. 2. Antananarivo : CITE/SAHA/Programme soie ONUDI Madagascar.
- Decary R., 1937. L'entomophagie chez les indigènes de Madagascar. *Bull. Soc. Entomol. Fr.*, **42**, 168-171.
- De Lajonquière Y., 1972. *Insectes Lépidoptères Lasiocampidae*. Faune de Madagascar n° 34. Tananarive/Paris : ORSTOM/CNRS.
- FAO, 1991. *Développement de la sériciculture sur les Hauts Plateaux, phase II, Madagascar : conclusions et recommandations du projet. Rapport terminal*. Rome : Programme des Nations Unies pour le Développement.
- Gade D.W., 1985. Savanna woodland, fire, protein and silk in highland Madagascar. *J. Ethnobiol.*, **5**(2), 109-122.
- GELOSE, 1999. *Manuel GELOSE. Ce qu'il faut savoir sur la GELOSE*. Antananarivo : CERG2R/CIRAD-forêt/Office National pour l'Environnement.
- Grangeon M., 1906. Étude sur le « Landibe ». *Bull. Écon. Madagascar*, **2**, 121-127.
- Grangeon M., 1907. *Les vers à soie sauvage de Madagascar. Étude sur le « Landibe »*. Paris : Augustin Challamel.
- Grangeon M., 1910. Les bois de *tapia*. *Bull. Écon. Madagascar*, **10**(2), 181-185.
- Guigou J., 1989. Le *Landybe* ou *Borocera madagascariensis*. In : FAO/PNUD *Madagascar 1989 : la soie naturelle – le Landybe et le Bombyx mori : étude technico-économique*. Tome 1. Rome : FAO/PNUD.
- Krishnaswami S. & Madhava R.S., 1974. Élevage des vers à soie. In : *Manuel de sériciculture*. Vol. 2. Rome : FAO.
- Kull C.A., 1998. *Utilisation des ressources naturelles et vie rurale dans la région de Manandona-Ilaka*, <http://madarevues.recherches.gov.mg/revues/pdfxfiles/terre-mg24%282%29.pdf> (01.11.2010).
- Kull C.A., 2002. The “degraded” *tapia* woodlands of highland Madagascar: rural economy, fire ecology and forest conservation. *J. Cult. Geogr.*, **19**(2), 95-128.
- Kull C.A., 2003. *Uapaca* woodland. In: Goodman S.M. & Benstead J.P. (eds). *Natural history of Madagascar*. Chicago, USA: University of Chicago Press, 393-398.
- Kull C.A., Ratsirarson J. & Randriamboavonjy G., 2005. Les forêts de *Tapia* des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, **24**, 22-58.
- Minten B. & Moser C., 2003. Forêts : usages et menaces sur une ressource. In : Minten B., Randrianarisoa J.C. & Randrianarison L. (éds). *Agriculture, pauvreté rurale et politiques économiques à Madagascar*. Ithaca, USA : Cornell University.
- Mittermeier R.A. et al., 2004. Madagascar and the Indian Ocean Islands. In: Mittermeier R.A. et al. (eds). *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most threatened terrestrial ecoregions*. New York, USA: Conservation International, 138-144.
- Myers N., 1988. Threatened biotas: hotspots in tropical forests. *Environmentalist*, **8**, 178-208.
- Paulian R., 1950. *Insectes utiles et nuisibles de la région de Tananarive*. Tananarive-Tsimbazaza : Institut de Recherche Scientifique de Madagascar.
- Paulian R., 1951. *Papillons communs de Madagascar*. Tananarive-Tsimbazaza : Institut de Recherche Scientifique de Madagascar.
- Paulian R., 1953. Observation sur les *Boroceras* de Madagascar, papillons séricigènes. *Naturaliste Malgache*, **5**(1), 69-86.
- Perrier de la Bâthie H., 1921. La végétation malgache. *Ann. Mus. Colon. Marseille*, **9**, 1-268.
- Pinhey E.C.G., 1975. *Moths of Southern Africa*. Cape Town, South Africa: Tafelberg Publishers Ltd.
- Rafidiarimalala O., 1974. *La sériciculture à Madagascar, technique d'élevage*. Mémoire de fin d'étude. Université d'Antananarivo, ESSA, Département Élevage (Madagascar).

- Rakotoarivelox L.A., 1993. *Analyse sylvicole d'une forêt sclérophylle de moyenne altitude à Uapaca bojeri (Tapia) de la région d'Arivonimamo*. Mémoire de fin d'études. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Rakotoniaina N.S., 2009. *Vers une démarche de gestion durable des ressources de la forêt sclérophylle de moyenne altitude d'Arivonimamo II- Madagascar*. Thèse de doctorat. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Razafimanantsoa T.M., 2008. *Étude bioécologique des papillons séricigènes dans les familles des Lasiocampidae et des Saturniidae au Parc National de Ranomafana et dans la forêt de Tapia d'Ambohimanjaka*. Mémoire de DEA. Université d'Antananarivo, Département de Biologie, Écologie et Conservation Animales (Madagascar).
- Razafimanantsoa T.M., Ravoahangimalala O.R. & Craig C.L., 2006. Indigenous silk moth farming as a means to support Ranomafana National Park. *Madagascar Conserv. Dev.*, **1**, 34-39.
- Razafindrakoto T., 2005. *Valorisation économique de la biodiversité : l'encrage territorial et la gouvernance de la filière soie sauvage dans la commune rurale d'Arivonimamo*. Antananarivo : SAGE.
- Razafindraleva H.A., 2001. *Développement de Borocera cajani A. Vinson (Lasiocampidae) ou « Landibe » élevé sur des feuilles de Psidium guyava ; effets du fipronil sur les larves*. Mémoire de DEA. Université d'Antananarivo, Département d'Entomologie (Madagascar).
- Razafintsalama A.S. & Gautschi M., 1999. *Étude des structures socio-organisационnelles des villages pour l'identification et la formalisation d'un organe de gestion, dans le processus de transfert de gestion de la forêt de tapia (Uapaca bojeri) dans la région d'Arivonimamo. Rapport final de stage*. Antananarivo : Intercoopération/Projet FDP/ESSA Forêts/EPF Zürich.
- Robsonmantrandrasana E.J., 2008. *Enjeux de la bonne gouvernance à travers le transfert de gestion des ressources naturelles renouvelables, cas de la gestion locale sécurisée (GELOSE) de la commune Arivonimamo II*. Mémoire de fin d'étude. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Vignal R., 1963. Les phénomènes de météorologie dynamique et la disparition des formations forestières malgaches d'altitude. *Bois For. Trop.*, **89**, 31-35.
- Zborowski P. & Edwards T., 2007. *A guide to Australian moths*. Victoria, Australia: CSIRO.

2 —

Silk moths inventory in their natural *tapia* forest habitat (Madagascar): diversity, population dynamics and host plants

Tsiresy M. RAZAFIMANANTSOA, Noromalala RAMINOSOA, Olivia L. RAKOTONDRAISOA, Gabrielle L. RAJOELISON, Jan BOGAERT, Misha R. RABEARISOA, Bruno S. RAMAMONJISOA, Marc PONCELET, Éric HAUBRUGE, François J. VERHEGGEN

Endemic silk moths (Lepidoptera: Lasiocampidae) in Madagascar have been collected and exploited for centuries by local populations either for food or as a source of silk cocoons from which textiles are made. Moth natural forest habitat has also been degraded, leading to a drastic decrease in silk moth populations. However, very few scientific reports highlighted these observations well known by the local people. We have inventoried silk moths species in *tapia* (*Uapaca bojeri* Baill.) forests located in the central Highlands of Madagascar. Inventories have been conducted during one year from August 2009 to July 2010 by sampling transects in Imamo forests. Three species of Lasiocampidae belonging to two genera were found: *Borocera cajani* Vinson, *Borocera marginepunctata* Guérin-Méneville and *Europtera punctillata* Guenée. These three silk moth species are endemic to Madagascar but only one (*B. cajani*) is commercially exploited in the silk industry. The habitat, host plants, abundance, life cycle and feeding behaviour of these species in their natural habitat are described.

Inventaire des vers à soie endémiques de Madagascar au sein des forêts de *tapia* : diversité, dynamique des populations et plantes hôtes

Les vers à soie endémiques de Madagascar (Lepidoptera : Lasiocampidae) ont été collectés et exploités depuis des centaines d'années par les populations locales, soit pour leur soie, soit en tant que biens de consommation. Leur habitat naturel, les forêts de *tapia*, se dégrade également, conduisant à une baisse drastique du nombre de papillons. Cependant, très peu d'études rapportent ces observations qui sont pourtant bien connues par les populations locales. Nous avons inventorié l'ensemble des espèces de papillons producteurs de soie dans les forêts de *tapia* de l'Imamo entre août 2009 et juillet 2010. Trois espèces de Lasiocampidae appartenant à deux genres différents ont été observées : *Borocera cajani* Vinson, *Borocera marginepunctata* Guérin-Méneville et *Europtera punctillata* Guenée. Ces trois papillons sont endémiques à Madagascar mais seulement un (*B. cajani*) est exploité pour sa soie. Les habitats, les plantes hôtes, l'abondance, le cycle de vie et les habitudes alimentaires de ces trois espèces sont décrites.

2.1. INTRODUCTION

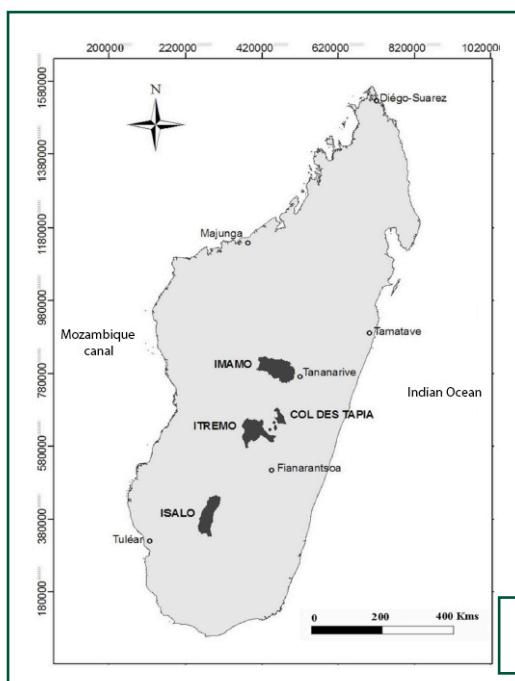
Madagascar Island is one of the most important centres of world biodiversity with a high level of endemism (around 90%) (Mittermeier et al., 2004). Many of its species are forest dwel-

This paper has already been published in 2013 in *Afr. Entomol.*, **21**(1), 137-150.
Reproduced with the permission of the Entomological Society of Southern Africa.

ling (Myers, 1988). This biodiversity includes in particular wild silk moths. Silk moths produce cocoons that are collected, processed, spun and the silk is used to weave textiles. The domesticated silkworm, *Bombyx mori* L. (Bombycidae) is reared in Madagascar (CAPFIDA, 2008), but beside this species, indigenous wild silk moths have been collected in their natural habitat and exploited for thousands of years (Peigler, 1993). Most wild silk moth species belong to the family Lasiocampidae, subfamily Gonometinae. All these species encountered in the Island are endemic. Only one of them, *Borocera cajani* Vinson, locally named as *landibe*, has been used by the local populations for silk production (De Lajonquière, 1972; Peigler, 1993; 2004). It mainly develops in the locally named *tapia* forests situated in the central Highlands zones, including the Imamo (Arivonimamo, Itasy, elevation 1,200 - 1,400 m), Itremo (Ambatofinandrahana, elevation 1,300 - 1,500 m), Col des Tapia (Elevation 1,400 - 1,600 m) and Isalo zones of southwest Madagascar (elevation 830 - 1,000 m) (De Lajonquière, 1972; Gade, 1985; Kull et al., 2005) (**Figure 2.1**).

Today, local markets present silk products (clothes and fabrics) produced from either domesticated or wild silk moths. Fewer people work in the silk industry than in the mid-20th century. But cocoon collection in the forest still remains an alternative source of income to the poorest and most disadvantaged people living close to the *tapia* forest especially during lean periods (Kull et al., 2005; Razafimanantsoa et al., 2012, chapter 1). Malagasy people in the Highlands prefer shrouds made of silk produced by wild silk moths rather than domesticated moths for their traditional party of exhumation. Moreover, the silk industry constitutes the basis of a new ecotourism activity on the island. Beside the silk it provides, the pupae *B. cajani* are also a preferred delicacy (Decary, 1937; Gade, 1985; Guigou, 1989; Kull et al., 2005).

Understanding the natural history and habitat of Lepidoptera is crucial to their conservation (Turner et al., 2009), especially *B. cajani*, because of its endemicity, its economic importance and traditional use in the Malagasy culture.



The historical importance of this species has encouraged investigations on its biology and the sustainability of the industry (Paulian, 1953). A better knowledge of *B. cajani* biology has been provided thanks to rearing studies (Razafimanantsoa et al., 2012, chapter 1). Data on its ecology have, however, been largely lacking and this led us to conduct the present study. We have conducted a one-year inventory of silk moths in the *tapia* forests of Imamo, near the city of Arivonimamo, situated in the central Highlands of Madagascar. Information about the habitat, host plants, population density, life cycle and behaviour of the silk moths were inventoried.

Figure 2.1. Location of *tapia* forests in Madagascar (Rakotondrasoa et al., 2012).

2.2. METHODS

2.2.1. Study area

Field inventories were conducted from August 2009 to July 2010, in the sclerophyllous forest of Imamo, located in the central Highlands of Madagascar (**Figure 2.1**). The site was situated close to the city of Arivonimamo, about 50 km west of Antananarivo, $47^{\circ}11'E$ $18^{\circ}58'S$, and elevation between 1,200 m and 1,400 m.

2.2.2. Inventories

For sampling, six 100-m-long and 10-m-wide linear transects were defined. Each transect was separated from the next by a minimum of 700 m and a maximum of 4,000 m. The position of the transects in the investigated *tapia* forest were randomly chosen, ensuring, however, that trees were present in the 100 m of length. Altitude inside one single transect was kept equal, and variations of elevation between all transects was less than 100 m.

In each transect, before the first silk moth sampling, all trees (>2 m of height) and bushes were identified and counted and all shrubs were identified to species level in order to provide botanical information about the silk moth habitat.

The inventory was based only on visual observations. Transects were visually observed twice a month from August 2009 to July 2010. Observations included the immature stages of all silk moths (eggs, larvae and cocoons). Sampling of adult *Borocera* species is very difficult because they are not attracted to light traps (Razafimanantsoa et al., 2006). Each transect was divided into 10 square plots (10 m \times 10 m) to facilitate the inventory. Each 100 m² plot was observed for 30 minutes by two experienced observers (i.e. 300 minutes per transect). Only one transect was inventoried per day. The number, developmental stages, name of the host plant and position of the individual on the plant (trunk, leaf or branch) were noted for all observed silk moths. *Borocera cajani* larval stages were easily identified *in situ*, while other species were identified after rearing in the laboratory.

The mean relative abundance of each species (MRSA) belonging to the Gonometinae community was estimated by dividing the number of individuals belonging to a particular species by the number of all individuals belonging to the Gonometinae community. This abundance was then qualified as follow: MRSA $\geq 80\%$: abundant species; $50 \leq \text{MRSA} < 80\%$: common species; $25 \leq \text{MRSA} < 50\%$: frequent species; $15 \leq \text{MRSA} < 25\%$: occasional species; $5 \leq \text{MRSA} < 15\%$: rare species; MRSA $< 5\%$: very rare species (Raselimanana et al., 2007). Mean relative abundance shows the importance of each species relative to all species present in the area (Dajoz, 1985).

2.3. RESULTS AND DISCUSSION

2.3.1. Botanical composition of the *tapia* forest habitat

A list of all plant species observed in the insect-inventoried transects is presented in **table 2.1**. Over-all, trees inventoried in the study transect, 97.8% belonged to the species *Uapaca bojeri*, the remaining 2.2% are composed by *Pinus* sp. and *Eucalyptus torquata* Leuhm. The average density of *U. bojeri* tree is 653 ± 19 (average \pm S.E.) per ha. The emergent trees reached a

height of 8 m. Shrub stage is composed mainly by young *U. bojeri* and *Aphloia theiformis* (Vahl) Benn. The herbaceous stage is less than 1 m in height and composed by many species belonging to several families including *Leptolaena bojeriana* (Baill.) Cavaco; *Vaccinium secundiflorum* Hook; *Saccharum viguieri* (A. Camus) Clayton; *Loudetia madagascariensis* Baker; *Aristida rufescens* Steud. and *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv.

Table 2.1. List of plant species inventoried in the transects.

Species	Family	Stratum	Species	Family	Stratum
<i>Agave rigida</i> Mill.	Agavaceae	Shrub	<i>Vernonia pseudoappendiculata</i> Humbert	Asteraceae	Shrub
<i>Aloe capitata</i> var. <i>capitata</i>	Aloaceae	Herbaceous	<i>Vernonia trinervis</i> (Bojer ex DC.) Drake	Asteraceae	Shrub
<i>Aphloia theiformis</i> (Vahl) Benn.	Aphloiaiceae	Shrub	<i>Commelinia lyallii</i> (C.B.Clarke) H. Perrier	Commelinaceae	Herbaceous
<i>Asclepias fruticosa</i> L.	Apocynaceae	Herbaceous	<i>Commelinia madagascarica</i> C.B.Clarke	Commelinaceae	Herbaceous
<i>Secamone tenuisolia</i> Decne.	Apocynaceae	Herbaceous	<i>Carex elatior</i> Boeck.	Cyperaceae	Herbaceous
<i>Schefflera bojeri</i> (Seem.) R.Vig.	Araliaceae	Shrub	<i>Carex pyramidalis</i> Kük.	Cyperaceae	Herbaceous
<i>Dipcadi heterocuspe</i> Baker	Apocynaceae	Herbaceous	<i>Cyperus amabilis</i> Vahl	Cyperaceae	Herbaceous
<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	Apocynaceae	Herbaceous	<i>Cyperus impubes</i> Steud.	Cyperaceae	Herbaceous
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Asteraceae	Herbaceous	<i>Cyperus obtusiflorus</i> Vahl	Cyperaceae	Herbaceous
<i>Aspilia bojeri</i> DC.	Asteraceae	Herbaceous	<i>Kyllinga bulbosa</i> P.Beauv.	Cyperaceae	Herbaceous
<i>Bidens bipinnata</i> L.	Asteraceae	Herbaceous	<i>Scleria foliosa</i> Hochst. ex A.Rich.	Cyperaceae	Herbaceous
<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae	Herbaceous	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Dennstaedtiaceae	Herbaceous
<i>Crassocephalum sarcobasis</i> (DC.) S.Moore	Asteraceae	Herbaceous	<i>Erica baroniana</i> Dorr & E.G.H.Oliv.	Ericaceae	Shrub
<i>Elephantopus scaber</i> L.	Asteraceae	Herbaceous	<i>Erica bosseri</i> Dorr	Ericaceae	Shrub
<i>Emilia graminea</i> DC.	Asteraceae	Herbaceous	<i>Vaccinium secundiflorum</i> Hook.	Ericaceae	Shrub
<i>Ethulia conyzoides</i> L. f.	Asteraceae	Herbaceous	<i>Euphorbia hirta</i> L.	Euphorbiaceae	Herbaceous
<i>Helichrysum faradifani</i> Scott-Elliot	Asteraceae	Herbaceous	<i>Acacia dealbata</i> Link	Fabaceae	Tree
<i>Helichrysum gymnocephalum</i> (DC.) Humber	Asteraceae	Herbaceous	<i>Chamaecrista mimosoides</i> (L.) Greene	Fabaceae	Herbaceous
<i>Helichrysum triplinerve</i> DC.	Asteraceae	Herbaceous	<i>Crotalaria ibityensis</i> R.Vig. & Humbert	Fabaceae	Herbaceous
<i>Laggera alata</i> (D. Don) Sch. Bip. ex Oliv.	Asteraceae	Herbaceous	<i>Eriosema procumbens</i> Benth. ex Baker	Fabaceae	Herbaceous
<i>Launea pauciflora</i> (Baker) Humbert & Boulos	Asteraceae	Herbaceous	<i>Indigofera pedunculata</i> Hilsenberg & Bojer ex Baker	Fabaceae	Shrub
<i>Psiadia altissima</i> (DC.) Drake	Asteraceae	Shrub	<i>Indigofera stenosepala</i> Baker	Fabaceae	Shrub
<i>Senecio longiscapus</i> Bojer ex DC.	Asteraceae	Herbaceous	<i>Kotschyia strigosa</i> (Benth.) Dewit & P.A.Duvign.	Fabaceae	Shrub
<i>Vernonia appendiculata</i> Less.	Asteraceae	Shrub	<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.A	Fabaceae	Herbaceous
<i>Vernonia polygalifolia</i> Less.	Asteraceae	Shrub			

Table 2.1. Continued.

Species	Family	Stratum	Species	Family	Stratum
<i>Zornia puberula</i> Mohlenbr	Fabaceae	Herbaceous	<i>Loudetia simplex</i> (Nees) C.E. Hubb.	Poaceae	Herbaceous
<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm. f.) Underw.	Gleicheniaceae	Herbaceous	<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	Poaceae	Herbaceous
<i>Gladiolus dalenii</i> Van Geel	Iridaceae	Herbaceous	<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult.	Poaceae	Herbaceous
<i>Hyptis pectinata</i> (L.) Poit.	Lamiaceae	Herbaceous	<i>Saccharum vieguieri</i> (A. Camus) Clayton	Poaceae	Herbaceous
<i>Hyptis spicigera</i> Lam.	Lamiaceae	Herbaceous	<i>Setaria pallide-fusca</i> (Schumach.) Stapf & C.E. Hubb.	Poaceae	Herbaceous
<i>Lilium longiflorum</i> Thunb.	Liliaceae	Herbaceous	<i>Trachypogon spicatus</i> (L. f.) Kuntze	Poaceae	Herbaceous
<i>Lycopodium cernuum</i> L.	Lycopodiaceae	Shrub	<i>Maesa lanceolata</i> Forssk.	Primulaceae	Shrub
<i>Sida urens</i> L.	Malvaceae	Herbaceous	<i>Clematis mauritiana</i> Lam.	Ranunculaceae	Liana
<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.	Malvaceae	Herbaceous	<i>Rubus rosifolius</i> Sm.	Rosaceae	Shrub
<i>Antherotoma naudinii</i> Hook. f.	Melastomataceae	Herbaceous	<i>Anthospermum emirnense</i> Baker	Rubiaceae	Shrub
<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	Tree	<i>Mussaenda arcuata</i> Lam. ex Poir.	Rubiaceae	Shrub
<i>Ficus rubra</i> Vahl	Moraceae	Tree	<i>Oldenlandia herbacea</i> (L.) Roxb.	Rubiaceae	Herbaceous
<i>Eucalyptus torquata</i> Luehm.	Myrtaceae	Tree	<i>Otiophora scabra</i> Zucc.	Rubiaceae	Herbaceous
<i>Alectra sessiliflora</i> (Vahl) Kuntze	Orobanchaceae	Herbaceous	<i>Psychotria retiphlebia</i> Baker	Rubiaceae	Shrub
<i>Striga asiatica</i> (L.)	Orobanchaceae	Herbaceous	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	Rubiaceae	Herbaceous
<i>Biophytum umbraculum</i> Welw.	Oxalidaceae	Herbaceous	<i>Spermacoce pusilla</i> Wall.	Rubiaceae	Herbaceous
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	Herbaceous	<i>Dodonaea madagascariensis</i> Radlk.	Sapindaceae	Shrub
<i>Phyllanthus casticum</i> Willmet	Phyllanthaceae	Tree	<i>Leptolaena bojeriana</i> (Baill.) Cavaco	Sarcolaenaceae	Herbaceous
<i>Uapaca bojeri</i> Baill.	Phyllanthaceae	Tree	<i>Buddleja madagascariensis</i> Lam.	Scrophulariaceae	Shrub
<i>Pinus khasya</i> Royle ex Hook. f.	Pinaceae	Tree	<i>Hybanthus heterophyllum</i> (Vent.) Baill.	Violaceae	Herbaceous
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	Poaceae	Herbaceous	<i>Dianella ensifolia</i> (L.) DC.	Xanthorrhoeaceae	Herbaceous
<i>Ctenium concinnum</i> Nees	Poaceae	Herbaceous			
<i>Cymbopogon plicatus</i> Stapf	Poaceae	Herbaceous			
<i>Digitaria minutiflora</i> Stapf	Poaceae	Herbaceous			
<i>Eragrostis curvula</i> (Schrad.) Nees	Poaceae	Herbaceous			
<i>Loudetia madagascariensis</i> (Baker) Bosser	Poaceae	Herbaceous			

This forest is an open formation, classified as woodland by some authors and mainly composed of a single tree species: *Uapaca bojeri* Baill. (locally named *tapia*, Phyllanthaceae) (Koechlin et al., 1974; Kull et al., 2005; Rakotomaina, 2010; Vignal, 1963). *Tapia* trees are found in several widely scattered clusters (Kull, 2002). This species is resistant to bush fires (Gade, 1985). As a result it forms monodominant stands in the central Highlands (Hoffmann et al., 2003). It is the most xerophytic evergreen forest of Madagascar (Kull, 2003).

Tapia trees grow slowly and reach a maximum height of 8-12 m (Kull, 2002). Up to 60 cm in diameter, the shaft of the tree may be straight or very irregular and tortuous with a crown shaped like a ball, and has a thick bark, up to 2.5 cm (Kull, 2003; Kull et al., 2005).

The annual temperature in this region ranges between 17°C and 22°C (Kull, 2002; 2003; UPDR, 2003). The Imamo region experiences two seasons during the year: a warm, rainy season from November to March and a long cool and dry season during the rest of the year (Figure 2.2). The mean annual rainfall is 1,350 mm (Blanc-Pamard, 1995; Kull, 2003).

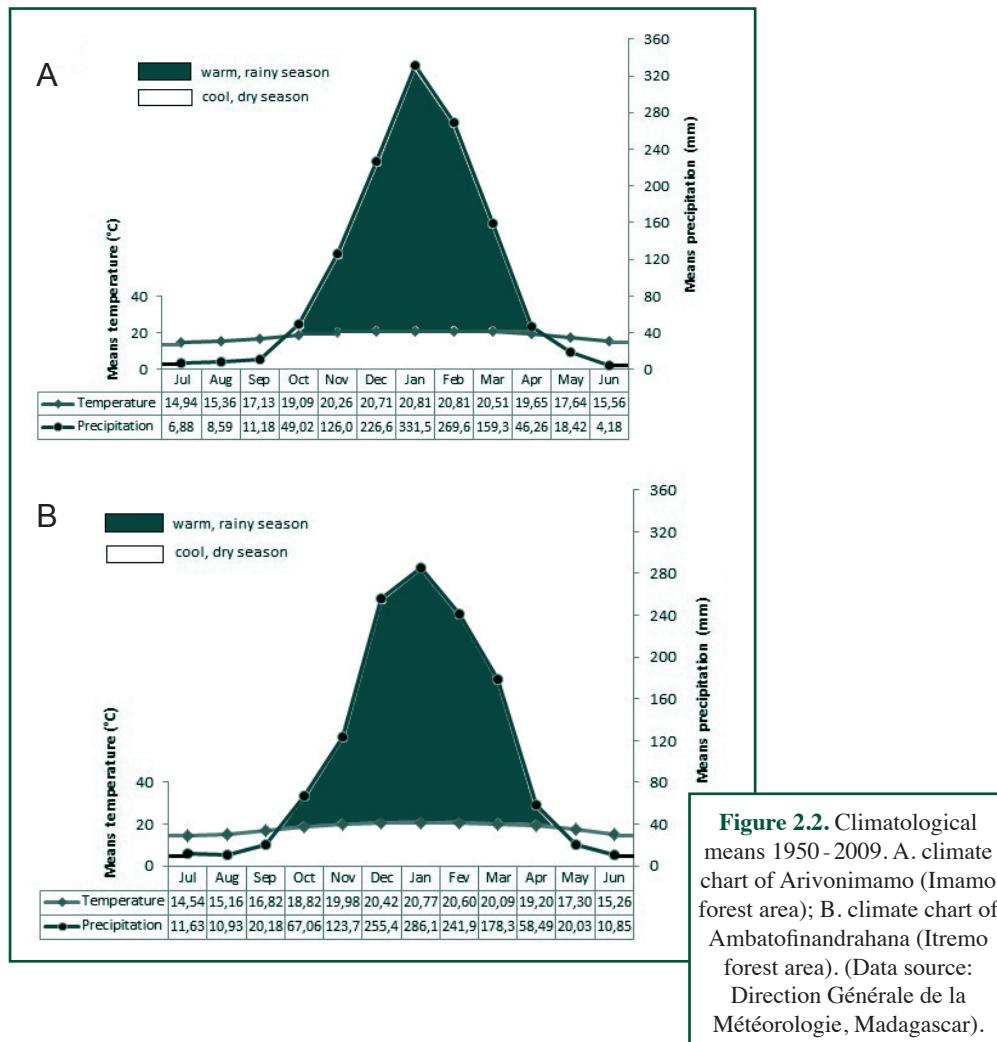


Figure 2.2. Climatological means 1950-2009. A. climate chart of Arivonimamo (Imamo forest area); B. climate chart of Ambatofinandrahana (Itremo forest area). (Data source: Direction Générale de la Météorologie, Madagascar).

2.3.2. Silk moths species identified

Three species of Gonometinae were observed in the *tapia* forest: *Borocera cajani* Vinson, *Borocera marginepunctata* Guérin-Meneville and *Euprocta punctillata* Saalmüller (Figure 2.3, see color section). Neither *B. marginepunctata* nor *E. punctillata* have been used

for silk textiles in Madagascar. *B. marginepunctata* is not of economic interest because of its low populations and poor silk quality (Paulian, 1953). *E. punctillata*, despite its small size, is sometimes collected for its silk which can be mixed with *B. cajani* silk. A single adult of a fourth Gonometinae moth species, *Anchirithra insignis* Butler, has been once observed in the same forest while using light trapping (unpubl. results).

2.3.3. Silk moths abundance

Borocera marginepunctata was the rarest species with only seven individuals per ha at the sites where the study was conducted (**Table 2.2**). *Uapaca bojeri* might not be its preferred host plant. The species is abundant in the edge of the altitudinal humid forest of Ranomafana with its multiple host plants including *Psidium guyava* L. (Myrtaceae), *Terminalia* spp., *Psiadia altissima* (DC.) Drake (Asteraceae), *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir. (Hypericaceae), *Nuxia* spp. (Stilbaceae), *Weinmannia rutenbergii* Engl. (Cunoniaceae) (Razafimanantsoa, unpubl.).

Table 2.2. Mean annual abundance and classification of the three silk moth species (all stages included) (mean \pm SE).

	MAA (ha ⁻¹)	MRSA (%)	Species Classification
<i>Borocera cajani</i>	119.6 \pm 17.9	49.4 \pm 0.1	Frequent
<i>Borocera marginepunctata</i>	6.9 \pm 2.8	3.6 \pm 0.1	Very rare
<i>Europtera punctillata</i>	105.5 \pm 14.2	47.0 \pm 0.1	Frequent

MAA = mean annual abundance; MRSA = mean relative species abundance

Borocera cajani and *E. punctillata* were the most abundant but their densities did not exceed 120 individuals per ha throughout the year at the study site. Considering the number of trees in the inventoried transects, only one individual of *B. cajani* per five trees was observed. Although this number seems very low, it is hardly comparable as the present study is the first to evaluate *B. cajani* abundance in its natural habitats. *B. cajani* populations in the Imamo area are therefore far from what the forest could accommodate. Many authors have mentioned the decline of this species in this area, which was previously classified amongst the most important silk-producing areas (Paulian, 1953; Kull et al., 2005; CITE/BOSS Corporation, 2009). One might explain the reduced density of cocoons by the destruction of the forest habitats through bushfires (Paulian, 1953), overharvesting of cocoons (Razafimanantsoa et al., 2006), invasion of introduced species such as *Eucalyptus* spp. and *Pinus* spp. (Kull, 2003; Kull et al., 2005), diseases and predators (Grangeon, 1910). It may also be that quality characteristics of host plants at this site have declined due to all of these perturbations (Veldtman et al., 2007; White, 2008). The significant occurrence of *E. punctillata* may cause this decline of *B. cajani*. Grangeon (1906) and Paulian (1953) found two Limacodidae encountered in the *tapia* forest along with *B. cajani*. Our results show that *B. cajani* and *E. punctillata* are classified as frequent species in the *tapia* forest of Imamo. These two species are observed along the year and can therefore be considered as constant species of the *tapia* forest.

Anthropogenic pressures and threats currently affecting *tapia* forests may jeopardize the continuity and maintenance of all roles of this area: survival and reproduction of the species living in it will not be ensured. Therefore, the management and protection of the *tapia* forest

are essential. This management, which can be partly handled by the local community, must be based on rational exploitation of the forest. This would improve, on the one hand, the well being of the local population of the forest (e.g. through the revival of the silk industry) and, on the other hand, the conservation of biodiversity (including that of silk moths).

2.3.4. Population dynamics of the three silk moth species

Borocera cajani and *E. punctillata* are bivoltine and their life cycles are synchronous (**Figure 2.4**) at the study site. Similar voltinism have been observed for *B. cajani* under laboratory experiments (Paulian, 1953; Rakotonaina, 2010; Razafimanantsoa et al., 2012, chapter 1), but no research has ever been conducted on the biology of *E. punctillata*. Because *B. marginepunctata* is very rare at the study locality, the number of generations per year could not be determined. Paulian (1953) suggested that this is a trivoltine species without pupal diapause. Additional research are clearly needed to confirm this hypothesis.

At our study site, the first generation of *B. cajani* was observed in early November, with first presence of eggs. It correlates with the period of high precipitation (**Figure 2.2**). In the southern Highlands of Itremo *tapia* forest (**Figure 2.1**), at a distance of approximately 300 km from Imamo forests, Paulian (1953) reported that the first generation of *B. cajani* is observed to start in September (confirmed in 2011 by pers. obs.). The life cycle of *B. cajani* therefore seems not to be synchronous in the different regions. However, climate charts of the two regions (1950-2009) (**Figure 2.2**) show that the Imamo zone is slightly warmer and wetter than the Itremo area throughout the year. While the rainy season in Ambatofinandrahana (Itremo area) starts in September to reach maximum precipitation in October, at our study site (Imamo area) the rainy season effectively starts in November. Both sites are at the same elevation. It seems therefore that adult emergence correlates with the rainy season period.

Eggs of *B. cajani* and *E. punctillata* were found from November to January for the first generation and from March to April for the second generation (**Figure 2.4A**). The peaks of abundance are observed in November (with up to 232 and 98 eggs/ha, for *B. cajani* and *E. punctillata*, respectively) and in March (with up to 225 and 24 eggs/ha, for *B. cajani* and *E. punctillata*, respectively). *E. punctillata* eggs were observed less than those of *B. cajani*, probably because they are laid singly while those of *B. cajani* are laid in clusters. *B. cajani* may also simply produce more eggs than *E. punctillata*. *B. cajani* and *E. punctillata* eggs occur only during the warm and rainy season. Rain triggers moth emergence (Houry et al., 2006). *B. marginepunctata* eggs were only observed in July.

Larvae of *B. cajani* and *E. punctillata* were observed two times from November to February and from March to June/July (**Figure 2.4B**). The number of first-generation larvae of both species peak in January (with up to 80 and 276 larvae/ha, for *B. cajani* and *E. punctillata*, respectively). For the second generation, *B. cajani* abundance peaks in April (with up to 175 eggs/ha) and in early June for *E. punctillata* larvae (with up to 227 eggs/ha). *B. cajani* larval abundance observed during the rainy season was found to be lower than during the dry season ($T_{obs} = 6.23$, $p < 0.0001$). *E. punctillata* larval abundance was found to be higher during the dry season ($T_{obs} = 5.8$, $p < 0.0001$). The differences in observed abundance between both generations of *B. cajani* are apparently not related to female fertility but should rather be connected to differential survival of the larvae. *B. cajani* and *E. punctillata* larvae lasts five weeks and seven weeks, respectively, for the first generation and 10 weeks for the second

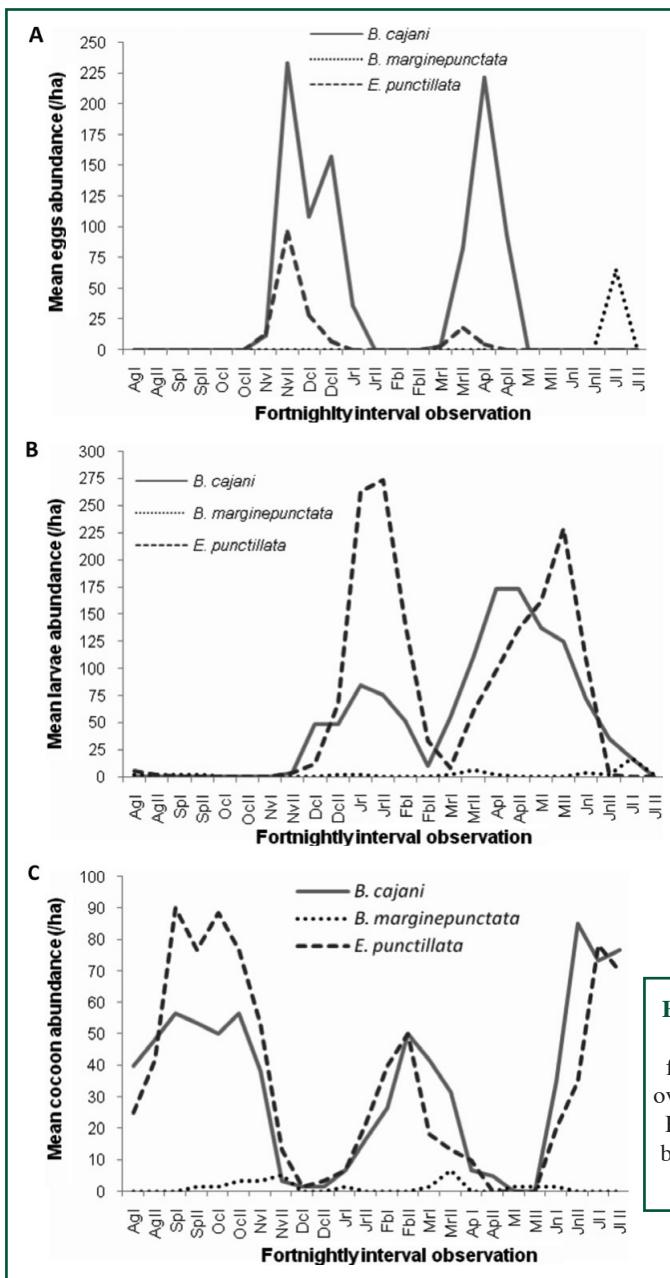


Figure 2.4. Mean abundance (per ha) of the three silk moths, by fortnightly interval observations, over one year of sampling. A. eggs; B. larvae; C. cocoons. Means are based on inventories conducted in six 1,000 m² transects.

generation. First-generation larvae of both silk moths occurs during the rainy season while most of the larval development of the second generation occurs during the cool and dry season. Temperature and humidity clearly positively affect the development of the larvae of both species. *B. marginepunctata* larvae were rarely observed: some larvae were observed at four periods of the year: September, December, March and June/July during the survey.

Chrysalid stages of *B. cajani* and *E. punctillata* reach maximum abundance in February (with up to 51 cocoons/ha for both species) and from July to Septembre (with up to 88 and 90 cocoons/ha, for *B. cajani* and *E. punctillata*, respectively) (Figure 2.4C). The few cocoons that were recorded between the peak of abundance, *i.e.* from November to January and from April to May, were all parasitized cocoons or dead ones. Chrysalids of the first generation (from February to March) of *B. cajani* ($T_{\text{obs}} = 10.27$, $p < 0.0001$) and *E. punctillata* ($T_{\text{obs}} = 9.7$, $p < 0.0001$) are less abundant than those of the second generation, from July to November. The first pupation period lasted 10 weeks for first generation but 22 weeks for the second generation. This difference is probably due to the nymphal diapause occurring during the cool and dry season. Low temperatures during the dry season cause diapause, consequently delaying emergence of *B. cajani* (Paulian, 1953), while higher average temperature and precipitation lead to early adult emergence (Mauchamp, 1988; Mouna, 1989). Ten weeks are probably needed for the nymph development of these Lasiocampidae. The number of cocoons observed during the survey is very low relative to the total number of larvae observed. Several factors may explain this difference including collection of cocoons by the locals and high mortality during the nymphal stage.

2.3.5. Silk moth host plants

Table 2.3 lists 12 host plants on which immature stages of silk moths were observed. *B. cajani* uses eight different host plants and *E. punctillata* uses 11 host plants. *B. marginepunctata* was only found on *U. bojeri* and *Maesa lanceolata* Forssk. **Figure 2.5** illustrates the relative proportion of bushes species used by immature stages of all species of silk moth in the Imamo forest.

Table 2.3. Identified host-plants of the three silk moth species found in Imamo forest.

Family	Genus	Vernacular name	Stratum	B.c	B.m	E.p
Phyllanthaceae	<i>Uapaca bojeri</i> Baill.	<i>tapia</i>	Tree	+	+	+
Aphloiaceae	<i>Aphloia theiformis</i> (Vahl) Benn.	<i>voafotsy</i>	Bush	+	-	+
Ericaceae	<i>Erica baroniana</i> Dorr & E. G. H. Oliv.	<i>anjavidy</i>	Bush	+	-	+
Primulaceae	<i>Maesa lanceolata</i> Forssk.	<i>voarafy</i>	Bush	-	+	-
Rubiaceae	<i>Psychotria retiphlebia</i> Baker	<i>mahatratranify</i>	Bush	+	-	+
Asparagaceae	<i>Agave rigida</i> Mill.	<i>taretra</i>	Bush	-	-	+
Sarcolaenaceae	<i>Leptolaena bojeriana</i> (Baill.)	<i>hatsikana</i>	Bush	-	-	+
Ericaceae	<i>Vaccinium secundiflorum</i> Hook	<i>voaramontsana</i>	Bush	-	-	+
Poaceae	<i>Aristida rufescens</i> Steud.	<i>horona</i>	Herbaceous	+	-	+
Poaceae	<i>Saccharum viguieri</i> (A.Camus) Clayton	<i>haravola</i>	Herbaceous	+	-	+
Poaceae	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) P. Beauv.	<i>tenona</i>	Herbaceous	+	-	+
Poaceae	<i>Loudetia madagascariensis</i> Baker	<i>tsivongo</i>	Herbaceous	+	-	+

+ = presence; - = absence; B.c: *Borocera cajani*; B.m: *Borocera marginepunctata*; E.p: *Europtera punctillata*.

Beside the host plants listed in **table 2.3**, different host plant species were mentioned in the literature for *B. cajani*: *Dodonaea madagascariensis* Radlk. (Sapindaceae), *Schizolaena microphylla* H. Perrier (Sarcolaenaceae) and *Sarcolaena oblongifolia* F. Gérard (Sarcolaenaceae) (Rakotoniaina, 2010). The two last plants are only found in the Isalo *tapia* forest, situated in

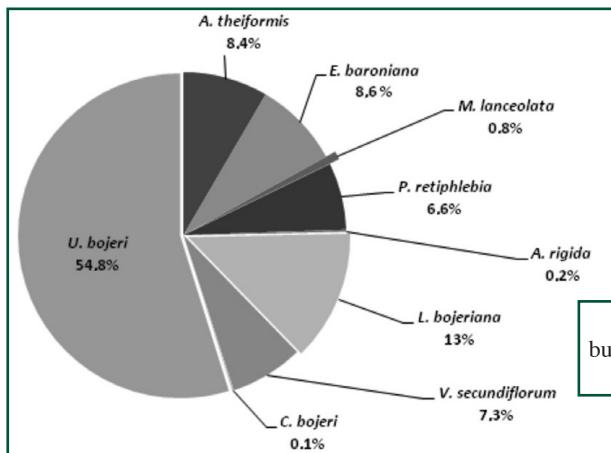


Figure 2.5. Relative proportions of bushes used as silk moth host plants in the *tapia* forest.

the southern region of Madagascar (Kull et al., 2005). Imamo *tapia* forests have, during the last decades, lost a significant proportion of their area. This observation does not match those of Kull et al. (2002; 2003; 2005) indicating either a stability or an increase in terms of *tapia* forest cover. However, their works are based on an analysis of aerial photographs between 1950 and 1990 (Rakotondrasoa et al., 2012, chapter 8). Although the assumption of *tapia* forest area regression deserves further study, degradation and deforestation in the *tapia* forest remain a major concern given its uniqueness and importance. Indeed, Imamo forest has been greatly damaged by bush fire practice and the lower stratum is reduced to trivial Graminaceae (Paulian, 1953, confirmed by pers. obs.). Conservation of *tapia* forest is essential as they have multiple functions: they can be a source of income (production of timber and non-timber forest products), they also play ecosystemic and socio-cultural roles (Rakotondrasoa et al., 2012, chapter 8). The *tapia* forest contributes about 7% of the local economy (Kull et al., 2005). Faced with the continued degradation of this resource, a multifunctional management of forest areas is needed which combines biodiversity conservation, and improvement of the living conditions of local populations.

Eggs of *B. cajani* were observed during very short period of time (Figure 2.4A), but were mostly seen on *U. bojeri* (with up to 225 eggs/ha) with very few being observed on *A. theiformis* (<1 egg/ha). Larvae were mostly concentrated on *U. bojeri* (maximal density reaching 112 individuals/ha) and on *A. theiformis* (40 individuals/ha) for the two generations. Most chrysalids were found on *U. bojeri* for both generations. Some chrysalids from the first generation were also observed on *P. retiphlebia*. During the second generation, they were also found on *A. theiformis* and on herbs including *L. madagascariensis*, *S. viguieri*, *A. rufescens*, *I. cylindrical*.

Eggs of *E. punctillata* were mainly deposited on *U. bojeri*. Few eggs were also found on grasses such as *A. rufescens* and *S. viguieri* as well as on the shrub of *A. theiformis* in the second generation. Larvae and chrysalids of this species have different host habits than that observed in *B. cajani*. Larvae are often found on *U. bojeri* (peak density of 272 individuals/ha). Some individuals were also observed on *A. theiformis* in February. The chrysalid stage is observed on different host plants according to the period of the year. The first generation in March (rainy season individuals) prefers to spin cocoon on *U. bojeri*. However, the second generation of both species in June (dry season individuals) are on several host plants, including *U. bojeri* and herbs such as *L. madagascariensis* and *S. viguieri* as well as shrubs and bushes.

U. bojeri is one of the major tree hosts for the two moth species. The dominance and abundance of this species in the forest is probably the most important factor. Silkworms feed only during larval stage. *U. bojeri* is therefore proposed to be the preferred food source for the three species. However, *B. cajani* also feeds on *A. theiformis*, while *B. marginepunctata* feed on *M. lanceolata*. Observations outside the transect belt and near the villages showed that *B. cajani* also feeds on *Tamarindus indica* L., *Acacia dealbata* Link, *Psiadia altissima*. Both *B. marginepunctata* and *B. cajani* are observed on *Psidium guajava* L., *E. torquata*. *E. punctillata* is also considered as a pest devastating *Pinus* spp. (Raharizolina, 1974). The non-constant presence of *B. cajani* and *E. punctillata* larvae on other plants is the result of the female's oviposition behaviour. In addition, the tendency to oviposit on plants that cannot support larval growth is common among phytophagous insects (Krainacker et al., 1987).

2.3.6. Location on the host plant

The location of the eggs, larvae and cocoons on their host plant has been classified into three parts: the upper part with leaves and branches, the middle part corresponding to the trunk of the host plant, and the bottom part that corresponds to the base of the plant, the tufts of grass, litter and soil. Because too few *B. marginepunctata* were found, only data for *B. cajani* and *E. punctillata* are reported in **table 2.4**.

Table 2.4. *Brocera cajani* and *Europtera punctillata* location frequencies on their host plants.

	Stage	Generation	Frequencies (%)				
			Branch	Upper part		Leaf	Middle part
				B-LCx	Trunk		
<i>B. cajani</i>	Eggs	1	72.1	0	27.9	0	0
		2	19.6	0	55.4	25.0	0
	Larvae	1	82.7	3.5	13.5	0.3	0
		2	81.0	4.9	10.9	2.5	0.7
	Cocoons	1	23.9	15.7	57.2	2.0	1.2
		2	23.9	0.4	45.2	19.2	11.3
<i>E. punctillata</i>	Eggs	1	91.7	0	0	0	8.3
		2	11.1	0	77.8	0	11.1
	Larvae	1	57.1	10.6	13.1	18.7	0.5
		2	81.5	5.5	0.5	10.3	2.2
	Cocoons	1	15.4	0	0	55.5	29.1
		2	13.4	0	0	33.1	53.5

B-LCx = branch-leaf complex.

Generations 1 and 2 correspond to the period when each stage of the species appeared until they disappeared. For the egg stage, generations 1 and 2 are successively November until December and March to May. Larval stage generation 1 is November to March and February to July for generation 2. Cocoons stage generation 1 and 2 is January to April and May to November.

Spherical eggs are deposited in a small cluster or as a mass (8-56) by *B. cajani* females and singly by *E. punctillata* either on the leaves, branches and trunks. They are stuck on different surfaces with the micropyle located on the lateral side. *B. cajani* eggs are mostly found on the upper part of their host plant for the two generations. They were observed exclusively on

branches (72.1%) and leaves (27.9%) during the first generation. For the second generation, 25% of the eggs were observed on the trunk of their host plant. The majority of *E. punctillata* eggs are laid on leaves during the first (91.7%) and second (77.8%) generation. Eggs were also found in the lower part on stems of herbs (11.1%), for the second generation.

Borocera cajani larvae were observed predominantly on branches of their host plants with high frequency (>80%). Larvae could also be observed on leaves (13.5% and 10.9% for the first and second generations). Low percentages were observed on the trunks (<3%). *E. punctillata* larvae were encountered on different parts of their host plants but they were frequently observed on branches (57.1% for the first generation and 81.5% for the second generation). In January and May, larvae stick on the point of attachment of the leaf on the branch, which in **table 2.4** is called 'branch-leaf complex'. Larvae are more easily detectable at that time.

Cocoons are preferentially found on leaves (57.2% and 45.2% for the first and second generation of *B. cajani*, respectively). Cocoons of the second generation of *B. cajani* were found in the middle and bottom part of the host plant. No cocoon of *E. punctillata* was found on leaves for both generations. The species prefers to spin cocoons on branches, trunks and bases of trunk at ground level. Caterpillars of the second generation move in the bottom part of their host plant to pupate. *B. cajani* and *E. punctillata* preferentially spin cocoons in small holes caused by the breaking of branches but also within the trunk.

Grangeon (1906) stated that most *B. cajani* larvae leave their food tree to spin their cocoons on neighbouring plants. In contrast, Paulian (1953) maintained that *B. cajani* larvae rarely leave their host plant for cocoon spinning. During the dry season, we found that some larvae migrate to spin their cocoons in tufts of grass. First-generation larvae of *E. punctillata* remain on their host plants but spin their cocoons in other plant stratum, especially tufts of grass. *E. punctillata* cocoons are hidden in the tufts of grass and the larvae incorporate soil and vegetation into the cocoon surface. This behaviour (preferring spinning cocoon on the lower part of the plant) is probably brought about by the lower temperature and humidity during the dry season.

Acknowledgements

The authors are grateful to CUD (Commission universitaire pour le Développement du Conseil Interuniversitaire de la Communauté Française de Belgique) for providing financial support for this work. We thank the community of Arivonimamo: the mayor, the *fokontany* and local community leader, and the local villagers who greatly assisted in this work. We express our sincere gratitude to the École Supérieure des Sciences Agronomiques for providing technical support. We acknowledge C. Craig of Conservation through Poverty Alleviation, International, for very kindly going through the manuscript and offering helpful criticism.

2.4. BIBLIOGRAPHY

- Blanc-Pamard C., 1995. Les savoirs du territoire en Imerina. Hautes Terres centrales de Madagascar. In : Bonnemaison J., Cambrezy L. & Quinty-Bourgeois L. (éds). *Les territoires de l'identité : Le territoire, lien ou frontière ? Tome 1.* Paris : L'Harmattan.
- CAPFIDA, 2008. *Potentialités de la filière soie sur la région d'Itasy.* www.capfida.mg/site/spip.php?article137 (13.11.2012).

- CITE/BOSS Corporation, 2009. *Étude nationale de la filière soie Analamanga, Ambalavao, Amoron'i Mania, Vakinakaratra, Itasy*. Rapport final. Antananarivo : CITE.
- Dajoz R., 1985. *Précis d'écologie*. 5^e Éd. Paris : Dunod.
- Decary R., 1937. L'entomophagie chez les indigènes de Madagascar. *Bull. Soc. Entomol. Fr.*, **42**, 168-171.
- De Lajonquière Y., 1972. *Insectes Lépidoptères Lasiocampidae*. Faune de Madagascar n° 34. Tananarive/Paris : ORSTOM/CNRS.
- Gade D.W., 1985. Savanna Woodland, fire, protein and silk in highland Madagascar. *J. Ethnobiol.*, **5**(2), 109-122.
- Grangeon M., 1906. Étude sur le *Landibe*. *Bull. Écon. Madagascar*, **2**, 121-127.
- Grangeon M., 1910. Les bois de *tapia*. *Bull. Écon. Madagascar*, **10**(2), 181-185.
- Guigou J., 1989. Le *Landybe* ou *Borocera madagascariensis*. In : FAO/PNUD. *Madagascar 1989 : la soie Naturelle – le Landybe et le Bombyx mori : étude technico-économique*. Tome 1. Rome : FAO/PNUD.
- Hoffmann P. & McPherson G., 2003. The Euphorbiaceae of Madagascar and their biogeography. In: Goodman S.M. & Benstead J.P. (eds). *The natural history of Madagascar*. Chicago, USA: University of Chicago Press. 379-383.
- Houri A. & Doughan D., 2006. Behaviour Patterns of the Pine Processionary Moth (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams; Lepidoptera: Thaumetopoeidae). *Am. J. Agric. Biol. Sci.*, **1**(1), 1-5.
- Koechlin J., Guillaumet J. & Morat P., 1974. *Flore et végétation de Madagascar*. Vaduz : J. Cramer.
- Krainacker D.A., Carey J.R. & Vargas R.I., 1987. Effect of larval host on life history traits of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Oecologia*, **73**, 583-590.
- Kull C.A., 2002. The 'degraded' *tapia* woodlands of highland Madagascar: rural economy, fire ecology, and forest conservation. *J. Cult. Geogr.*, **19**, 95-128.
- Kull C.A., 2003. *Uapaca* Woodland. In: Goodman S.M. & Benstead J.P (eds). *The natural history of Madagascar*. Chicago, USA: University of Chicago Press. 393-398.
- Kull C.A., Ratsirarson G. & Randriambavonjy G., 2005. Les forêts de *Tapia* des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, **24**, 22-55.
- Mauchamp B., 1988. La diapause ou comment passer l'hiver dehors quand on est insecte. *Insectes*, **69**(2), 1-6.
- Myers N., 1988. Threatened biotas: hotspots in tropical forests. *Environmentalist*, **8**, 178-208.
- Mittermeier R.A. et al., 2004. Madagascar and the Indian Ocean Islands. In: Mittermeier R.A. et al. (eds). *Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and most Threatened Terrestrial Ecoregions*. Chicago, USA: University of Chicago Press. 138-144.
- Mouna M., 1989. Action de la température sur le développement d'*Acleris undulana* (Lep. Tortricidae, Tortricinae). *Bull. Inst. Sci. (Rabat)*, **13**, 109-115.
- Paulian R., 1953. Observation sur les *Boroceras* de Madagascar, papillon séricigènes. *Naturaliste Malgache*, **5**(1), 69-86.
- Peigler R.S., 1993. Wild silks of the world. *Am. Entomol.*, **39**(3), 151-161.
- Peigler R.S., 2004. The silkmoths of Madagascar. In: Kusimba C.M., Odland J.C. & Bronson B. (eds). *Unwrapping the Textile Traditions of Madagascar*. Seattle, USA: University of Washington Press. UCLA FMCM Textile Series. 155-163.
- Raharizonina P.E., 1974. Évolution des populations d'*Europtera punctillata* (Saalmüller) *Landikely* à Mandaratsy. Antananarivo : CITE.
- Rakotondrasoa O.L. et al., 2012. La forêt de *tapia*, écosystème endémique de Madagascar : écologie, fonctions, causes de dégradation et de transformation (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(4), 541-552.
- Rakotoniaina N., 2010. *Vers une démarche de gestion durable des ressources de la forêt sclérophylle de moyenne altitude d'Arivonimamo II – Madagascar*. Thèse de doctorat de troisième cycle. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).

- Raselimanana A.P. & Andriamampionona R., 2007. La faune herpétologique du « Couloir d’Anjozorobe-Angavo » : Diversité, caractéristiques et aspect biogéographique. In : Goodman S.M., Raselimanana A.P. & Wilmé L. (éds). *Inventaires de la faune et de la flore du couloir forestier d’Anjozorobe-Angavo*. Antananarivo : Recherche pour le Développement. Série Sciences Biologiques, **24**, 111-139.
- Razafimanantsoa T., Ravoahangimalala O. & Craig L.C., 2006. Indigenous silk moth farming as a means to support Ranomafana National Park. *Madagascar Conserv. Dev.*, **1**, 34-39.
- Razafimanantsoa T.M. et al., 2012. Silk moths in Madagascar: A review of the biology, uses, and challenges related to *Borocera cajani* (Vinson, 1863) (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(2), 269-276.
- Turner E.C. et al., 2009. Habitat preference and dispersal of the Duke of Burgundy butterfly (*Hamearis lucina*) on an abandoned chalk quarry in Bedfordshire, UK. *J. Insect Conserv.*, **13**, 475-486.
- UPDR (Unité de Politique de Développement Rural), 2003. *Monographie de la région d’Antananarivo*. Antananarivo : Ministère de l’Agriculture, de l’Élevage et de la Pêche.
- Veldtman R., McGeoch M.A. & Scholtz C.H., 2007. Fine-scale abundance and distribution of wild silk moth pupae. *Bull. Entomol. Res.*, **97**, 15-27.
- Vignal Z., 1963. Les phénomènes de météorologie dynamique et la disparition des formations forestières malgaches d’altitude. *Bois For. Trop.*, **89**, 31-35.
- White T.C.R., 2008. The role of the food, weather and climate in limiting the abundance of animals. *Biol. Rev.*, **83**, 227-248.

3 —

Influence de la plante hôte sur le développement larvaire de *Borocera cajani* (Lepidoptera : Lasiocampidae)

Tsiresy M. RAZAFIMANANTSOA, François MALAISSE, Noromalala RAMINOSOA,
Olivia L. RAKOTONDRAZOA, Gabrielle L. RAJOELISON,
Misha R. RABEARISOA, Bruno S. RAMAMONJISOA, Marc PONCELET,
Jan BOGAERT, Éric HAUBRUGE, François J. VERHEGGEN

Borocera cajani Vinson (Lepidoptera: Lasiocampidae) est un papillon séricigène endémique de Madagascar dont la soie est utilisée dans le domaine textile. Ce ver à soie est polyphage et colonise la forêt des hautes plaines centrales constituée principalement de *tapia* (*Uapaca bojeri*). Au sein de ces forêts, les chenilles de *B. cajani* sont couramment observées sur deux plantes hôtes : le *tapia* et le *voafotsy* (*Aphloia theiformis*). Dans cette étude, nous avons évalué des paramètres de différents stades (taux de survie, durée des stades, poids et taille, fécondité des adultes, etc.) de *B. cajani* élevé sur ces deux plantes hôtes. Nous avons observé un taux de survie plus élevé de 30 % sur *U. bojeri*. La durée du développement larvaire et de la nymphose est plus courte pour les individus élevés sur *U. bojeri* ($64,8 \pm 1,5$ jours) que pour ceux élevés sur *A. theiformis* ($87,4 \pm 2,0$ jours). La taille et le poids des cocons sont également plus importants lorsque les femelles sont élevées sur *U. bojeri*. Cette dernière plante se révèle être la plus appropriée pour l'élevage de *B. cajani* et devrait être privilégiée.

Host plant influence on the larval development of *Borocera cajani* (Lepidoptera: Lasiocampidae)

Borocera cajani Vinson (Lepidoptera: Lasiocampidae) is a silk moth endemic to Madagascar that is currently used to produce silk textiles. This silk moth is polyphagous and colonizes forests situated in the central Highlands, mainly constituted by *tapia* trees (*Uapaca bojeri*). Two host plants are commonly used by the caterpillar of this moth species: *tapia* and *voafotsy* (*Aphloia theiformis*). In this work we have evaluated parameters of different stages (survival rate, development duration, weight and size, fecundity, etc.) of *B. cajani* on both host plants. We have observed a 30% higher survival rate on *U. bojeri*. Larval and pupae duration were shorter on *U. bojeri* ($64,8 \pm 1,5$ days) than on *A. theiformis* ($87,4 \pm 2,0$ days). Cocoons were bigger when obtained from larvae fed on *U. bojeri*. This plant is therefore better for the development of *B. cajani* and should be used in intensive rearing of this silk moth.

3.1. INTRODUCTION

Madagascar est renommée pour sa biodiversité et le taux d'endémisme élevé de sa faune et de sa flore (Mittermeier et al., 2004). Nonante pourcents de ses espèces sont inféodées aux milieux forestiers (Myers, 1988), parmi lesquelles la classe des insectes occupe une place importante. Le *landibe*, ou *Borocera cajani* (Vinson, 1863) (Lepidoptera : Lasiocampidae), est un

Cet article a déjà fait l'objet d'une publication en 2013 dans *Entomol. Faun.*, **66**, 39-46.
Reproduit avec l'autorisation de l'éditeur.

Lépidoptère séricigène endémique colonisant la forêt sclérophylle des Hautes Terres malgaches, appelée localement forêt de *tapia* (Kull et al., 2005 ; Razafimantanboa et al., 2012, chapitre 1). Cette espèce est sujette à un nombre croissant d'études au regard de son importance dans la culture malgache : la soie produite par les chenilles de cette espèce est exploitée pour constituer des enveloppes mortuaires ou pour la réalisation d'écharpes de soie portées fièrement par les femmes Malgaches (Paulian, 1953 ; Gade, 1985 ; Guigou, 1989 ; Rakotoniaina, 2010). La collecte des chrysalides constitue dès lors une source de revenus supplémentaires non négligeables aux collecteurs vivant à proximité de la forêt hébergeant *B. cajani* (Kull et al., 2005 ; Gade, 1985). Même si la sériciculture malgache reste encore artisanale (Peigler, 1993), différents acteurs s'investissent dans cette filière : collecteurs des cocons, tisseurs ou commerçants.

Cette espèce est aussi bien exploitée dans le domaine culinaire (Decary, 1937 ; Gade, 1985 ; Guigou, 1989 ; Malaisse, 2005) que dans le domaine commercial.

Cependant, de plus en plus de rapports mentionnent que les populations de *B. cajani* sont en régression dans leur habitat naturel (Paulian, 1953 ; CITE/BOSS Corporation, 2009), avec pour causes principales la destruction de l'habitat naturel et la surexploitation de la ressource. Ces mêmes rapports avancent la nécessité de mener des actions de conservation essentielles à la préservation de cette espèce endémique.

Borocera cajani est une espèce polyphage se développant principalement au niveau de forêts de *Uapaca bojeri* (Phyllanthaceae), plante hôte principale de ce papillon. Plusieurs plantes appartenant à différentes familles ont été enregistrées comme ses plantes hôtes : outre *U. bojeri*, *Aphloia theiformis* (Vahl) Benn. (Aphloiaceae), *Psidium guyava* L. (Myrtaceae), *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae), *Maesa lanceolata* Forssk. (Primulaceae), *Dodonaea madagascariensis* Radlk. (Sapindaceae), *Schizolaena microphylla* Perrier (Sarcolaenaceae), *Sarcolaena oblongifolia* Gérard (Sarcolaenaceae) sont mentionnées dans la littérature (Grangeon, 1906 ; Paulian, 1953 ; De Lajonquière, 1972 ; Rakotoniaina, 2010 ; Razafimantanboa et al., 2012, chapitre 1 ; Razafimantanboa et al., 2013, chapitre 2). De ces huit genres, deux sont exotiques (*Psidium* et *Eucalyptus*) ; des six espèces indigènes quatre sont endémiques et deux autres présentent une plus large distribution (*A. theiformis* et *M. lanceolata*).

En raison de sa large gamme de plantes hôtes, ce travail s'attache à caractériser la performance de *B. cajani* élevé sur deux de ses plantes hôtes fréquemment mentionnées dans la littérature et observées lors de récents inventaires de terrain.

3.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.2.1. Insecte et élevages

Des cocons de *B. cajani* ont été prélevés dans une forêt de *tapia* située à Arivonimamo (45 km d'Antananarivo) (Rakotondrasoa, 2012) et ont été placés au laboratoire pour débuter un élevage. Ils y sont mis dans des boîtes dont le couvercle consistait en un voile permettant l'aération. Les boîtes étaient ensuite placées sur une étagère jusqu'à l'émergence. Après l'émergence, les adultes étaient transposés dans des cages en tulle de 40 cm × 40 cm × 40 cm. Après l'accouplement et la ponte, les œufs sont mis dans de petites boîtes aérées jusqu'à leur éclosion. Les larves de stade 1 ont été utilisées lors de la caractérisation des stades de développement de *B. cajani* sur deux de ses plantes hôtes (voir § 3.2.2 ci-dessous).

3.2.2. Plantes hôtes

Deux plantes nourricières appartenant à deux familles différentes ont été choisies : le *tapia* *Uapaca bojeri* et le *voafotsy* *Aphloia theiformis* (**Figure 3.1**). Ce sont les plantes les plus fréquemment citées dans la littérature et observées lors d'inventaires entomologiques dans son habitat naturel (Grangeon, 1906 ; Paulian, 1953 ; De Lajonquière, 1972 ; Rakotoniaina, 2010 ; Razafimanantsoa et al., 2012, chapitre 1 ; Razafimanantsoa et al., 2013, chapitre 2).

U. bojeri est un arbre de type sempervirent à feuilles denses appartenant à la famille des Phyllanthaceae. La plante est endémique de Madagascar (Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8). Ses feuilles sont luisantes, alternes, en spirales serrées, dressées en particulier au sommet de la tige. Le tronc, pouvant atteindre jusqu'à 60 cm de diamètre, est recouvert d'une écorce ligneuse et crevassée d'environ 2 cm d'épaisseur. Il se divise rapidement en de nombreux rameaux courts. Le fut est irrégulier et tortueux. C'est un arbre dioïque à inflorescences unisexuées axillaires. Le *tapia* produit de grandes quantités de petits fruits juteux, ovales et comestibles (Cabannis et al., 1969 ; Kull et al., 2005).



Figure 3.1. *Uapaca bojeri* (à gauche), *Aphloia theiformis* (à droite). © Razafimanantsoa T.M.

A. theiformis est un arbuste sempervirent de la forêt d'altitude et appartient à la famille des Aphloioaceae dont elle est la seule espèce. Son aire de distribution se limite à l'Afrique orientale, les Mascareignes, les Seychelles et les Comores, ainsi qu'à Madagascar. Il est caractérisé par ses rameaux rougeâtres. Ses feuilles sont simples, alternes, ovales, subcoriaces, dentées chez l'adulte mais profondément lobées chez les jeunes plants. Les inflorescences axillaires portent de 1 à 5 fleurs de taille moyenne, hermaphrodites, aux sépales blancs, circulaires, sans pétale et aux très nombreuses étamines. Le fruit est une petite baie blanche et globuleuse (CIRAD, 2008).

Ces deux plantes sont des espèces caractéristiques des forêts de *tapia* des Hautes Terres de Madagascar (Kull et al., 2005 ; Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8).

3.2.3. Matériel expérimental

Dans les 24 heures suivant leur émergence, 180 larves de stade 1 ont été isolées dans des bocaux aérés en plastique contenant un rameau d'une des deux plantes nourricières

(90 individus par plante hôte). Afin de maximiser sa fraîcheur, le rameau était placé dans un gobelet rempli d'eau et recouvert d'un film en cellophane pour éviter la chute de la chenille dans l'eau (**Figure 3.2**, voir cahier couleur). Les bocaux étaient ensuite placés sur des étagères exposées aux néons lumineux reproduisant une photopériode la plus proche possible des conditions naturelles : 8 heures par jour, de 8h à 16h. La température, ainsi que l'hygrométrie sont régulièrement contrôlées à l'aide d'un thermo-hygromètre. Les élevages ont été réalisés dans une salle à 50 à 65 % d'humidité et à des températures comprises entre 20 et 24 °C. Les rameaux étaient changés toutes les semaines. L'expérimentation s'est étalée de mars à septembre 2011. Cette période correspond au moment où *B. cajani* se trouve à sa deuxième génération de l'année. Cette période de l'année a été choisie pour la réalisation de l'élevage car l'obtention des adultes à partir des cocons collectés est moins longue.

3.2.4. Influence des plantes hôtes sur les différents stades de développement de *B. cajani*

Afin de caractériser les influences de ces deux plantes hôtes sur *B. cajani*, plusieurs paramètres ont été enregistrés journallement, de l'émergence des larves jusqu'à l'obtention de la ponte des adultes. Les mesures réalisées incluent : (1) la durée de chaque stade de développement larvaire et nymphal, (2) le taux de mortalité des larves, (3) la masse de chaque stade larvaire et du stade nymphal, (4) le taux de survie des larves, (5) la fécondité des femelles, (6) le taux de croissance des larves est également calculé à l'aide de la formule suivante :

$$TCRM = \frac{[\ln P_2 (\text{mg}) - \ln P_1 (\text{mg})]}{T (\text{j})}$$

où TCRM est le taux de croissance relatif moyen (exprimé en mg par jour), P_1 et P_2 sont respectivement les poids des larves après émergence et les poids des cocons, et T est la durée du développement larvaire (en jours) (Radford, 1967).

La détermination des différents stades larvaires est faite par comptage du nombre de mues, en prélevant les exuvies des capsules céphaliques. Le taux de survie des chenilles se réalise par comptage des individus arrivant à la pupaison. Les durées du développement larvaire ainsi que de chaque stade inter-mue sont calculées en relevant les dates d'éclosion des larves, des différentes mues et de l'entrée en nymphose. Afin d'évaluer la fécondité des femelles, celles-ci étaient isolées après accouplement avec un mâle dans de petites cages et le nombre d'œufs pondus jusqu'à leur décès était totalisé.

3.3. RÉSULTATS

3.3.1. Stade larvaire

Les larves de *B. cajani* passent par 5 stades et effectuent 4 mues. Le taux de mortalité larvaire est de 69,9 % pour les chenilles élevées sur *U. bojeri* et de 73,3 % pour celles élevées sur *A. theiformis* (**Tableau 3.1**).

Le taux de croissance relatif moyen des larves de *B. cajani* ainsi que la durée du développement larvaire diffèrent statistiquement en fonction de la plante hôte (**Tableau 3.2**). Le taux

de croissance moyen des larves de *B. cajani* élevées sur *A. theiformis* ($0,080 \pm 0,003$) ($F = 128,02$; $p < 0,0001$) est statistiquement inférieur au taux obtenu sur *U. bojeri* ($0,130 \pm 0,003$). Les durées moyennes du développement larvaire de *B. cajani*, c'est-à-dire la durée totale des cinq stades, sont respectivement de $87,4 \pm 2,0$ jours sur *A. theiformis* et de $64,8 \pm 1,5$ jours sur *U. bojeri*.

La durée (en jours) des différents stades larvaires est représentée dans la **figure 3.3**, pour les deux types de plantes hôtes testées. Des différences statistiques de durées des stades larvaires entre les deux plantes hôtes sont observées pour les stades larvaires L2, L3 et L4.

Tableau 3.1. Taux de mortalité larvaire en fonction des différents stades larvaires et de la plante hôte testée.

	Taux de mortalité des différents stades larvaires (%)					Total
	L1	L2	L3	L4	L5	
<i>Aphloia theiformis</i>	36,7	3,3	2,2	12,2	18,9	73,3
<i>Uapaca bojeri</i>	14,4	3,3	0,0	1,1	51,1	69,9

Tableau 3.2. Influence de la plante hôte sur le taux de croissance relatif moyen (TCRM) et la durée du développement larvaire de *Borocera cajani*.

	TCRM (g/jours)	Durée du développement larvaire (jours)
<i>Aphloia theiformis</i>	$0,080 \pm 0,003$	$87,4 \pm 2,0$
<i>Uapaca bojeri</i>	$0,130 \pm 0,003$	$64,8 \pm 1,5$
Analyse statistique	$F = 128,02$; $p < 0,0001$	$F = 84,54$; $p < 0,0001$

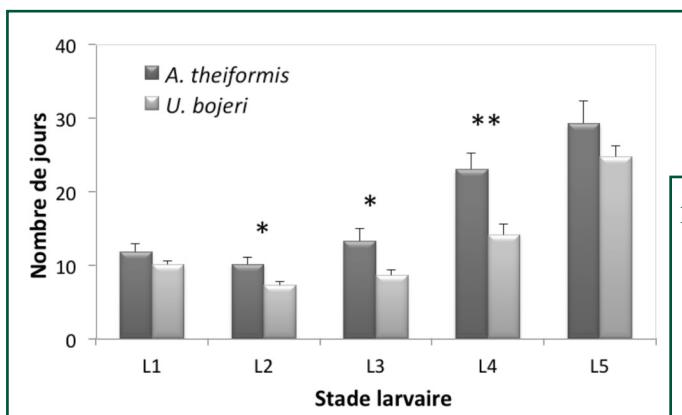


Figure 3.3. Influence de la plante hôte sur la durée moyenne (\pm erreur standard) de chaque stade larvaire de *Borocera cajani*. Les couples de plots marqués d'astérisques présentent une différence statistique avec les degrés suivants : * = $p < 0,01$; ** = $p < 0,001$.

3.3.2. Stade nymphal

L'ensemble des mesures de taille et de poids des cocons et des coques sont présentées dans le **tableau 3.3**. Les chenilles élevées sur *U. bojeri* produisent des cocons statistiquement plus longs, larges et hauts (longueur de $40,89 \pm 0,30$ mm, largeur de $24,62 \pm 0,20$ mm, hauteur de

$21,72 \pm 0,71$ mm) que les larves élevées sur *A. theiformis*. Elles sont de ce fait statistiquement plus lourdes également ($3,23 \pm 0,08$ g). Une différence significative de poids ($F = 128,53$; $p < 0,0001$) a été observée entre les cocons vides des deux types de lots de chenilles. Les chenilles élevées sur *U. bojeri* ont filé des coques plus lourdes ($0,23 \pm 0,05$ g) que celles élevées sur *A. theiformis* ($0,12 \pm 0,07$ g).

Tableau 3.3. Caractéristiques dimensionnelles et poids des cocons de *Borocera cajani* élevés sur les deux types de plantes hôtes.

	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Hauteur (mm)	Poids du cocon (g)	Poids de la coque (g)
<i>Aphloia theiformis</i>	$30,03 \pm 0,78$	$17,94 \pm 0,45$	$15,64 \pm 0,39$	$1,48 \pm 0,14$	$0,12 \pm 0,07$
<i>Uapaca bojeri</i>	$40,89 \pm 0,30$	$24,62 \pm 0,20$	$21,72 \pm 0,71$	$3,23 \pm 0,08$	$0,23 \pm 0,05$
Valeurs de F	212,27	196,98	17,37	98,38	128,53
Valeurs de p	$< 0,0001$	$< 0,0001$	$< 0,0001$	$< 0,0001$	$< 0,0001$

3.3.3. Stade imago

La durée des stades nymphaux n'a pas pu être calculée à cause du trop faible nombre de papillons ayant émergé de leur cocon. Pour cette même raison, nous n'avons pas pu comparer la durée de vie des adultes obtenus.

3.4. DISCUSSION

Nous avons montré dans la présente étude que la plante hôte avait un impact significatif sur le développement de *B. cajani*. Aucune étude n'avait été entreprise à ce sujet auparavant pour cette espèce. Il est cependant commun que, chez les insectes polyphages, certaines plantes soient plus favorables pour la croissance et la performance, en ce inclus la durée des stades larvaires, les taux de croissance, la fécondité ou la durée de vie des adultes (e.g. Barros et al., 1999; Saeed et al., 2010; Zhang et al., 2011).

Dans notre étude, le taux de survie des individus en élevage au laboratoire est très faible quelle que soit la plante nourricière. Les taux de mortalité sont très élevés au premier stade larvaire pour les individus élevés sur *A. theiformis* alors que sur *tapia* la mortalité la plus importante est observée pendant le dernier stade larvaire. Zalucki et al. (2002) soulignent que le taux de mortalité des jeunes chenilles est très élevé chez les Lépidoptères, variant de 25 à 75 %. Les causes principales sont la préation, la quête de nourriture (Paulian, 1953), et la qualité de leur plante hôte. Seul ce dernier aspect est d'application dans notre étude. Les chenilles néonates sont plus fragiles et dépendent plus de la teneur en eau et en azote de leur plantes nourricières que les chenilles plus âgées (Jones et al., 2006).

Nous avons également mis en évidence que les chenilles élevées sur *U. bojeri* ont un développement larvaire plus court par rapport à celles élevées sur *A. theiformis*. Les variations de durée de développement se manifestent aussi en fonction des différents stades larvaires sur les deux plantes. D'une manière générale, la différence de durée de développement qui s'observe entre les individus issus d'une même ponte mais élevés sur les deux plantes hôtes est de plus en plus marquée au fur et à mesure de la croissance larvaire. La différence est significative pour les

stades L2, L3 et L4. Ce dernier stade présente une très haute différence significative sur le développement larvaire du *B. cajani* au niveau des deux plantes. Ce résultat est similaire à celui décrit par Scriber et Fenny (1979), qui ont travaillé sur quatre familles de Lépidoptères (Papilionidae, Saturniidae, Bombycidae, Noctuidae). Ils ont mis en évidence que le taux de croissance et l'accumulation relative de l'azote, déterminés à partir du poids des chenilles, sont plus importants chez les chenilles d'avant-dernier stade larvaire par rapport au dernier stade larvaire. Les chenilles à leur avant-dernier stade accumulent également de manière plus efficace de la biomasse et de l'azote. Leur développement maximum se produit en ce moment. Les chenilles élevées sur *A. theiformis* doivent probablement atteindre une masse critique pour l'entrée en stade L5. Donc, dans le cas de *B. cajani*, la prolongation de la durée du développement larvaire se manifeste au dernier stade comme dans d'autres Lépidoptères (e.g. Pouvreau, 1988; Jones et al., 2006).

Le nombre de mues larvaires de *B. cajani* reste toujours de quatre malgré le lent développement observé pour les chenilles élevées sur *A. theiformis*. Ce nombre ne dépend pas du sexe, comme observé chez d'autres Lépidoptères comme chez des Pyralidae (Pouvreau, 1988) et chez *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758) (Kato et al., 1968; cité par Pouvreau, 1988), ni de la plante hôte. Cette observation est similaire à celle rapportée par Razafimanantsoa et al. (2012), chapitre 1. Ainsi, le nombre des stades larvaires chez *B. cajani* est toujours de 5. Le taux de croissance de *B. cajani* sur *U. bojeri* se trouve dans la même gamme de valeur que ceux trouvés par Scriber et Fenny (1979) pour des Bombycoïdes, à savoir de 0,1 à 0,4 %. Les valeurs obtenues sur *A. theiformis* sont relativement plus basses.

Nous avons également démontré que la plante hôte avait un impact sur la taille et le poids des cocons produits, ce qui est de grande importance dans un contexte de sériciculture. Les individus élevés sur *tapia* donnent des cocons plus grands et plus lourds. L'étude de Dash et al. (1992) sur *Antheraea mylitta* (Saturniidae), une autre espèce productrice de soie, a montré que le poids des coques produites par cette espèce variait suivant les plantes hôtes d'élevage.

Lors de nos élevages de *B. cajani* individualisés sur l'une des deux plantes hôtes testées, nous n'avons obtenus que de faibles émergences et les valeurs de sex ratio et de survie n'ont pu être obtenues. Cependant, nous avons mené en parallèle aux expérimentations présentées dans cet article, des élevages de masse où des individus étaient conservés en groupes sur l'une des deux plantes hôtes. Lorsque élevés en groupe, le sex ratio des *B. cajani* élevés sur *A. theiformis* est de 6 mâles pour 1 femelle. Par contre, lorsque élevés sur *tapia*, le nombre de mâles et de femelles est approximativement identique. Des expérimentations ultérieures sont nécessaires pour conclure à un impact de la plante hôte sur le sex ratio. Dans ces mêmes élevages de masse, la fécondité des femelles élevées sur *U. bojeri* ainsi que les dimensions des œufs produits sont meilleures par rapport aux individus élevés sur *A. theiformis*. Selon Awmack et Leather (2002), la fécondité des insectes est déterminée par la qualité de la plante hôte consommée durant la phase larvaire. Les composantes de cette dernière influent directement sur le nombre d'œufs des insectes herbivores et affectent également leur taille. Par conséquent, il semblerait à nouveau que l'apport nutritionnel de *A. theiformis* en terme de plante hôte soit inférieure à celui de *U. bojeri*. Ainsi une étude sur les constituants nutritifs apportés par ces deux plantes hôtes permettrait d'approfondir cet aspect. Plusieurs facteurs peuvent affecter la qualité de l'hôte, y compris la teneur en nutriments. Les causes exactes des différences constatées entre les deux plantes hôtes des chenilles de *B. cajani* (sur le taux de survie et de mortalité, le développement et le taux de croissance larvaires, le poids et les dimensions des cocons, la fécondité des adultes et les dimensions des œufs) restent encore inconnues et nécessitent des études biochimiques afin de les éclaircir. En addition, beaucoup de

recherches ont montré que les teneurs en constituants chimiques (eau, azote, sucre) des plantes hôtes des Lépidoptères polyphages jouent un rôle important sur le développement de ceux-ci (e.g. Scriber, 1977; Scriber et al., 1981; Woods, 1999). Selon les résultats présentés ci-dessus, *U. bojeri* est la plante hôte qui devrait être privilégiée lors d'élevages de *B. cajani*.

Remerciements

Cette recherche a été financée par la CUD (Commission universitaire pour le Développement du Conseil interuniversitaire de la Communauté Française de Belgique). Nous remercions également Zo qui nous a aidés pour les élevages.

3.5. BIBLIOGRAPHIE

- Awmack C.S. & Leather S.R., 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Ann. Rev. Entomol.*, **47**, 817-844.
- Barros H.C.H. & Zucoloto F.S., 1999. Performance and host preference of *Ascia monuste* (Lepidoptera, Pieridae). *J. Insect Physiol.*, **45**, 7-14.
- Cabannis Y., Chabouis L. & Chabouis F., 1969. *Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Mascareignes*. Tome I. Tananarive : Bureau pour le Développement de la Production Agricole.
- CIRAD, 2008. *Aphloia theiformis (DC.) Benn.* http://arbres-reunion.cirad.fr/especes/aphloia/aphloia_theiformis_dc_benn (01.10.2012).
- CITE/BOSS Corporation, 2009. *Étude nationale de la filière soie Analamanga, Ambalavao, Amoron'i Mania, Vakinakaratra, Itasy*. Rapport final. Antananarivo : CITE.
- Dash A.K., Nayak B.K. & Dash M.C., 1992. The effect of different foodplants on cocoon crop performance in the Indian tasar silkworm *Antherea mylitta* Drury (Lepidoptera: Saturniidae). *J. Res. Lepidoptera*, **31**(1-2), 127-131.
- Decary R., 1937. L'entomophagie chez les indigènes de Madagascar. *Bull. Soc. Entomol. Fr.*, **42**, 168-171.
- De Lajonquière Y., 1972. *Insectes Lépidoptères Lasiocampidae*. Faune de Madagascar n° 34. Tananarive/Paris : ORSTOM/CNRS.
- Gade D.W., 1985. Savanna woodland, fire, protein and silk in highland Madagascar. *J. Ethnobiol.*, **5**(2), 109-122.
- Grangeon M., 1906. Étude sur le «*Landibe*». *Bull. Écon. Madagascar*, **2**, 121-127.
- Guigou J., 1989. Le *Landybe* ou *Borocera madagascariensis*. In : FAO/PNUD. *Madagascar 1989 : la soie naturelle – le Landybe et le Bombyx mori : étude technico-économique*. Tome 1. Rome : FAO/ PNUD.
- Jones B.C. & Desplands E., 2006. Effects of synchronization with host plant phenology Occur early in the larval development of a spring folivore. *Can. J. Zool.*, **84** (4), 628-633.
- Kull C.A., Ratsirarson J. & Randriamboavonjy G., 2005. Les forêts de *Tapia* des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, **24**, 22-58.
- Malaisse F., 2005. Human consumption of Lepidoptera, Termites, Orthoptera and Ants in Africa. In: Paoletti M.G. (ed.). *Ecological implications of Minilivestock. Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*. Enfield, USA: Science Publ., 175-230.
- Mittermeier R.A. et al., 2004. Madagascar and the Indian Ocean Islands. In: Mittermeier R.A. et al. (eds). *Hotspots revisited: earth's biologically richest and most threatened terrestrial ecoregions*. Chicago, USA: University of Chicago Press. 138-144.
- Myers N., 1988. Threatened biotas: “Hot Spots” in tropical forests. *Environmentalist*, **8**(3), 187-208.

- Paulian R., 1953. Observation sur les *Boroceras* de Madagascar, papillons séricigènes. *Nat. Malgache*, **5**(1), 69-86.
- Peigler R.S., 1993. Wild silks of the world. *Am. Entomol.*, **39**(3), 151-161.
- Pouvreau A., 1988. Contribution à l'étude du cycle évolutif pré-imaginal d'*Aphomia sociella* L. (Lepidoptera, Pyralidae, Galleriinae), ravageur des nids de bourdons. *Entomophaga*, **123**(4), 467-480.
- Radford P.J., 1967. Growth analysis formulae – their use and abuse. *Crop Sci.*, **7**, 171-175.
- Rakotondrasoa O.L., 2012. Écologie spatiale et dynamique de la forêt de «*Tapia*» (*Uapaca bojeri*), habitat du ver à soie *Borocera cajani*, dans la zone d'Arivonimamo II (Madagascar). Thèse de doctorat. Université d'Antananarivo, ESSA, 148 p.
- Rakotondrasoa O.L. et al., 2012. La forêt de *Tapia*, écosystème endémique de Madagascar : écologie, fonctions, causes de dégradation et de transformation (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(4), 541-552.
- Rakotoniaina N.S., 2010. *Vers une démarche de gestion durable des ressources de la forêt sclérophylle de moyenne altitude d'Arivonimamo II (Madagascar)*. Thèse de doctorat. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Razafimanantsoa T.M. et al., 2012. Silk moths in Madagascar: A review of the biology, uses, and challenges related to *Borocera cajani* (Vinson, 1863) (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(2), 269-276.
- Razafimanantsoa T.M. et al., 2013. Silk moth inventory in their natural *Tapia* forest habitat (Madagascar): diversity, population dynamic and host plants. *Afr. Entomol.*, **21**(1), 137-150.
- Saeed R., Sayyed A.H., Shad S.A. & Zaka S.M., 2010. Effect of different host plants on the fitness of diamond-back moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Prot.*, **29**, 178-182.
- Scriber J.M., 1977. Limiting effects of low leaf-water content on the nitrogen utilization, energy budget, and larval growth of *Hyalophora cecropia* (Lepidoptera: Saturniidae). *Oecologia*, **28**, 269-287.
- Scriber J.M & Feeny P., 1979. Growth of herbivorous caterpillars in relation to feeding specialization and to growth form of their food plants. *Ecology*, **60**, 829-850.
- Scriber J.M. & Slansky F.Jr., 1981. The nutritional ecology of immature insects. *Ann. Rev. Entomol.*, **26**, 183-211.
- Woods H.A., 1999. Patterns and mechanisms of growth of fifth-instar *Manduca sexta* caterpillars following exposure to low or high-protein food during early instars. *Physiol. Biochem. Zool.*, **72**(4), 445-454.
- Zalucki M.P., Clarke A.R. & Malcolm S.B., 2002. Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera. *Ann. Rev. Entomol.*, **47**, 361-393.
- Zhang B., Liu H., H.-Sanders H. & Wang J.J., 2011. Effect of host plants on development, fecundity and enzyme activity of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Agric. Sci. China*, **10**(8), 1232-1240.

4 — Influence de la plante nourricière sur différents paramètres du développement larvaire du ver à soie, *Borocera cajani* : un cas d'étude sur plants de *tapia* et de *voafotsy*

Leslie WILMET, Éric HAUBRUGE, François J. VERHEGGEN

De nombreuses espèces végétales et animales sont endémiques de Madagascar. Parmi elles, se trouve le ver à soie sauvage *Borocera cajani* appartenant à la famille des Lasiocampidae et communément appelé par les Malgaches *landibe*. Il s'agit d'un insecte holométabole, endoptérygote, polyphage et dont la croissance larvaire se fait par l'intermédiaire de cinq mues successives suivies d'une métamorphose complète au stade nymphal avant d'aboutir au stade adulte, le papillon nocturne. L'habitat principal du *landibe* sont des forêts principalement composées d'une espèce végétale endémique à Madagascar : le *tapia* (*Uapaca bojeri*, Euphorbiaceae). Cet écosystème forestier a pendant longtemps été perturbé et menacé. Aujourd'hui, dans la région d'Arivonimamo, des procédures pour assurer sa protection sont mises en place et les Associations Communautaires de Base (COBA) se chargent de les faire respecter. Ce document se focalise sur l'étude du cycle larvaire de *B. cajani* et de l'influence de deux plantes nourricières, le *tapia* et le *voafotsy* (*Aphloia theiformis*), sur son développement. Des essais comportementaux visant à démontrer les préférences alimentaires ont également été réalisés. Les résultats obtenus nous ont permis de mettre en évidence l'influence de la plante nourricière sur certains paramètres du cycle de développement du *landibe*. La comparaison d'élevages en conditions naturelles et en laboratoire a montré une influence du milieu sur la taille des individus. Enfin, nous avons montré que les larves élevées sur *voafotsy* montrent une préférence pour cette plante hôte, lorsque mises en présence de *voafotsy* et de *tapia*. Les publications et les connaissances scientifiques actuelles sur *Borocera cajani* sont encore trop superficielles. La présente recherche apporte donc des informations supplémentaires et essentielles sur la connaissance de la chenille du *landibe*, qui, pour ne pas être vouée à disparaître dans la zone d'Arivonimamo, devrait bénéficier d'un statut légal de protection.

Influence of host plant species on *Borocera cajani* larval development: a case study using *tapia* (*Uapaca bojeri*) and *voafotsy* (*Aphloia theaeformis*)

Many plant and animal species are endemic in Madagascar. Among them, the silk moth *Borocera cajani*, commonly named *landibe*, which belongs to the Lasiocampidae family. It is a polyphagous insect, with five larval stages followed by a complete metamorphosis in the pupal stage to turn into an adult; a nocturnal butterfly. *Landibe*'s principal habitat is composed of an endemic plant species in Madagascar: *tapia* (*Uapaca bojeri*, Euphorbiaceae). For a long time, this ecosystem was disturbed and seriously threatened. Today, in the area of Arivonimamo, procedures to ensure its protection exist and the "Associations Communautaires de Base" (COBA) are in charge of their respect. Activities related to silk industry can consist in important incomes for many families in the area of Antananarivo, increasing their standard of living. This research aims at increasing our general knowledge on *Borocera cajani* and more especially on its larvae cycle. We studied the influence of two feeding plants, *tapia*

and *voafotsy* (*Aphloia theiformis*), on several parameters of the larvae development cycle, and we compared wild and laboratory breeding. Preference tests have also been carried out in the laboratory. Results showed that feeding plants influence some of the parameters of the *landibe*'s development cycle. Wild and laboratory breeding comparison revealed an influence on animal size. Preference tests showed that larvae, which grow up on *voafotsy*, developed a preference for this feeding plant. Current publications and scientific knowledge on *Borocera cajani* are still too limited. This study brings complementary and essential information on *landibe*, which should receive legal protection status in order to avoid its extinction.

4.1. INTRODUCTION

Depuis des millions d'années, les différentes espèces de Madagascar ont évolué sans aucune influence extérieure. Suite à cette situation particulière, la cinquième plus grande île du monde se caractérise par un niveau d'endémisme extraordinaire et représente l'un des plus importants *Hot Spots* de biodiversité (Myers et al., 2000; Blanc-Pamard et al., 2003; Mittermeier et al., 2008). Cependant, les écosystèmes d'une richesse exceptionnelle de Madagascar sont menacés principalement par la déforestation et par d'importants phénomènes d'érosion (Blanc-Pamard et al., 2003). Parmi ces écosystèmes, dans les massifs des Hautes Terres malgaches, une formation végétale sclérophylle et endémique se présentant sous forme de forêt claire ou de savane boisée et dont l'espèce principale est le *tapia* (*Uapaca bojeri*, Euphorbiaceae), attire particulièrement l'attention. Cette forêt couvre une surface estimée à 2 600 km² et se répartit de l'Imamo au Nord, jusqu'à l'Isalo au Sud, en passant par le Col des Tapia et la région d'Itremo (Kull et al., 2005) (Figure 8.1, page 104). La forêt de *tapia* joue un rôle important dans la vie des communautés rurales qui en exploitent les produits ligneux et non ligneux. Le ver à soie sauvage et endémique de Madagascar, *Borocera cajani*, communément appelé *landibe* constitue l'une de ces ressources (Randrianarisoa et al., 2008). Depuis des temps ancestraux, et aujourd'hui encore, cette espèce séricigène est prisée par les villageois qui consomment sa chrysalide et tissent de somptueux linceuls à partir de la soie sauvage du *landibe* (Grangeon, 1906). Parmi les Lasiocampidae de Madagascar, le genre *Borocera* est celui dont la description est la plus ancienne. Ce genre ne représente en réalité qu'une petite partie des nombreuses espèces à caractères généraux très proches, avec un dimorphisme sexuel marqué chez les adultes (De Lajonquière, 1972). *B. cajani* est un insecte holométabole, endoptérygote dont la croissance larvaire se fait par l'intermédiaire de cinq mues successives suivies d'une métamorphose complète au stade nymphal avant d'aboutir au stade adulte ou imago : le papillon nocturne (Paulian, 1950) (voir Figure 4.1). Dans la région d'Imerina, le *landibe* est bivoltin ce qui signifie qu'il fait deux cycles complets par an. L'un s'effectue durant la saison chaude et couvre la période de décembre à mars, tandis que l'autre, d'une durée plus longue, s'étend de mars à décembre (Fauchère, 1910; Diez, 2008; Razafimanantsoa, 2008). Le papillon ne se nourrit pas durant sa courte vie d'adulte, mais la larve de *landibe* quant à elle, est réputée pour ses mœurs très polyphages. Elle possède tout de même ses préférences et l'on citera le *tapia* comme sa nourriture de prédilection. Des espèces telles que l'ambrevade, le *voafotsy* (*Aphloia theiformis*) ou encore le goyavier sont également très prisées (Kull et al., 2005).

Des recherches ont permis d'augmenter les connaissances actuelles sur *Borocera cajani* mais il existe encore relativement peu de données précises sur sa biologie et son écologie

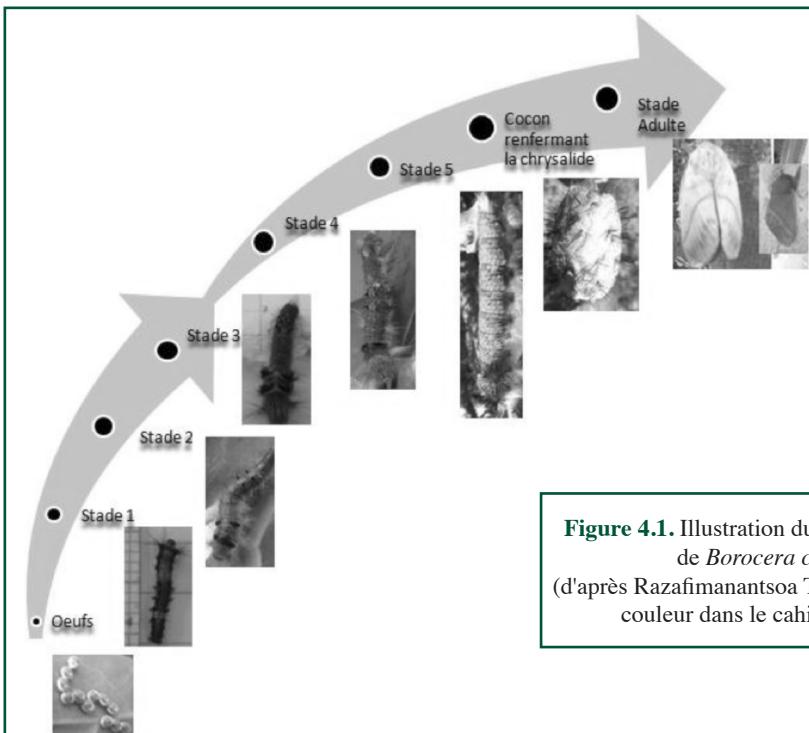


Figure 4.1. Illustration du cycle biologique de *Borocera cajani*.
(d'après Razafimanantsoa T., 2008 ; reprise en couleur dans le cahier couleur).

(Razafimanantsoa, 2008). De plus, de fortes pressions anthropiques pèsent sur son habitat principal ; les forêts de *tapia*. Ces menaces se traduisent principalement par une récolte excessive de bois de chauffe, un nombre croissant de feux de brousse et une collecte abusive des cocons de vers à soie sauvages (Randrianarisoa et al., 2008). Suite à cela, ainsi qu'au Plan d'Action Environnemental (PAE) de Madagascar dont l'un des axes se focalise sur le ralentissement de la dégradation des ressources naturelles, une loi cadre 96/025 traitant de la Gestion Locale Sécurisée (GELOSE) a été adoptée en 1996 (Langlois, 2001 ; Blanc-Pamard et al., 2003 ; Sarrasin, 2009). Cette loi implique un transfert de gestion des ressources naturelles aux Associations Communautaires de Base (COBA) et donne la possibilité à ces acteurs directs de gérer durablement les ressources qui les entourent (CITE/BOSS Corporation, 2009). Actuellement, des réunions et des débats sont organisés afin de gérer les forêts de *tapia* de façon participative et pour aboutir à une prise de décisions. Dans cette optique, la tentative de gestion s'applique donc à l'entièreté d'un écosystème (Diez, 2008).

Ainsi, la présente étude vise à augmenter nos connaissances sur *B. cajani* et, plus particulièrement, à apporter des informations nouvelles sur la durée de son cycle biologique ainsi que sur les diverses caractéristiques de ses cinq stades larvaires. Une éventuelle influence de la plante nourricière sur le développement larvaire de ce Lasiocampidae est recherchée par la réalisation d'élevages en laboratoire et en conditions naturelles. Des tests de préférence sont également conduits afin de déterminer si les larves de *B. cajani* font preuve d'une « mémoire nutritive ». Ces tests permettent de savoir si une larve élevée sur un certain type de plante a une tendance naturelle à toujours être attirée par cette dernière, ou si, au contraire, un changement comportemental apparaît naturellement.

4.2. MÉTHODE

4.2.1. Site d'étude

L'élevage en laboratoire et les tests de préférence de plante hôte ont été réalisés au sein de l'École Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Eaux & Forêts, de l'Université d'Antananarivo. L'élevage en nature quant à lui a été réalisé dans la province d'Antananarivo II, située dans la partie centrale de Madagascar. La zone investiguée se localise plus précisément dans les formations de *tapia* à proximité du village d'Amby situé dans la commune d'Arivonimamo II, à une quarantaine de kilomètres à l'ouest d'Antananarivo. Il est localisé par le cercle sur la carte de la **figure 4.2** (voir cahier couleur).

4.2.2. Élevage en laboratoire

- **Matériel**

Matériel technique

Le principe de la méthode d'élevage est similaire à de nombreux procédés d'élevage utilisés en laboratoire (Loreau, 1984).

Les cages d'élevage ont été réalisées de la manière suivante. Chaque individu a été posé sur un rameau d'un échantillon végétal, lui-même placé dans un gobelet rempli d'eau et recouvert d'un film cellophane pour éviter la chute de la chenille et de ses excréments dans l'eau. Le tout a alors été placé dans une boîte en plastique d'un volume de 2 l, recouverte d'un voile maintenu à l'aide d'un élastique (**Figure 4.3**). Chaque microcosme a été placé sur une étagère exposée aux néons lumineux reproduisant une photopériode et une température les plus proches possible des conditions naturelles. Pour cela, une minuterie a été utilisée permettant un allumage des néons durant 8 heures par jour (de 8 h à 16 h). La température ainsi que l'hygrométrie ont régulièrement été contrôlées à l'aide d'un thermo-hygromètre.



Figure 4.3. Dispositif d'élevage de *Borocera cajani*.
© Wilmet L., 2010.

Matériel biologique

Les individus utilisés pour effectuer cet élevage provenaient tous du village d'Amby dans la région d'Arivonimamo II. Les premiers œufs ont été obtenus grâce à l'isolation de deux cocons femelles et de la facilitation de la fécondation après l'émergence du papillon. Les œufs issus de la ponte (datant du 27 février 2010), ont été transportés au laboratoire d'Antananarivo pour y attendre l'éclosion. Deux opérations similaires ont ensuite été effectuées au cours de la semaine du 22 mars 2010 et du 5 avril 2010. Finalement, des larves de premier stade ont été récoltées sur *tapia* (*Uapaca bojeri*) et sur *voafotsy* (*Aphloia theiformis*) le 16 avril, puis ramenées au laboratoire.

Matériel végétal

Les rameaux de *tapia* et de *voafotsy* utilisés pour la nutrition des larves provenaient également de la région d'Amby. Chaque semaine, lors de la descente sur le terrain, une quantité suffisante de rameaux frais a été récoltée. Ils ont ensuite été protégés de la lumière dans un sac en plastique refermé sur la base des tiges, elles-mêmes plongées dans un seau d'eau. Cette technique a permis de conserver un certain niveau de fraîcheur aux échantillons végétaux.

• Méthode

En ce qui concerne le suivi périodique de *B. cajani*, les expériences ont été effectuées trois fois par semaines, à savoir les mardis, vendredis et dimanches. Chaque manipulation consistait à :

- peser et mesurer la larve ;
- compter et peser ses excréments ;
- décalquer la surface de feuille mangée ;
- placer dans le microcosme un nouveau rameau dont le nombre et la taille des feuilles auront été préalablement notés.

L'ensemble de ces mesures a été effectué sur chaque larve individuellement et toutes les remarques ou observations ont également été notées. Ainsi, les dates des mues de chaque individu ont été recensées.

• Analyse des données

L'analyse de la variance à deux facteurs de classification (AV2) permet de comparer les moyennes de la taille, de la consommation et de la durée des stades larvaires en fonction des stades et de la plante nourricière : le *tapia* ou le *voafotsy*. Le modèle utilisé est croisé, fixe, et les facteurs « stade » et « plantes » sont tous deux qualitatifs. Ces AV2 se basent sur l'hypothèse nulle, qui suppose une absence de variation, tant en fonction de la plante nourricière que du stade, entre les deux catégories de larves. Le rejet de cette hypothèse traduira donc une influence des paramètres étudiés.

Chacun des tests est réalisé à l'aide du logiciel Minitab15 selon la même procédure préliminaire que pour les AV3.

4.2.3. Élevage en nature

L'élevage en nature a été réalisé afin d'avoir également un suivi du cycle larvaire du *landibe* dans son milieu naturel. Cette expérience apporte des données qui pourront être comparées avec celles du laboratoire et serviront ainsi de test de référence.

• Matériel

Chaque chenille a été isolée sur un rameau de *tapia* à l'aide d'un manchon de voile maintenu par une armature métallique comme l'illustre la **figure 4.4**. Le matériel nécessaire pour parvenir à ce résultat se composait de fil de fer, de voile et de matériel biologique.

Les chenilles placées dans chaque manchon provenaient toutes du village d'Amby. Lors de cette période, seuls quelques individus que l'on peut qualifier de retardataires sont encore au stade 1 et ces derniers sont donc relativement rares. Pour cette raison, la manipulation a débuté avec deux larves de stade 3 et huit larves de stade 2.



Figure 4.4. Manchon d'élevage en nature.
© Wilmet L., 2010.

• Mesures

Les mesures ont été effectuées à raison d'une fois par semaine durant six semaines. La taille des individus, la présence d'une mue ainsi que la quantité de feuilles consommées ont été soigneusement notées. Après chaque mesure, les manchons sont replacés sur un nouveau rameau dont les feuilles un peu abîmées ou partiellement mangées ont été enlevées.

• Analyse des données

Des tests *t* ou tests de Student ont été réalisés afin de comparer les tailles des larves d'élevage, et de celles élevées dans les manchons placés dans le milieu naturel. Les données des tests en nature ont été récoltées une fois par semaine, tandis que trois jours par semaine ont été accordés au laboratoire. Cette différence de méthode peut induire de fortes variations au niveau des données et engendrer une inégalité des variances. Pour cette raison, le test de Student est adopté afin de respecter cette éventuelle inégalité des variances.

Ces tests sont également réalisés à l'aide du logiciel Minitab selon la procédure habituelle de vérification des conditions d'application. Si l'égalité des variances s'avère tout de même respectée, le test reste d'application et n'en est que plus puissant. Lors de sa réalisation, l'option «*assume equal variances*» doit être cochée.

4.2.4. Test de préférence

- *Matériel*

Le matériel se composait de boîtes en plastique similaires à celles utilisées pour l'élevage ainsi que des feuilles fraîches de *tapia* et de *voafotsy*.

- *Méthode*

Les tests de préférence ont été effectués sur les quatre stades larvaires et sur des larves élevées sur *tapia* et d'autres qui proviennent du *voafotsy*. L'expérience a été répétée à plusieurs reprises afin d'obtenir un nombre satisfaisant de répétitions. Elle consistait à placer une larve de stade connu au centre d'une boîte. Dans celle-ci, une feuille de *tapia* a été placée du côté gauche et trois ou quatre feuilles de *voafotsy* du côté droit, car ces dernières sont sensiblement plus petites. Durant une heure, toutes les quinze minutes, la position de chacune des larves a été notée.

- *Analyse des données*

Le test χ^2 de Pearson, permet de comparer les faits observés avec ceux prévus pour deux échantillons, ou plus (Dagnelie, 1973).

On considère deux populations de chenilles de *B. cajani* au cinquième stade : la première est élevée sur *tapia*, et la seconde sur *voafotsy*. Le comportement de chacune de ces populations est observé toutes les 15 minutes durant une heure. Le test χ^2 permet de déterminer si la plante nourricière influence le choix des larves. L'hypothèse nulle, traduit un choix de la larve indépendant de la plante nourricière, tandis que le rejet de cette hypothèse montre une préférence pour l'une des deux plantes. Pour $T=15$ min, la probabilité que la larve aille sur le *tapia* ou sur le *voafotsy* est considérée égale. Pour les trois temps suivants, on considère la probabilité que la larve reste sur son premier choix ou se déplace, identique. La valeur de χ^2 est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

avec : O = valeur observée, E = valeur attendue et n = nombre d'observation.

4.3. RÉSULTATS, INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

4.3.1. Élevage en laboratoire

Les élevages en laboratoire ont permis de mettre différents facteurs en évidence, et de répondre à certaines questions. Il est important pour l'analyse des résultats dans la section qui va suivre, de garder à l'esprit que les stades 1 et 5 sont incomplets, et que leur interprétation doit donc être nuancée.

- *Analyse du taux de mortalité*

Le **tableau 4.1** renseigne un taux de mortalité de 31 % pour la totalité des chenilles mises en élevage. On remarque également une différence en fonction de la plante nourricière, et on notera finalement que les larves de stade 1 sont les plus touchées (**Tableau 4.2**).

Tableau 4.1. Pourcentage du taux de mortalité des chenilles élevées en laboratoire, par plante hôte.

Origine des larves	Taux de mortalité (%)
<i>Tapia</i>	43 (n = 23)
<i>Voafotsy</i>	13 (n = 15)
Total	31 (n = 38)

Tableau 4.2. Taux de mortalité des chenilles élevées en laboratoire, pour chaque stade.

Stade	Taux de mortalités (%)
Stade 1	26 (n = 38)
Stade 2	5 (n = 38)
Stade 3	0
Stade 4	0
Stade 5	0

Ces observations aboutissent à la constatation d'un taux de mortalité élevé, principalement sur les jeunes larves. Cette fragilité des deux premiers stades larvaires et plus particulièrement du premier, avait été mise en évidence par Paulian (1953).

Les individus étudiés proviennent tous du même site et la probabilité du taux de mortalité est *a priori* la même, quel que soit le type d'élevage. Il faut signaler que les rameaux de *tapia*, une fois placés dans le microcosme, se conservaient moins bien que ceux du *voafotsy*. Cela justifierait un taux plus élevé de mortalité sur *tapia*, et la valeur totale de 43 % devrait donc peut-être, être revue à la baisse. Cette mortalité importante chez les jeunes chenilles est certainement due à l'absence de toute orientation olfactive ou visuelle à ce stade (Paulian, 1953), entraînant donc un jeûne forcé si l'insecte tombe au fond du microcosme et n'arrive plus à trouver la nourriture mise à sa disposition.

• *Influence de la plante nourricière sur la durée des stades larvaires*

L'analyse de la variance à deux facteurs de classifications a permis de conclure que la durée du développement larvaire n'est pas influencée par la plante hôte. En effet, le test statistique nous montre que l'interaction «stade *plante» (GLM : $F_{4,75} = 2,07$; $p = 0,093$), et le facteur «plante» (GLM : $F_{1,75} = 0,36$; $p = 0,548$) ne sont pas significatifs. Cependant, la durée de chacun des stades larvaires n'est pas égale (GLM : $F_{4,75} = 65,43$; $p < 0,001$). Une structuration des moyennes selon Newman et Keuls a été effectuée pour les différents stades larvaires : pour les deux plantes nourricières, la consommation moyenne est différente pour chaque stade (**Figure 4.5**).

On remarque en comparant les moyennes pour chacun des stades larvaires que la différence de durée de chaque stade larvaire est de l'ordre de deux jours. Cependant, aucune différence n'apparaît au stade 1 et 2 et la tendance s'inverse entre les stades 3 et 4. Pour les individus élevés sur *voafotsy*, le temps plus court du dernier stade s'explique par le fait qu'ils ont tous généralement atteint le stade 5 plus tardivement et que l'expérience n'a pas été jusqu'au stade chrysalide.

Une comparaison entre les stades, et non plus entre les plantes, indique une variation de leur durée. Les stades 4 et 5 sont les plus longs de la phase larvaire. Cette constatation correspond aux valeurs renseignées sur la **figure 4.5**.

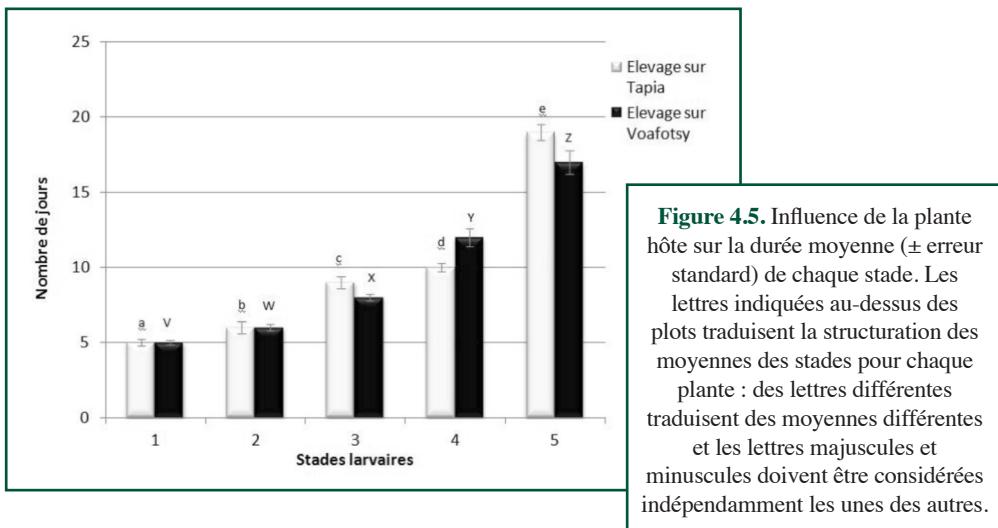


Figure 4.5. Influence de la plante hôte sur la durée moyenne (\pm erreur standard) de chaque stade. Les lettres indiquées au-dessus des plots traduisent la structuration des moyennes des stades pour chaque plante : des lettres différentes traduisent des moyennes différentes et les lettres majuscules et minuscules doivent être considérées indépendamment les unes des autres.

La durée du stade 5 semble anormalement longue. En effet, en saison hivernale, celui-ci dure environ 16 jours (Razafimanantsoa, 2008) et nous observons ici une durée moyenne de 18 jours sur *tapia* et de 17 jours sur *voafotsy*, sans parvenir au stade chrysalide. Ce phénomène est certainement lié aux conditions de captivité des larves : la même constatation a été effectuée par Razafimanantsoa (2008) lors de l’élaboration d’un élevage en cages et en maisons d’élevage.

Nos résultats nous indiquent une absence d’influence de la plante hôte sur la durée de chaque stade larvaire ainsi qu’une durée inégale des différents stades. Les conditions de captivité en laboratoire ne sont pas favorables à un bon développement du cycle du *landibe*, et ce facteur influence directement la durée des stades larvaires.

- *Variation de la consommation des larves en fonction de la plante nourricière*

L’analyse de la variance à deux facteurs de classifications (AV2) a montré une interaction significative entre les facteurs « stade » et « plante » (GLM : $F_{4,74} = 4,77$; $p = 0,002$). Cette AV2 a donc été décomposée en cinq AV1 (une par stade) dont le facteur est la plante nourricière. Les tests statistiques nous renseignent alors un effet de la plante nourricière uniquement sur la consommation moyenne des larves de stade 2 (ANOVA : $F_{1,15} = 6,02$; $p = 0,027$) et de stade 4 (ANOVA : $F_{1,15} = 13,76$; $p = 0,002$). Les individus des stades 1, 3 et 5, ne présentent pas cette différence (ANOVA respectives : $F_{1,15} = 0,54$ et $p = 0,473$; $F_{1,15} = 0,18$ et $p = 0,678$; $F_{1,15} = 1,07$ et $p = 0,317$). Une structuration des moyennes selon Newman et Keuls a été effectuée pour le facteur stade ; pour les deux plantes nourricières, la consommation moyenne des larves est différente pour chaque stade.

Par la seule observation de la **figure 4.6**, on remarque qu’après le stade 3, la tendance est toujours la même : les larves vivants sur *voafotsy* consomment plus que celles sur *tapia*. Les résultats statistiques permettent de conclure à une absence de réelle variation de la consommation en fonction de la plante nourricière. En effet, une différence apparaît uniquement pour deux stades, et dans des proportions inversées.

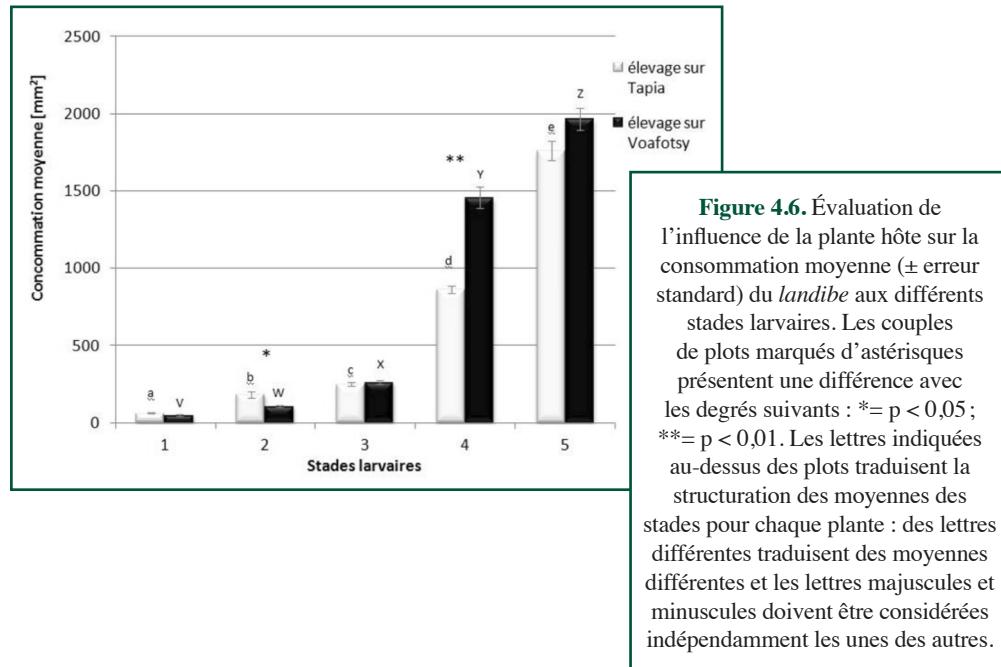


Figure 4.6. Évaluation de l'influence de la plante hôte sur la consommation moyenne (\pm erreur standard) du *landibe* aux différents stades larvaires. Les couples de plots marqués d'astérisques présentent une différence avec les degrés suivants : * $= p < 0,05$; ** $= p < 0,01$. Les lettres indiquées au-dessus des plots traduisent la structuration des moyennes des stades pour chaque plante : des lettres différentes traduisent des moyennes différentes et les lettres majuscules et minuscules doivent être considérées indépendamment les unes des autres.

Au stade 5, les moyennes de consommation sont respectivement de 1 760 mm² et 1 968 mm² pour le *tapia* et le *voafotsy* : une faible différence existe donc entre les deux types d'élevage. Il est envisageable que si l'expérience avait été menée jusqu'au stade chrysalide, et donc, avec une durée de stade 5 identique pour les deux types d'élevage, cette faible variation de surface consommée aurait pu être significative. Une fois de plus, pour analyser ces résultats de façon objective et pour éviter toute conclusion hâtive, nous rappelons qu'une fois placées dans le microcosme, les feuilles de *tapia* se conservaient moins bien. Ce facteur peut influencer la fiabilité des résultats obtenus.

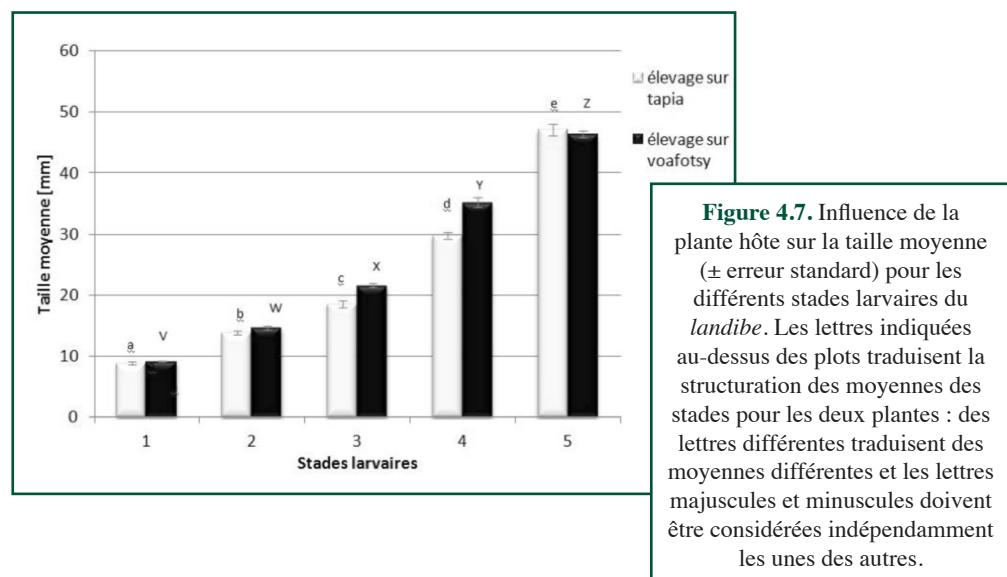
L'analyse directe des résultats semble démontrer que les larves élevées sur *voafotsy* consomment plus que celles élevées sur *tapia*. L'analyse statistique oblige à nuancer cette conclusion, car une différence de consommation moyenne n'apparaît que pour deux stades. De plus, la tendance de cette consommation est inversée pour ces deux stades.

• Influence de la plante nourricière sur la taille des larves

L'analyse de la variance à deux facteurs de classifications (AV2) montre une absence d'interaction entre les facteurs «stade» et «plante» (GLM : $F_{4,75} = 1,79$; $p = 0,14$). Cependant, les résultats montrent que la taille des individus augmente avec le stade (GLM : $F_{4,75} = 514,53$; $p < 0,001$), mais également, ils montrent l'influence de la plante hôte sur la taille moyenne des individus (GLM : $F_{1,75} = 10,1$; $p = 0,002$). La comparaison des moyennes pour le facteur «plante» dévoile une taille plus élevée pour les larves ayant grandi sur *voafotsy* ($\mu_{\text{tapia}} = 23,66 \pm 3,41$ mm ; $\mu_{\text{voafotsy}} = 25,42 \pm 3,40$ mm). Afin de déterminer où se situent les différences au sein des stades larvaires, les statistiques descriptives sont utilisées. La comparaison des moyennes deux à deux pour chaque stade, montre que les larves de stades 3

et 4, élevées sur *voafotsy* sont plus grandes. Mais cette différence n'apparaît pas dans les autres stades larvaires (stade 1 : $\mu_1 = 8,84 \pm 0,23$ et $\mu_2 = 9,2 \pm 0,088$; stade 2 : $\mu_1 = 13,91 \pm 0,33$ et $\mu_2 = 14,70 \pm 0,27$; stade 3 : $\mu_1 = 18,61 \pm 0,55$ et $\mu_2 = 21,63 \pm 0,31$; stade 4 : $\mu_1 = 29,8 \pm 0,58$ et $\mu_2 = 35,21 \pm 0,8$; stade 5 : $\mu_1 = 47,15 \pm 0,99$ et $\mu_2 = 46,35 \pm 0,56$, avec 1 = *tapia* et 2 = *voafotsy*).

En début de croissance, l'espèce nourricière n'influence pas la taille des larves. Cependant, une différence commence à apparaître plus tard dans le cycle, comme observé aux stades 3 et 4. Dans nos résultats, cette différence n'est plus visible au stade 5, mais cela peut s'expliquer par le fait qu'aucune des larves n'a tissé son cocon lors de cette expérience. Il faut se référer à la **figure 4.7** : on y observe que le stade 5 des larves élevées sur *voafotsy* a été plus court que celui sur *tapia*. La même tendance qu'aux stades 3 et 4 aurait donc pu apparaître le stade chrysalide avait été atteint.



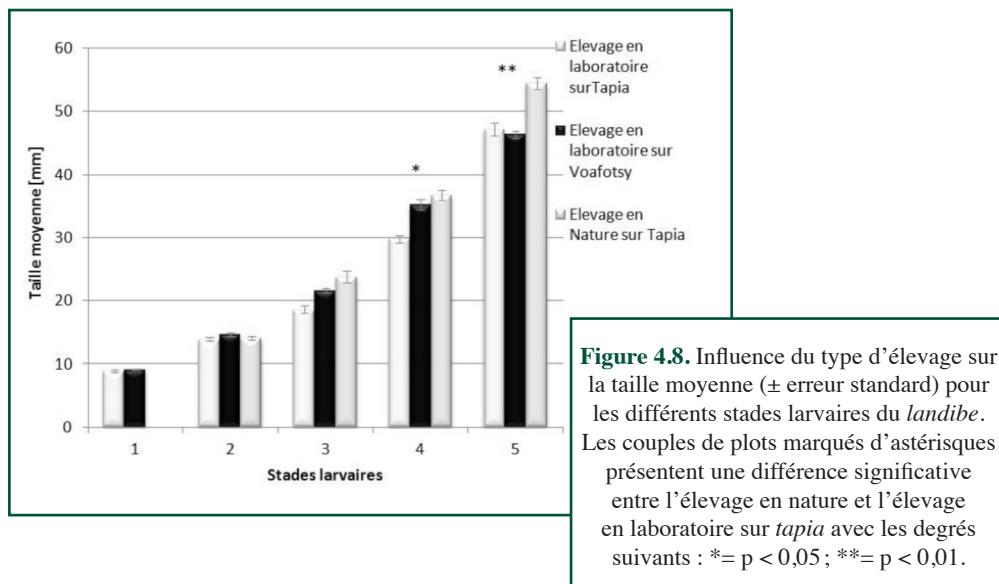
L'AV2 expose une taille moyenne plus grande pour les larves élevées sur *voafotsy*. Une consommation moyenne plus importante au stade 4 est observée pour les larves élevées sur *voafotsy*. Un parallèle peut donc être établi entre la taille moyenne et la consommation moyenne des larves : il semble exister un lien entre la quantité de nourriture ingérée et la taille des larves. Ce résultat est cependant à mettre en relation avec la qualité des rameaux présents dans chacune des cages. En effet, nous avons déjà abordé le thème de la différence de conservation entre les deux espèces végétales. Ce facteur « fraîcheur des rameaux végétaux » pourrait donc être la cause de cette variation de taille.

4.3.2. Élevage en conditions naturelles

Des individus isolés dans leur milieu naturel sont étudiés pour établir une comparaison entre deux élevages : l'un en milieu naturel, et l'autre en laboratoire.

Seules les tailles moyennes de chaque stade seront abordées dans cette section, car les données de l'élevage sont enregistrées à des intervalles trop grands pour pouvoir déterminer de façon précise la date de la mue. De même, la prise hebdomadaire de données a engendré une consommation totale de certaines feuilles présentes dans les cages en milieu naturel. Dès lors, il était impossible de calculer la surface consommée. En effet, la technique utilisée en laboratoire (décalquer les feuilles avant de les placer dans la cage d'élevage) était difficilement applicable en milieu naturel étant donné le nombre de feuilles à enregistrer.

La **figure 4.8** renseigne les tailles moyennes obtenues pour chacun des stades en fonction des types d'élevage. Sur cette figure, les moyennes pour les larves élevées en laboratoire sur *voafotsy* apparaissent également car il est intéressant d'observer la tendance générale : taille des larves élevées sur *tapia* en laboratoire inférieure à la taille des larves élevées sur *voafotsy* en laboratoire inférieure à la taille des larves élevées sur *tapia* en nature. Cependant, une véritable comparaison n'est pertinente que sur les larves élevées sur *tapia*.



Les tests *t* de Student réalisés sur les quatre derniers stades larvaires, montrent qu'aux stades 2 ($p = 0,811$) et 3 ($p = 0,028$), aucune différence n'existe, mais celle-ci apparaît aux stades 4 ($p = 0,006$) et 5 ($p = 0,033$), pour lesquels les larves en nature sont plus grandes.

Si l'on compare les tailles moyennes (stade 2 : $\mu_1 = 13,91 \pm 0,33$ et $\mu_2 = 14,13 \pm 0,31$; stade 3 : $\mu_1 = 18,61 \pm 0,55$ et $\mu_2 = 23,85 \pm 0,92$; stade 4 : $\mu_1 = 29,8 \pm 0,58$ et $\mu_2 = 36,74 \pm 0,76$; stade 5 : $\mu_1 = 47,15 \pm 0,99$ et $\mu_2 = 54,45 \pm 0,9$, avec 1 = *tapia* en laboratoire et 2 = *tapia* en nature) de chacun des stades étudiés, on remarque que dans tous les cas, les valeurs obtenues pour l'élevage en nature sont plus élevées. L'analyse statistique renseigne que cette différence est plus marquée pour les deux derniers stades. Cette constatation était prédictée par la littérature. En effet, le *landibe* est réputé être une espèce vagabonde, difficile à élever, par opposition à *Bombyx mori*. En effet, les magnaneries de ce dernier ne conviennent pas au *landibe* (Anonyme, 1996).

4.3.3. Test de préférence

L'expérience est réalisée sur des larves de *Borocera cajani* de stade 5, élevées sur deux plantes nourricières distinctes : le *tapia* (*Uapaca boreji*) et le *voafotsy* (*Aphloia theiformis*). Elle permet de comparer le comportement de ces deux types de larves. Les résultats obtenus sont analysés à l'aide d'un test χ^2 permettant de mettre en évidence, si elle existe, une tendance comportementale. Nous signalons que c'est la position par rapport à chacune des plantes qui a été enregistrée, et en aucun cas, l'ingestion de ces dernières.

Le **tableau 4.3** reprend les valeurs du χ^2 , la valeur de probabilité, ainsi que le nombre d'individus utilisés pour chacun des tests effectués.

Tableau 4.3. Influence de la plante hôte sur le comportement des larves de *landibe* à cinq temps différents.

		Résultats des tests de comportement		
		Temps	Préférence	Valeur de χ^2
		Après 15 min	Aucune	0,47
Origine <i>tapia</i>		Après 30 min	Aucune	0,57
		Après 45 min	Aucune	0,33
		Après 60 min	Aucune	0,33
		Après 15 min	<i>Voafotsy</i>	5,82
Origine <i>voafotsy</i>		Après 30 min	<i>Voafotsy</i>	7,25
		Après 45 min	<i>Voafotsy</i>	7,25
		Après 60 min	<i>Voafotsy</i>	8,00
				0,005

L'analyse des résultats nous renseigne une nette différence de comportement en fonction de l'origine des chenilles. En effet, les chiffres indiquent que les larves élevées durant la totalité de leur cycle sur *tapia*, ne présentent en apparence aucune préférence particulière. Par contre, en ce qui concerne l'autre catégorie (larves élevées sur *voafotsy*), une préférence envers la plante nourricière, le *voafotsy*, est observée pour chaque temps.

Le nombre d'individus permettant d'aboutir à ces résultats n'est pas identique pour les deux plantes. En ce qui concerne les larves élevées sur *tapia*, il serait intéressant de réitérer le test avec un plus grand nombre de répétitions, puis de vérifier que les tendances obtenues sont similaires à celle du **tableau 4.3**. Néanmoins, chacune des valeurs de probabilité de ce tableau montre un choix analogue entre les deux plantes, et des conclusions identiques pour un plus grand nombre d'individus testés devraient apparaître.

Pour les larves élevées sur *voafotsy*, le test a été effectué sur un plus grand échantillon de *landibe*, rendant ainsi ce test plus « fort ». On remarque également que toutes les valeurs de p sont faibles, traduisant une attirance très marquée envers le *voafotsy*.

Cette différence comportementale marquée entre les deux types de larve est intrigante. La plupart des insectes identifient leurs plantes hôtes grâce à des stimuli visuels, olfactifs, gustatifs ou même tactiles (Le Gall, 1989). Il est possible que le *voafotsy* contienne des substances chimiques préalablement ingérées/perçues par les chenilles, justifiant un phénomène d'attraction envers cette plante lorsqu'un choix lui est offert. En effet, ce phénomène d'apprentissage olfactif est connu chez de nombreux insectes. On citera l'expérience de Popov et al. (1978 cité par Le Gall, 1989) : après un mois d'élevage sur une seule plante hôte, d'autres végétaux ont été proposés à des criquets migrateurs (*Schistocerca gregaria*),

et leur choix s'est alors porté uniquement sur la plante d'élevage. Un autre cas similaire est rencontré pour un Noctuidae (*Heliothis virescens*) mis en contact avec de fortes doses de trois substances odorantes de plantes. L'expérience démontre qu'une fois conditionné, le papillon butinera principalement les fleurs des végétaux contenant les substances chimiques de l'expérience (Skiri et al., 2005).

4.4. CONCLUSION

Cette étude a permis d'augmenter les connaissances actuelles sur *Borocera cajani* et plus particulièrement, d'apporter des informations nouvelles sur son cycle biologique ainsi que sur les diverses caractéristiques de ses cinq stades larvaires. Les expérimentations en laboratoire ont permis de mettre en évidence certaines modifications des paramètres du cycle biologique du *landibe* en fonction de deux plantes nourricières : le *tapia* et le *voafotsy*.

Tout d'abord, nous observons un taux de mortalité en laboratoire élevé, principalement sur les jeunes larves. Ce résultat confirme les hypothèses émises par Paulian (1953) quant à la fragilité des deux premiers stades larvaires et plus particulièrement du premier.

Ensuite, nos résultats nous indiquent une absence d'influence de la plante nourricière sur la durée de chaque stade larvaire ainsi qu'une durée inégale entre les stades.

En ce qui concerne l'influence de la plante nourricière sur la consommation des larves, les analyses statistiques renseignent une différence de consommation significative uniquement pour deux stades et de manière inversée. Nous concluons alors qu'il n'existe pas de réelle influence des plantes nourricières testées sur la consommation des larves.

Un effet de la plante hôte sur la taille des larves est observé ; les larves élevées sur *voafotsy* sont plus grandes que celles élevées sur *tapia*.

La comparaison de l'élevage en conditions naturelles avec celui effectué en laboratoire montre une nette différence de taille entre les individus de même stade. Ce résultat confirme l'hypothèse que le *landibe* est une espèce vagabonde, difficile à élever.

Finalement, les tests comportementaux ont montré une attirance des larves élevées sur *voafotsy* pour leur plante nourricière. En revanche, ce phénomène n'apparaît pas lorsqu'il s'agit du *tapia*. Une analyse des composés chimiques ainsi que de la texture de chacune de ces deux plantes nous permettrait d'identifier les paramètres induisant cette attirance des larves pour le *voafotsy*.

4.5. BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme, 1996. Manuel : *La sériciculture. Vol. 2 : Élevage des vers à soie. « Le Landibe ».* Antananarivo : CITE.
- Blanc-Pamard C. & Rakoto Ramiarantsoa H., 2003. Madagascar, les enjeux environnementaux. In : Lesourd M. (éd.). *L'Afrique. Vulnérabilité et défis.* Nantes, France : Édition du Temps, 354-376.
- CITE/BOSS Corporation, 2009. *Étude nationale de la filière soie. Analamenga- Ambalavao- Amoron'i Mania- Vakinankaratra- Itasy.* Rapport final. Antananarivo : CITE.

- Dagnelie P., 1973. *Théorie et méthode statistiques. Application agronomiques*. Gembloux, Belgique : Presses agronomiques de Gembloux.
- De Lajonquière Y., 1972. *Insectes Lépidoptères Lasiocampidae*. Faune de Madagascar n° 34. Tananarive : ORSTOM; Paris : CNRS.
- Diez L., 2008. *Étude de la filière soie du Landibe ou Borocera spp. (Lepidoptera : Lasiocampidae dans la région d'Itasy à Madagascar*. Mémoire de Master complémentaire en Développement, Environnement et Société. Gembloux Agro-Bio Tech (Belgique).
- Fauchère A. 1910. *Les ressources séricicoles à Madagascar*. Paris : Imprimerie Maison Louis Walter.
- Grangeon M., 1906. Étude sur le *landibe*. *Bull. Écon. Madagascar*, **2**, 22-58.
- Kull C., Ratsirarson G. & Randriambavonjy G., 2005. Les forêts de *Tapia* des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, 24.
- Langlois M., 2001. *Maitrise de l'espace et gestion des ressources. Éléments d'une approche sur la gestion locale des ressources naturelles à Madagascar*. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers1001/010047689.pdf (15.12.2012).
- Le Gall P., 1989. Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les *Acridoidea* (Orthoptères). *Bull. Écol.*, **20**(3), 245-261
- Loreau M., 1984. Étude expérimentale de l'alimentation de *Abax ater* Villers, *Carabus problematicus* Herbst et *Cychrus attenuatus* Fabricus (Coleoptera, Carabidae). *Ann. Soc. R. Zool. Belg.*, **114**, 227-240.
- Mittermeier R.A., Brooks T., Fonsega G. & Brito D., 2008. *Les pays de mégadiversité*. In : Jacquet P. & Tubiana L. (éds). *Regards sur la terre 2008*. Paris : Presses de Science Po. 153-154.
- Myers N. et al., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**, 853-858.
- Paulian R., 1950. *Insectes utiles et nuisibles de la région d'Tananarive*. Tananarive-Tsimbazaza : Institut de recherche scientifique de Madagascar.
- Paulian R., 1953. Observation sur les *Boroceras* de Madagascar, papillons séricigènes. *Nat. Malgache*, **5**(1), 69-86.
- Randrianarisoa A., Raharinaivosoa E. & Kolff A., 2008. Des effets de la gestion forestière par les communautés locales de base : cas d'Arivonimamo et de Merikanjaka sur les hautes terres de Madagascar. In : *Atelier sur la décentralisation et la gouvernance forestière, 8-11 avril 2008, Durban, Afrique du Sud*. Antananarivo : Intercoopération.
- Razafimanantsoa T.M., 2008. *Étude bioécologique des lépidoptères séricigènes dans les familles des Lasiocampidae et des Saturniidae au parc national de Ranomafana et dans la forêt de tapia d'Ambohimanjaka*. Mémoire de DEA. Département de Biologie, Écologie et Conservation Animale. Université d'Antananarivo (Madagascar).
- Sarrasin B., 2009. *La Gestion Locale Sécurisé (GELOSE) : l'expérience malgache de gestion décentralisé des ressources naturelles. Étude caribéennes. Espace et aires protégés. Gestion intégrée et gouvernance participative*. N°12. <http://etudescaribeenes.revues.org/3664> (15.12.2012).
- Skiri H.T. et al., 2005. Associative learning of plant odorants activating the same or different receptor neurones in the moth *Heliothis virescens*. *J. Exp. Biol.*, **208**, 787-796.

5 — Activité journalière et comportement d'alimentation de *Borocera cajani* sur deux de ses plantes hôtes : *Uapaca bojeri* et *Aphloia theiformis*

Tsiresy M. RAZAFIMANANTSOA, Noromalala RAMINOSOA, Olivia L. RAKOTONDRAISOA, Gabrielle L. RAJOELISON, Jan BOGAERT, Misha R. RABEARISOA, Bruno S. RAMAMONJISOA, Marc PONCELET, Éric HAUBRUGE, François J. VERHEGGEN

Borocera cajani ou *landibe* est l'un des papillons séricigènes sauvages dont la soie est la plus utilisée dans le domaine textile à Madagascar. Cette espèce endémique s'observe sur toute l'île, mais colonise particulièrement la forêt de *tapia* des Hautes Terres centrales. L'espèce présente une importance économique, culinaire et culturelle dans la Grande Île. Elle est polyphage et est présente sur plusieurs plantes hôtes. Dans la présente étude, l'activité journalière des chenilles du *B. cajani* a été étudiée dans leur milieu naturel sur deux plantes hôtes natives de la forêt de *tapia* : *Uapaca bojeri* et *Aphloia theiformis*. Une observation continue pendant 24 heures a été réalisée sur 54 individus du dernier stade larvaire. Les périodes d'activité des chenilles de *B. cajani* sont variables, et dépendent de la plante hôte. Les larves se nourrissant sur *U. bojeri* ont consacré 6,9 % de leur temps à se nourrir, contre 3,3 % de leur temps pour les larves observées sur *A. theiformis*. Chez les chenilles observées, seuls 1,0 % (15 minutes) et 0,7 % (10 minutes) de la durée d'observation a été consacrée au déplacement respectivement sur *U. bojeri* et *A. theiformis*. Les chenilles présentes sur *A. theiformis* ont pris en moyenne $3,1 \pm 0,2$ repas, d'une durée moyenne de $15,4 \pm 1,3$ min. Les chenilles se nourrissant sur *U. bojeri* se sont alimentées $1,9 \pm 0,1$ fois, et la durée moyenne d'un repas est de $54,8 \pm 5,2$ min.

Feeding behavior of *Borocera cajani* on two of its host plants: *Uapaca bojeri* and *Aphloia theiformis*

Borocera cajani or *landibe* is a wild silk-moth, which silk is the most widely used in the textile industry in Madagascar. This endemic species is found throughout the island, but colonizes especially the *tapia* forest in the central Highlands. The species has an important economic, culinary and cultural role in the Island. It is polyphagous and frequents several host plants. The daily activity of the larvae of *B. cajani* has been studied in their natural habitat on two native host plants of the *tapia* forest: *Uapaca bojeri* and *Aphloia theiformis*. Continuous observations during 24 hours on 54 individuals of the last instar of *B. cajani* have been conducted. Daily periods of activity were found to vary according to the host plant species. Larvae feeding on *U. bojeri* allocate 6.9% of their time to feed, while the larvae feeding on *A. theiformis* spend 3.3% of their time. Only 1.0% (15 minutes) and 0.7% (10 minutes) of the observed periods were allocated to movement, in the larvae feeding on *U. bojeri* et *A. theiformis*, respectively. Larvae observed on *A. theiformis* took an average of 3.1 ± 0.2 meals a day, which lasted $15,4 \pm 1,3$ min. Larvae observed on *U. bojeri* took an average of 1.9 ± 0.1 meals a day, which lasted 54.8 ± 5.2 min.

5.1. INTRODUCTION

Borocera cajani (Lasiocampidae) est une espèce de ver à soie sauvage et polyphage (Grangeon, 1906; De Lajonquière, 1972; Razafimanantsoa et al., 2012, chapitre 1). L'espèce est endémique de Madagascar et s'observe sur toute l'île, mais colonise particulièrement les forêts des Hautes Terres centrales (Paulian, 1953; Razafimanantsoa et al., 2012, chapitre 1). L'espèce est sujette à un nombre croissant d'études au regard de son importance dans la culture malgache. La soie produite par *B. cajani* est exploitée pour constituer des enveloppes mortuaires ou pour le tissage d'écharpes de soie (Paulian, 1953; Gade, 1985; Peigler, 2004; Rakotoniaina, 2010) (Figure 1.5, voir cahier couleur). La collecte des cocons constitue dès lors une source de revenus supplémentaires non négligeables aux collecteurs vivant à proximité de la forêt colonisée par *B. cajani* (Gade, 1985; Kull et al., 2005). Même si la sériciculture à Madagascar reste encore artisanale (Peigler, 1993), différents acteurs s'investissent dans cette filière : collecteurs des cocons, tisseurs et commerçants. De plus en plus de rapports mentionnent que les populations de *B. cajani* sont en régression dans leur habitat naturel (Paulian, 1953; CITE/BOSS Corporation, 2009), avec pour causes principales la destruction de l'habitat naturel et la surexploitation de la ressource (Razafimanantsoa et al., 2006). Ces mêmes rapports avancent la nécessité de mener des actions de conservation essentielles à la préservation de cette espèce endémique.

Au sein de l'ordre des Lépidoptères, environ 55 % des espèces sont monophages, pour 30 % d'oligophages et 15 % de polyphages (Bernays et al., 1994; Etilé, 2010). La polyphagie semble avoir été le type le plus primitif de relation trophique des insectes avec leurs plantes hôtes, l'oligophagie et la monophagie seraient apparues suite au développement graduel de mutations restrictives et d'adaptations étroites avec leurs plantes hôtes. La chimie des plantes est en effet l'un des meilleurs candidats comme facteur explicatif de la spécialisation de l'alimentation (Bernays et al., 1994). Les larves de *B. cajani* sont polyphages, les plantes hôtes dont elles se nourrissent varient en fonction de la localité (Grangeon, 1906; Ralambofiringa, 1991; Kull et al., 2005; Rakotoniaina, 2010). Les forêts des Hautes Terres centrales sont principalement constituées de *tapia*, *Uapaca bojeri* Baill. (Phyllantaceae). Dans ces forêts, les Chenilles de *B. cajani* ont été principalement inventoriées sur deux plantes hôtes : *U. bojeri* et *Aphloia theiformis* (Flacourtiaceae) dont le nom vernaculaire est *voafotsy* (Razafimanantsoa et al., 2013, chapitre 2).

L'objectif de cette étude est de définir le comportement d'alimentation des larves de *B. cajani* en milieu naturel sur ses deux principales plantes hôtes *U. bojeri* et *A. theiformis*.

5.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les observations ont été effectuées dans la forêt de *tapia* d'Arivonimamo, située à environ 45 km d'Antananarivo. Les observations ont été réalisées pendant 24 heures sans discontinuité sur des Chenilles du stade 5 de *B. cajani*. Les Chenilles ont été sélectionnées dans leur habitat 24 heures avant le début des observations. Un total de 53 individus a ainsi été observé et l'ensemble des individus a fait l'objet d'un suivi pendant 24 h. Parmi les 53 larves suivies, 29 ont été observées sur *U. bojeri* et 24 sur *A. theiformis*. Les larves n'ont jamais été manipulées, ni avant ni pendant l'observation. Chaque observateur a pu observer plusieurs Chenilles à la fois. Des lampes rouges ont été utilisées durant l'observation nocturne. La lumière rouge ne dérange en aucune façon les Chenilles (Bernays et al., 2000b; Bernays et al., 2004). L'enregistrement

des données a été effectué à la main. Les heures du début et de fin d'observation, les températures et l'humidité (minimale et maximale) durant les jours d'observation ont été notées (**Tableau 5.1**).

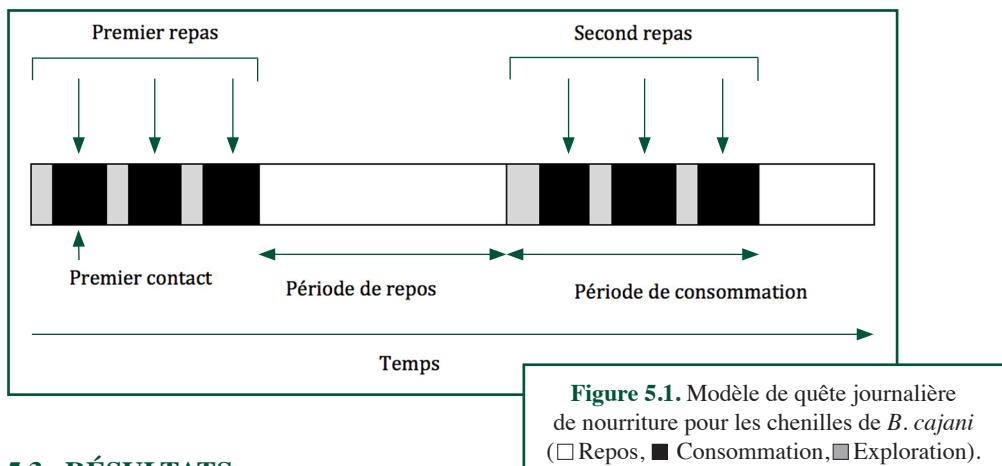
Tableau 5.1. Paramètres climatiques lors des périodes d'observation des chenilles de *Borocera cajani* à Arivonimamo.

Périodes des observations	Température (°C) (min - max)	Humidité (%) (min - max)
du 15 au 16 juin	16-37	28-72
du 19 au 20 juin	16-38	30-79
du 22 au 23 juin	15-36	31-78

Les mesures suivantes ont été enregistrées durant 24 heures pour les 53 larves réparties sur les deux plantes hôtes sélectionnées :

- les durées de déplacement, d'alimentation et d'inactivité (mesurées avec un chronomètre),
- le nombre de prise de nourriture.

Un repas a été considéré dès qu'un contact entre les pièces buccales et la feuille était suivi de consommation et d'exploration, tel que défini par Dussutour et al. (2007). Deux périodes de consommation séparées de plus d'une heure par un temps de repos ont été considérées comme deux prises de repas, comme illustré sur la **figure 5.1**.

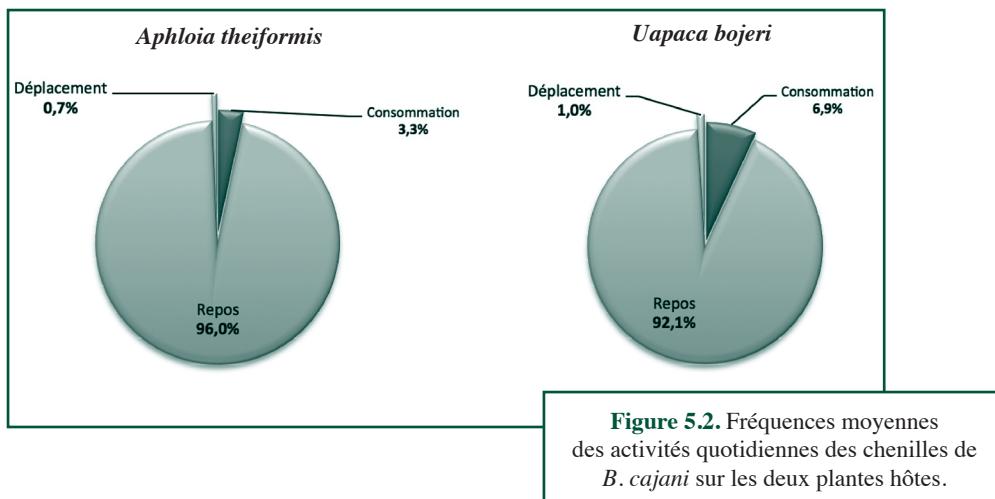


5.3. RÉSULTATS

5.3.1. Description des activités journalières des chenilles

Durant les observations effectuées sur les 53 chenilles de 5^e stade dans leur habitat naturel, trois activités ont été observées : se déplacer, manger et rester immobile. Les larves se nourrissant sur *U. bojeri* ont consacré 6,9 % de leur temps à se nourrir, contre 3,3 % de leur temps pour les chenilles observées sur *A. theiformis*. Seuls 1,0 % (15 minutes) et 0,7 % (10 minutes) de la durée d'observation ont été consacrés au déplacement, chez les chenilles observées sur *U. bojeri* et *A. theiformis*, respectivement. Ainsi, la plus grande partie de la journée est réservée à l'inactivité (**Figure 5.2**).

Quelle que soit la plante hôte, 95 % des chenilles se situaient sur les branches, tête tournée vers le bas pendant les phases d'inactivité. Le début de la quête de nourriture débutait fréquemment par un déplacement ascendant dans l'arbuste. La fin du repas est par contre suivie par un mouvement descendant vers le dortoir. Les chenilles ont montré un comportement sédentaire, elles n'ont fait que monter et descendre sur la même plante où elles avaient été initialement observées.



5.3.2. Heures d'activité des chenilles

Quelle que soit la plante hôte, les périodes d'activités des chenilles de *B. cajani* ont été variables. Le pic d'activité est observé entre 16 h et 17 h sur *A. theiformis* avec une proportion de 58 % de larves actives à cette période (**Figure 5.3a**). Les chenilles se nourrissant de *U. bojeri* ont présenté deux pics d'activité, de 7 h à 8 h et de 13 h à 14 h, avec des proportions de 46 % et 39 % de larves actives, respectivement (**Figure 5.3b**).

5.3.3. Durée d'alimentation des chenilles et nombre de repas

La durée de l'alimentation des chenilles a varié fortement d'un individu à un autre et également en fonction de la plante nourricière. Elle varie de 26 à 160 min sur *U. bojeri* et de 13 à 72 min sur *A. theiformis*. En moyenne, la durée de consommation d'une chenille se nourrissant sur *A. theiformis* est de 45 ± 3 min, alors que les chenilles se nourrissant de *U. bojeri* se nourrissent en moyenne 91 ± 7 min par jour. Les chenilles présentes sur *A. theiformis* ont pris en moyenne $3,1 \pm 0,2$ repas, d'une durée moyenne de $15,4 \pm 1,3$ min. Les chenilles se nourrissant sur *U. bojeri* se sont alimentées $1,9 \pm 0,1$ fois, et la durée moyenne d'un repas est de $54,8 \pm 5,2$ min. Les durées moyennes d'un repas sur les deux plantes hôtes sont significativement différentes ($F = 46,08$; $p < 0,0001$). Il en est de même pour la durée moyenne de consommation journalière ($F = 31,07$; $p < 0,0001$) et le nombre de repas journalier ($F = 28,05$; $p < 0,0001$).

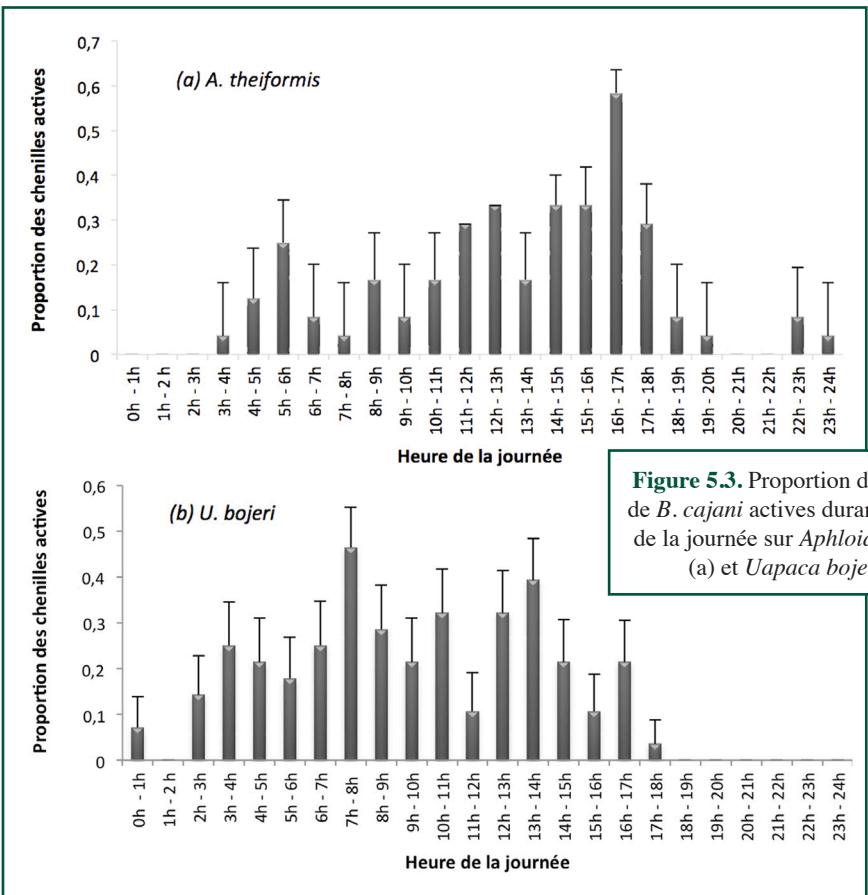


Figure 5.3. Proportion des chenilles de *B. cajani* actives durant les heures de la journée sur *Aphloia theiformis* (a) et *Uapaca bojeri* (b).

5.4. DISCUSSION

Sur base des résultats présentés ci-dessus, on constate que les chenilles présentes sur *A. theiformis* se sont moins déplacées que les chenilles se nourrissant de *U. bojeri* et ont également passé environ deux fois moins de temps à s'alimenter. La structure de la plante hôte pourrait partiellement expliquer ces différences. *U. bojeri* est un arbre et présente des branches plus longues, rendant les différentes sources de nourriture (les feuilles) plus distantes les unes des autres, obligeant ainsi les larves à parcourir de plus longues distances entre deux feuilles. Peu d'études se sont intéressées au comportement de recherche de nourriture chez les chenilles de Lépidoptères. Bernays et al. (2004) a comparé le temps passé à la recherche de nourriture chez différentes espèces d'Arctiidae, et a observé que les espèces généralistes passent plus de temps à se déplacer et à évaluer la qualité de la plante hôte sur laquelle ils se trouvent que les espèces spécialistes. Malgré que les chenilles de *B. cajani* soient retrouvées principalement sur *U. bojeri*, d'autres plantes hôtes sont référencées dans la littérature (Razafimanantsoa et al., 2012, chapitre 1). *B. cajani* peut donc être considérée comme une espèce généraliste.

Les chenilles de *B. cajani* passent la majorité de leur temps immobiles. Bernays et al. (2004) a obtenu le même résultat avec *Hypocrisias minima* et *Grammia geneura*, deux Lépidoptères

de la famille des Arctiidae. La mobilité nécessaire à l'exploration de son environnement augmente le risque de prédation pour une chenille, tel que démontré par Bernays (1997). En plus de mimétisme, la longue immobilité des chenilles chez *B. cajani* pourrait constituer une autre mesure d'adaptation contre les prédateurs.

Les chenilles observées sur *U. bojeri* ont consommé plus de feuilles et ont passé plus de temps à se déplacer que celles se nourrissant d'*A. theiformis*. Une analyse de la contenance en phagostimulants contenus dans les deux plantes hôtes sera nécessaire pour éclaircir cette situation. Une étude effectuée par Peric-Mataruga et al. (2009) sur les chenilles de *Lymantria dispar* L. (Lymantriidae) a montré qu'une administration répétée de ghrelin, un phagostimulant, augmente l'activité, l'alimentation, et le poids des chenilles. La consommation modérée des chenilles sur *A. theiformis* pourrait être aussi causée par des métabolites secondaires (exemple : les tanins) produits par les plantes diminuant l'appétit des chenilles. Ces derniers ne peuvent pas être négligés car ils peuvent influencer l'activité des insectes (Bernays et al., 2000a).

Remerciements

Cette recherche a été financée par la CUD (Commission universitaire pour le Développement, Belgique). Nous remercions Mily et Fily pour la collecte des données et leur accompagnement durant les observations effectuées.

5.5. BIBLIOGRAPHIE

- Bernays E.A., 1997. Feeding by lepidopteran larvae is dangerous. *Ecol. Entomol.*, **22**, 121-123.
- Bernays E.A & Chapman R.F., 1994. *Host Plant Selection by Phytophagous Insects*. New York: Chapman & Hall.
- Bernays E.A. & Chapman R.F., 2000a. Plant secondary compounds and grasshoppers: beyond plant defenses. *J. Chem. Ecol.*, **26**, 1773-1793.
- Bernays E.A. & Woods H.A., 2000b. Foraging in nature by larvae of *Manduca sexta* – influenced by an endogenous oscillation. *J. Insect Physiol.*, **46**, 825-836.
- Bernays E.A., Singer M.S. & Rodrigues D., 2004. Foraging in nature: foraging efficiency and attentiveness in caterpillars with different diet breadths. *Ecol. Entomol.*, **29**, 389-397.
- CITE/BOSS Corporation., 2009. *Étude nationale de la filière soie Analamanga, Ambalavao, Amoron'i Mania, Vakinakaratra, Itasy*. Rapport final. Antananarivo : CITE.
- De Lajonquière Y., 1972. *Insectes Lépidoptères Lasiocampidae*. Faune de Madagascar n° 34. Tananarive/Paris : ORSTOM/CNRS.
- Dussutour A., Simpson S.J., Despland E. & Colasurdo N., 2007. When the group denies individual nutritional wisdom. *Anim. Behav.*, **74**, 931-939.
- Etilé E., 2010. Comportement alimentaire d'un herbivore polyphage, la livrée des forêts. *Antennae. Bull. Soc. Entomol. Québec*, **17**(2), 8-9.
- Gade D.W., 1985. Savanna woodland, fire, protein and silk in highland Madagascar. *J. Ethnobiol.*, **5** (2), 109-122.
- Grangeon M., 1906. Étude sur le «*Landibe*». *Bull. Écon. Madagascar*, **2**, 121-127.
- Kull C.A., Ratsirarson J. & Randriamboavonjy G., 2005. Les forêts de «*Tapia*» des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, **24**, 22-58.
- Paulian R., 1953. Observation sur les *Boroceras* de Madagascar, papillons séricigènes. *Nat. Malgache*, **5**(1), 69-86.

- Peigler R.S., 1993. Wild silks of the world. *Am. Entomol.*, **39**(3), 151-161.
- Peigler R.S., 2004. The silk moths of Madagascar. In: Kusimba C.M., Odland J.C. & Bronson B. (eds). *Unwrapping the Textile Traditions of Madagascar*. Seattle, USA: University of Washington Press. UCLA FMCM Textile Series. 155-163.
- Perić-Mataruga V. et al., 2009. Effects of ghrelin on the feeding behavior of *Lymantria dispar* L. (Lymantriidae) caterpillars. *Appetiten*, **53**(1), 147-150.
- Rakotoniaina N.S., 2010. *Vers une démarche de gestion durable des ressources de la forêt sclérophylle de moyenne altitude d'Arivonimamo II- Madagascar*. Thèse de doctorat : Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Ralambofiringa A., 1991. Sericulture in Madagascar. *Sericologia*, **31**(1), 47-56. Conférence de la Commission Séricicole Internationale, Paris.
- Razafimanantsoa T., Ravoahangimalala O.R. & Craig C.L., 2006. Indigenous silk moth farming as a means to support Ranomafana National Park. *Madagascar Conserv. Dev.*, **I**, 34-39.
- Razafimanantsoa T.M. et al., 2012. Silk moths in Madagascar: A review of the biology, uses, and challenges related to *Borocera cajani* (Vinson, 1863) (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(2), 269-276.
- Razafimanantsoa T.M. et al., 2013. Silk moth inventory in their natural *Tapia* forest habitat (Madagascar): diversity, population dynamic and host plants. *Afr. Entomol.*, **21**(1), 137-150.

6 — Nocturnal moth inventory in Malagasy *tapia* woods, with focus on silk-producing species

Fanny BARSICS, Tsiresy M. RAZAFIMANANTSOA, Joël MINET,
Éric HAUBRUGE, François J. VERHEGGEN

In Madagascar, the *tapia* woods (*Uapaca bojeri*) shelter a wide diversity of moth species, among which the *landibe*, a silk moth of the genus *Borocera*. Threatened by diverse pressures – anthropogenic and environmental – its populations have drastically decreased during the last twenty years. We report on night inventories by means of light traps, performed in the *tapia* woods. We observed at least 68 species, notably another silk producing moth, *Europtera punctillata*, whose caterpillars are called *landifotsy* by villagers. We unveiled specific behavioural traits of species sampled during four successive night periods, between 8:00 pm and 4:00 am. Sixty-eight moth species were observed, some of them are silk-producing species, including *landifotsy*.

Inventaire nocturne des papillons de nuit dans les bois de *tapia*, avec une attention particulière pour les papillons producteurs de soie

À Madagascar, les bois de *tapia* (*Uapaca bojeri*) abritent une grande diversité de papillons nocturnes, dont le ver à soie endémique appelé localement *landibe* (*Borocera cajani*). Cette espèce est menacée par diverses pressions – anthropogéniques et environnementales – qui ont mené à la nette baisse de ses populations au cours des vingt dernières années. Nous rapportons ici les résultats d'inventaires nocturnes de papillons en bois de *tapia* menés à l'aide de piégeages lumineux. Notre méthode a permis de mettre en évidence des espèces d'Hétérocères observées au cours de nuits d'inventaires divisées en quatre sessions de comptage entre 20h00 et 4h00. Nous avons pu recenser au moins 68 espèces différentes de Macrolépidoptères, dont certaines sont également productrices de soie, notamment le *landifotsy*. Pour cette espèce, nous avons mis en évidence des données comportementales différentes pour les deux sexes.

6.1. INTRODUCTION

Landibe is an endemic silk moth of Madagascar, associated most of the time to the species *Borocera cajani* Vinson, 1863 (Lasiocampidae) (Razafimanantsoa et al., 2012, chapter 1). Its morphology, life cycle, ecology and biology are well documented (Vinson, 1863; Grangeon, 1906; Paulian, 1953; Razafindraleva, 2001; CITE, 2004; Razafimanantsoa et al., 2012, chapter 1; Razafimanantsoa et al., 2013, chapter 2). On the central tablelands of the Imerina (Itasy region), *B. cajani* develops in *tapia* woods (*Uapaca bojeri* Baill., Phyllanthaceae), the most xerophytic of evergreen forests of the country (Kull et al., 2005), also found in other regions. Local villagers use the cocoons to weave traditional clothes or artisanal scarves destined to the local touristic market (De Lajonquière, 1972; Peigler, 1993; 2004). The *landibe* populations are declining under various pressures, both human and environmental. But silk remains an alternative source of income to people living close to the *tapia* wood, especially

during lean periods (Kull et al., 2005; Razafimanantsoa et al., 2012, chapter 1). In Madagascar, natural resources management has been decentralized through a program launched in the nineties. The last phase of this “Environmental Action Plan” (EAP – 2003-2008) consisted in transmitting the responsibility for sustainable development to the local scale. In 2007, this purpose was not completely fulfilled (Andriamahefazafy, 2005; Blanc-Pamard et al., 2007). Most of the environmental protective measures are decided in local communities and concern all non-timber forest products (NTFP), including the *landibe*. Means to protect it are very often restrained to the prohibition to harvest cocoons during key periods of the year, aside from the general ban to cut wood (chapter 17).

In the aim to have an overview of the situation, we performed moths monitoring with light traps, classical devices used for Heterocera sampling e.g. Baker et al., 2011. More than controlling the presence of *Borocera* species, rather difficult to evaluate by means of light trappings (Razafimanantsoa et al., 2006), all species of the known macrolepidopterans' community were monitored, with a particular focus on other (non *Borocera*) silk-moths, e.g. *Europtera punctillata* (Saalmüller, 1884) (*landifotsy*), *Napta serratilinea* (Guenée, 1865) (both Lasiocampidae) and *Antherina suraka* (Boisduval, 1833) (Saturniidae) (Razafimanantsoa et al., 2006; Razafimanantsoa, 2008; Razafimanantsoa et al., 2012, chapter 1). We aimed at comparing two sites with significantly different local resources management practices, in order to show possible differences in habitat fragility using moths as indicators of habitat quality (New, 2004). Our protocol ensured a low level of direct deleterious impacts on sampled individuals and allowed linking a variety of climate variables to species traits. Among these variables, we measured the main ones known as having an impact on flying activity of moths, i.e. moonlight and cloud cover (Williams et al., 1951; McGeachie, 1989; Yela et al., 1997; Butler et al., 1999; Jeyakumar et al., 2007; Nowinszky et al., 2010; Nowinszky et al., 2011; Nowinszky et al., 2012), temperature (McGeachie, 1989; Yela et al., 1997; Butler et al., 1999; Choi, 2008; Young, 2010; Steinbauer et al., 2012) and rainfall or relative humidity (Tucker, 1983; Butler et al., 1999; Choi, 2008; Steinbauer et al., 2012). Whenever possible, we took into account sexual dimorphism in our samplings since behavior towards light traps may differ between males and females: light traps would be more attractive for male moths, while bait traps seem to be more attractive for female moths, probably because they depend on energy-rich food sources for egg maturation (Scoble, 1992). We discuss the main results of trapping sessions and the advantages of our method for further application and improvements.

6.2. MATERIALS AND METHODS

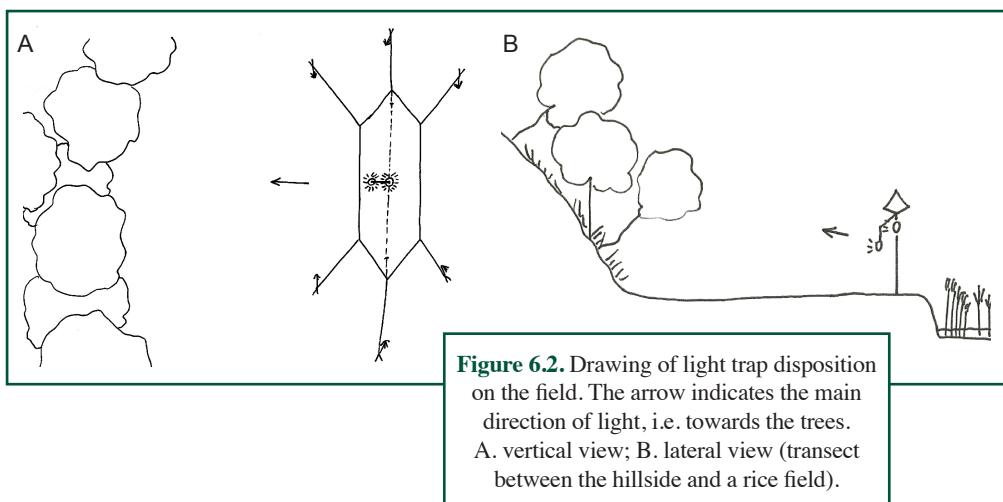
6.2.1. Inventory sites

The two inventory sites were chosen according to the local management of NFTP. The zone of study was about 50 km West of Antananarivo, longitude 47°11' East, latitude 18°58' South, and between 1,200 m and 1,400 m of elevation, i.e. the same zone as in referred to in Razafimanantsoa et al. (2013), chapter 2 (**Figure 8.1**, page 104). The sites, Manarina and Kianamarina, were located in the *fokontany* of Vatolaivy, at a distance of 12 km West of Arivonimamo, and separated by 4.22 km. They were visited three times each, during three consecutive weeks in February and March 2010. The site of Manarina (22/02, 4/03, 8/03) was characterized by a constant prohibition of cocoon harvest all year long since 2005. The site

of Kianamarina (23/02, 3/03, 9/03), by contrast, was characterized by harvesting practices allowed all year long. The inventories were performed in small valleys surrounded almost entirely by hills covered with *tapia* woods.

6.2.2. Light trap

The same light trap (**Figure 6.1**, see color section) was used on both sites, with equivalent disposition regarding the environment. The system was installed on a fallow land edging rice fields. It faced the closest hillside which was therefore the most illuminated (**Figure 6.2**). The other hillsides were exposed to a lesser extent. The light trap was made of two stakes maintaining a white sheet (height: 1.75 m; surface: 2.5 m²) vertically, thanks to a wire stretched between them. The first sheet was topped by another, stretched as a hat to protect the system from possible rainy conditions. The lights consisted in two 150 W mercury bulbs. The first one hanged between the hat and the vertical sheet, the second one hanged in front of the vertical sheet, facing the closest hillside. Electricity was powered by a diesel generator.



6.2.3. Inventory protocol and recorded variables

Inventories were planned to start effectively in the middle of February, in order to sample the community of moths occurring during the end of rainy seasons' emergence of *B. cajani*. Each inventory night started at 8:00 pm and finished at 4:00 am the next morning. The nights were divided into four counting sessions of two hours, each divided into two phases: a first one devoted to moth attraction and sleep time for the counters, lasting 1h15, and a second one of 45 min, devoted to counting. For example, from 00:00 to 2:00 am, the attraction period lasted until 1:15 am and the remaining time was used to count. One person was usually enough to count all moths, although a second counter was sometimes needed. Meteorological conditions were taken into account: temperature and relative humidity were measured with a thermohygrometer (temperature: °C, one decimal precision; humidity: %, upper limit: 90%) and recorded every two hours. The presence/absence of the moon was recorded as well, following three categories: 0 if

absent, 1 if intermittently hidden by clouds, and 2 if permanently present (perfectly clear night). Knowledge on species specific behavioral trait regarding light of the vast majority of sampled moths was rather poor, this variable being the least easy to control. However, since our work attempted to be essentially comparative, the importance of this factor was limited.

In case of long term monitoring of an endangered local community, attract-and-kill light traps are not realistically a good choice. We therefore had to develop a method to count and release the moths while minimizing negative physical impacts. All species that were directly identified were not captured. However, the number of individuals attracted by the light being very important, care had to be taken to not count one individual twice. The counting had to be fast, efficient, as least deleterious as possible, and non-redundant. All these conditions were gathered with “counting cages” (**Figure 6.3**, see color section). They consisted of transformed flexible clothes hampers in shelters for counted individuals. One face of each cage was covered by a dark and thick cloth sawn all over it, rendering it opaque. A 20 cm² opening was cut in the upper half of this face, and the aperture was made closeable with a second piece of cloth slightly larger than the hole, simply with scratches or needles. At the beginning of the inventory nights, two hampers were turned upside down and pinned in the ground with wooden sticks, so that the only way in or out was the cut 20 cm² aperture. Inventoried individuals were inserted in the cages progressively, one by one or by groups. This was achieved by connecting a large box containing the caught moth(s) to the aperture. Since light could go through all the other faces of the cages, moths were not tempted to move backward in the aperture. Their fluorescent color increased the attractiveness of inside light-exposed walls, so that moths “jumped” on a free spot on the three light-exposed faces of the cage. This rendered the counting rather fast and efficient. The cages had a volume of approximately 30 liters and a 3 mm mesh. At the end of the inventory nights, right before switching off the generator, they were unpinned from the ground, turned upside down again, and very lightly shaken for moths to start flying away.

6.2.4. Inventoried species

Inventoried species mainly belonged to a list established thanks to previous years of forest light trappings, but we expected to encounter species previously unseen and tried to identify them whenever possible. In this case, individuals were collected (when abundant enough) for further identification. The identifications were mainly based on Dufay (1970), Griveaud (1959; 1961; 1977a; 1977b), Kiriakoff (1969) and Viette (1963; 1965; 1967; 1980; 1990). A few species were newly observed. Among them, 9 could not be identified (2 only observed in Manarina, 2 in Kianamarina, and 5 on both sites). The classification at family level follows Nieuwerken et al. (2011). The adopted Noctuoidea classification follows Kitching (1987), Ronkay (2003), Zahiri et al. (2011; 2012) and Minet et al. (2012). The subfamily classification of the Lasiocampidae is that proposed by Lemaire and Minet (1998). Finally, use of the genus *Maltagorea* is based on Bouyer (1993). Individuals of the Pyraloidea group (*sensu* e.g. Mutanen et al., 2010) were much more abundant than in preliminary forest light traps. Except for species encountered then, we did not inventory individuals of that group, with the hypothesis that they were pledged to the neighbouring fields. We compared the two sites in terms of species richness and abundance. We treated countings of silk-producing species or some of the most abundant species with a χ^2 Goodness-of-fit test according to the period of the night to formulate new hypothesis as to their behaviour. We observed the effect of the presence/absence of the moon on countings. The potential effect of the other factors is discussed in the results section.

6.3. RESULTS

Inventories lasted six nights, and results in the next paragraphs will be considered with regard to that extremely short time frame. They will be part of raw data and hypotheses for further decision to take in projects regarding the conservation of *tapia* woods and their Lepidoptera community. The first of our inventory nights was troubled, during the last collection phase, by a stray dog that destroyed one of the cages, rendering any further counting biased. Data collected during the first three periods was considered in the abundance and richness description of the sites.

Recorded temperatures always decreased during the night, and ranged between 21.7 and 18.5°C in average, respectively in the beginning of the first and the last counting session. Relative humidity, by contrast, increased during all inventory nights. It usually went higher than 90% as soon as the second or third counting sessions started, except for the first night, during which it was rather low in comparison, and never reached 90%.

Table 6.1 lists all the identified species observed on the two sites. In terms of species richness, the two sites are similar. We collected 55 different species in Manarina and 53 in Kianjamarina, respectively 81% and 78% of the total number of species. In Manarina, 9% of the species caught counted more than 30 individuals, against 8% for Kianjamarina. Two species were overall largely predominant: *Cleora legrasi* (Herbulot, 1955) (Geometridae) was the most abundant of all (n = 349), and *Europtera punctillata* (Lasiocampidae) the second most observed (204 males and 14 females). Then come, in decreasing order of abundance and with more than ten individuals: *Nephele* sp. (Sphingidae, n = 116), *Batocnema coquerelii* (Boisduval, 1875) (Sphingidae, n = 62), *Latoia singularis* (Butler, 1878) (Limacodidae, n = 56), *Nephele densoi* (Keferstein, 1870) (Sphingidae, n = 44), *Trigonodes hyppasia* (Cramer, 1779) (Erebidae, n = 43), *Bizone amatura* Walker 1863 (Erebidae, n = 32), *Anchirithra insignis* (Butler, 1878) (Lasiocampidae, n = 32), *Eilema conspicua* (Rothschild, 1924) (Erebidae, n = 26), *Spilosoma milloti* (Toulgoët, 1954) (Erebidae, n = 23), *Maltagorea fusicolor* (Mabille, 1879) (Saturniidae, n = 22), *Epigynopteryx aurantiaca* (Herbulot, 1965) (Geometridae, n = 21), *Antherina suraka* (Boisduval, 1833) (Saturniidae, n = 14 – incl. one female), *Spodoptera mauritia* (Boisduval, 1833) (Noctuidae, n = 14) and finally *Stemorrhages sericea* (Drury, 1773) (Crambidae, n = 11).

Unfortunately, we did not observe *B. cajani*. However, we found at least two other silk-producing moths, namely *E. punctillata* and *A. suraka*. Very close to *B. cajani*, *E. punctillata* could be very important in terms of silk production. Indeed, the villagers know its caterpillars as *landifotsy* (T.M. Razafimanantsoa, pers. com.). The tendency of *E. punctillata* to appear on the light trap during the first period(s) of collection is shown on **figure 6.4**. The χ^2 goodness-of-fit tests only reflect visual data. When the test was applied by confronting the first period to the last three grouped together (with adapted theoretical proportions, i.e. 0.25/0.75, df = 1) the test gave the following p- and χ^2 values, by chronological date order: p = 9.2×10^{-4} , $\chi^2 = 10.96$; p = 2.0×10^{-13} , $\chi^2 = 54.00$; p = 0.084, $\chi^2 = 2.97$; p = 1.1×10^{-8} , $\chi^2 = 32.67$; p = 5.3×10^{-13} , $\chi^2 = 52.08$. When all catches are summed, the χ^2 goodness-of-fit test gives p = 4.88×10^{-32} , $\chi^2 = 138.8$ with the same period grouping. The best time to observe these moths is therefore the period covering 8:00 pm until 10:00 pm (provided that the light trapping starts at that hour – we did not attempt any trapping before then). For the third night, the predominant repartition of caught individuals extended to the first half of trapping periods (p = 0.0001, $\chi^2 = 14.7$). This trait may be linked to the temperatures, systematically higher during the first periods of

counting. **Figure 6.4** also shows increasing catches as the weeks passed, so the flying activity may have been more important the next weeks. Finally, it seems that moonlight decreases the chances to observe *E. punctillata*. We also make the hypothesis that the species prefers high relative humidity, although we do not have enough data to confirm that trait.

Table 6.1. Species observed on the two sites, Manarina and Kianjamarina.

Family	Subfamily	Species	Manarina	Kianjamarina
Limacodidae	Limacodinae	<i>Latoia albifrons</i> Guérin-Méneville, 1844 <i>Latoia singularis</i> (Butler, 1878)		x x
Pyralidae	Pyralinae	<i>Sindris sganzini</i> Boisduval, 1833	x	
Crambidae	Spilomelinae	<i>Stemorrhages sericea</i> (Drury, 1773)	x	x
Lasiocampidae	Lasiocampinae	<i>Europtera punctillata</i> (Saalmüller, 1884) <i>Anchirithra insignis</i> Butler, 1878	x x	x x
Saturniidae	Saturniinae	<i>Maltagorea fusicolor</i> (Mabille, 1879) <i>Bunaea aslauga</i> Kirby, 1877 <i>Antherina suraka</i> (Boisduval, 1833)	x x x	x x x
Sphingidae	Smerinthinae	<i>Batocnema coquerelii</i> (Boisduval, 1875) <i>Gynoeryx meander</i> (Boisduval, 1875)	x x	x x
	Sphinginae	<i>Panogena jasmini</i> (Boisduval, 1875) <i>Coelonia fulvinotata</i> (Butler, 1875)	x x	x x
	Macroglossinae	<i>Nephele densoi</i> (Keferstein, 1870) <i>Nephele</i> sp. <i>Nephele oenopion</i> (Hübner, 1824) <i>Hyles biguttata</i> (Walker, 1856) <i>Hippotion batschii</i> (Keferstein, 1870) <i>Hippotion celerio</i> (Linnaeus, 1758) <i>Hippotion geryon</i> (Boisduval, 1875)	x x x x x x x	x x x x x x x
Geometridae	Geometrinae	<i>Pingasa rhadamaria</i> (Guenée, 1857)	x	
	Ennominae	<i>Cleora legrasi</i> (Herbulot, 1955) <i>Epigynopteryx aurantiaca</i> Herbulot, 1965	x x	x x
Notodontidae	Thaumetopoeinae	<i>Hypsoides</i> sp.	x	
Erebidae	Lymantriinae	<i>Euproctis</i> sp. <i>Mpanjaka gentilis</i> (Butler, 1879) <i>Mpanjaka maculata</i> (Griveaud, 1974) <i>Mpanjaka</i> sp. <i>Lymantica polysticta</i> (Collenette, 1929) <i>Stenaroa miniata</i> (Kenrick, 1914)	x x x x x x	x x x x
	Arctiinae	<i>Bizone amatura</i> Walker, 1863 <i>Eilema conspicua</i> Rothschild, 1924 <i>Eilema griveaudi</i> Toulgoët, 1960 <i>Eilema</i> sp. <i>Argina amanda</i> (Boisduval, 1847) <i>Spilosoma milloti</i> (Toulgoët, 1954)	x x x x x x	x x x x x
	Erebinae	<i>Nagia promota</i> (Pagenstecher, 1907) <i>Cyligramma disturbans</i> (Walker, 1858) <i>Mocis mayeri</i> (Boisduval, 1833) <i>Mocis nigrimacula</i> (Mabille, 1880)	x x x x	x x x x

Table 6.1. Continued.

Family	Subfamily	Species	Manarina	Kianjamarina
		<i>Trigonodes hyppasia</i> (Cramer, 1779)	x	x
		<i>Ericeia albangula</i> (Saalmüller, 1880)	x	x
		<i>Achaea ebenaui</i> (Saalmüller, 1880)		x
		<i>Trichana anomala</i> (Berio, 1956)	x	x
Noctuidae	Plusiinae	<i>Thysanoplusia florina</i> (Guenée, 1852)	x	x
		<i>Thysanoplusia orichalcea</i> (Fabricius, 1775)	x	x
		<i>Thysanoplusia indicator</i> (Walker, 1858)	x	
		<i>Thysanoplusia ignescens</i> (Dufay, 1968)		x
		<i>Ctenoplusia limbirena</i> (Guenée, 1852)	x	x
		<i>Ctenoplusia vittata</i> (Wallengren, 1856)		x
		<i>Chrysodeixis chalcites</i> (Esper, 1789)	x	x
	Condicinae	<i>Condica</i> sp.	x	
	Eriopinae	<i>Callopistria latreillei</i> (Duponchel, 1827)		x
	Noctuinae	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval, 1833)	x	
		<i>Spodoptera mauritia</i> (Boisduval, 1833)	x	x
		<i>Callicereon heterochroa</i> (Mabille, 1879)	x	x
		<i>Appana malagasa</i> (Gaede, 1915)	x	x
		<i>Leucania</i> sp.		x
		<i>Mythimna</i> sp.	x	

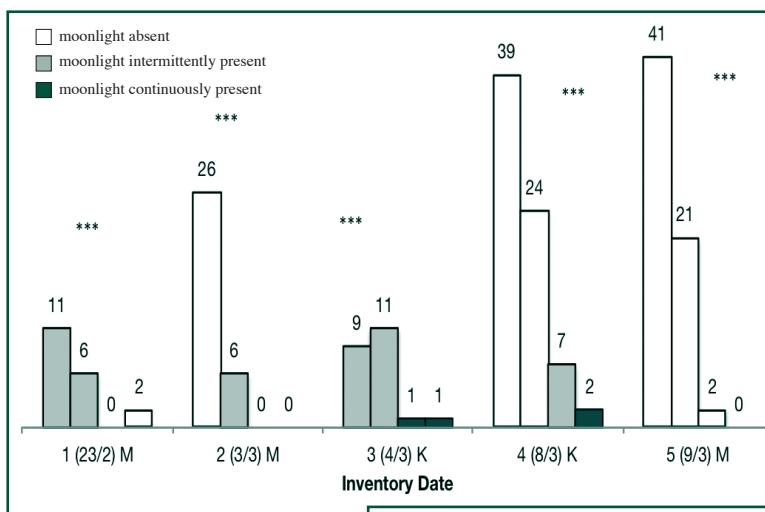
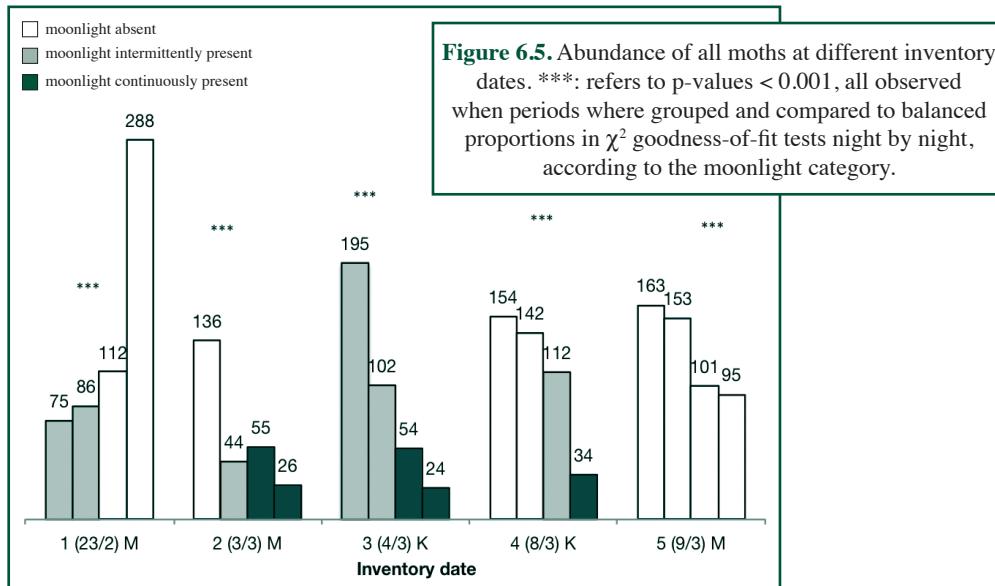


Figure 6.4. Abundance of *Europtera punctillata* moths at different inventory dates (each night is divided in four counting sessions). *Europtera punctillata* tends to appear (stabilized position on the vertical sheet) systematically during the first (or first two) period(s) of the night. M. Manarina; K. Kianjamarina. ***: refers to p-values < 0.001 in each case.

The total number of caught moths regardless of their species is illustrated in **figure 6.5**. The test gave the following p- and χ^2 values, by chronological date order: $p = 6.1 \times 10^{-24}$, $\chi^2 = 101.82$; $p = 5.9 \times 10^{-23}$, $\chi^2 = 102.41$; $p = 1.2 \times 10^{-29}$, $\chi^2 = 127.89$; $p = 9.3 \times 10^{-18}$, $\chi^2 = 78.43$; $p = 1.4 \times 10^{-7}$, $\chi^2 = 28.13$. The abundance of all merged species is strongly correlated with moonlight. It seems to dictate the global community's flight-to-light behavior.



Among the newly observed, we counted 30 individuals of a Limacodidae species. They could correspond to *Ximacodes pyrosoma* (Butler, 1882). But this identification attempt has to be taken carefully: no individuals were collected and/or compared to any reference. The individuals counted as *Nephele* sp. matched almost to perfection the allure of *N. densoi*, nevertheless they did not show any white/silver spots on the forewings (Griveaud, 1959). We did not assume they were a different phenotype and kept the distinction along the inventories. Further research on their taxonomic status is therefore needed. The two nights during which they were the most abundant are the first of our inventory series, which means that further research should be preferably done in January and early February.

Since flight-to-light abilities may differ between males and females of one species (Scoble, 1992), sexual dimorphism was accounted whenever possible, and put forward the expected much higher ability of males to reach the trap. This was observed for *E. punctillata*, *A. insignis*, *M. fusicolor*, *A. suraka*, *B. aslauga* and *L. albifrons*, for which the male-female ratios were respectively of 204-14, 24-0, 21-1, 8-1, 7-0, 2-0. For *L. albifrons*, more countings are necessary to confirm the trait difference between males and females. Three other species were sexually distinguished, but male-female ratios or total caught individuals were not significant enough to draw a conclusion out of it: *M. gentilis* (3-4), *E. albangula* (3-2) and *S. miniata* (2-1).

The overall very high number of caught individuals all along the inventories may indicate an ecosystem overloaded with phytophagous moths. Both arbustive and arborescent layers may be subjected to a constant pressure from many of these species. However, their role

cannot be clear since behavioral and ecological data are not available for all of them, have not been under focus in this project, and are therefore missing from this study.

6.4. DISCUSSION

We could not show any significant difference in abundance or richness between the two studied sites. A part of the small difference in the percentages listed in the results section could come from the one period of night that could not be inventoried because of the dog incident in Kianjamarina. However, the real limiting factor here seems to be the short inventory time frame. Sites are more commonly compared with trappings that cover several seasons if not all, or during several years, and the management differences of the habitats are usually more marked (Thomas, 1996; Hilt et al., 2005; Fiedler et al., 2012; Sinu et al., 2013). In other words, the data collected here should be compared with new samplings performed during the same season in the next years. The stability of moth communities would be easier to characterize. Transects on both sites should be performed to assess the botanical diversity lying under the canopy, in the *tapia* wood, since the moth community can reflect the plant community (Shuey et al., 2012). Besides, the 9 unidentified species show that the moth diversity in the *tapia* woods has not been entirely described as of now.

The main discussion point is the absence of *B. cajani*. We did not plan to stop inventories so soon, but unexpected issues were encountered and implied a ten days sampling gap. Afterwards, villagers informed us that no more cocoons were noticeable in the forests, which lowered chances to observe any *landibe*. Their absence can be attributed to several causes. There might be a resource competition with any of the observed species caught, but this is unlikely only a matter of availability: villagers often referred to the forests as defoliated by the *landibe* in the past, a phenomenon that no longer occurs and proves that the (main) resource is not missing. Another possibility lies in the nature of our trappings: light inventories previously performed in *tapia* woods were done inside the forest, which may be obligatory for *B. cajani* catching. We adopted another sampling method, outside the forests, in small valleys surrounded by hills. The flying abilities of *B. cajani* in terms of distance may be less important than those of the caught species. Their tendency to follow a light cue may be reduced at distances involved in our samplings, or simply nonexistent as hypothesized by Razafimanantsoa et al. (2006). These are the two behavioural hypotheses we stipulate. Combined, they could perfectly explain the absence of moths, if the adult stages were indeed present. The absence of *landibe* can also mean that on the two sites, the management of forest resources is, as yet, insufficient to maintain or revive the populations (whether the original cause of decline is linked to anthropogenic pressure or not). However, day transects performed in the forests by other researchers prove the presence of larvae and cocoons on the field during our investigations. We may therefore have missed the real emergence from one or two weeks, maybe less.

It seems that females of Lasiocampidae species observed here had difficulties/no interest to reach light traps out of the forest, as illustrated notably by the poor number of females in the catches of *E. punctillata* and *A. insignis*. The sex-ratios listed here are only indicative and do not reflect the real male-female ratios of the populations in place, which would have to be investigated by other means (Albermatt et al., 2009). However, if the flying ability (in both males and females) was the limiting factor in reaching the trap, it would mean that one species trait itself could prevent from efficient expansion. Going out of the forest would not

be possible, and reproduction/expansion would be reduced and governed by habitat fragmentation for such species. If this is the case of *B. cajani*, a relatively high density of individuals is needed for efficient maintain of local population, i.e. the species is characterized by a strong r-type reproductive strategy inside its community (Pianka, 1970), a strategy rendered inefficient by the recent prolonged pressures undergone by the species. One key piece of data is therefore still missing: the actual flying range of *B. cajani*. Mark-release-recapture should be rather hard to set without any tool to pre-catch the adults. Elucidating the nature of their sex pheromones could help on that way, by means of rearing, since they can be maintained (Razafimanantsoa, 2008). Besides, sex pheromones could be used as an efficient monitoring tool since light traps have proven inefficient up to now, and other inventory techniques could be needed (Razafimanantsoa et al., 2013, chapter 2)

The results concerning *E. punctillata* and other silk-producing species are very encouraging and should be investigated deeper in terms of population density, availability, and propensity to be used as additional income source for villagers, all with a sustainable approach.

In any case, our protocol showed efficiency at sampling tremendous quantities of individuals, and at spotting their emergence period during the night. It should be reused and planned during the ideal periods for *B. cajani* or *E. punctillata*. As such, our protocol presented several advantages. Firstly, when approaching a light source, moths usually go through a series of agitation steps, before settling and calming down. During the attraction phase, there was enough time for moths to reach that calming point, which eased their counting. The counting phase therefore started with an inventory of “stabilized” individuals, and ended with a recently stabilized one. Secondly, it allowed counters to take rest during the inventory work. Counting nights being usually consecutive, this was important, since daytime temperatures were not adequate to sleep. Globally, our technique might be used to compare similar ecosystems described as declining such as suggested by New (2004), i.e. *tapia* woods from different regions of Madagascar, and to acquire behavioral information for a wide variety of moths. Our data may serve the study of the impact of habitat fragmentation on moths inhabiting the endangered *tapia* woods. Such studies can only be launched with a minimum of knowledge on the flying range of the concerned species (interspecific differences and male/female as well) and natural male/female ratios (New, 2004). Although we still have no idea of the flying range of *B. cajani* in particular, and to a lesser extent, of other silk-moths of the *tapia* woods, we have acquired data concerning *E. punctillata*. It and other known silk-moths of the forests could be of great use in future years for the development of alternatives to the use of *B. cajani* (Razafimanantsoa et al., 2013, chapter 2). We have shown its privileged flying hours, and even if we did not use as an indice the lit proportion of moon surface such as described in Steinbauer et al. (2012), we showed that full moon periods should be avoided for detection of that species, by means of light traps. We have shown the same for the whole moth community, which in average avoids light trap when moonlight is optimal. The behavioral traits regarding moonlight were expected since they have been reported for long (Williams et al., 1951; McGeachie, 1989). Their propensity to serve silk production should be investigated. Their biological cycle should be reviewed, and the capacity of villagers to differentiate their silky cocoons from those of *B. cajani* should be checked as well. In the meantime, any existing means to maintain the ecosystem in its integrity should be resorted to before reaching a forest degradation point of no return.

Acknowledgements

The authors thank the CUD (Commission universitaire pour le Développement) for financial support of this project at many levels, and the Malagasy people for their help on the field and sharing of knowledge.

6.5. BIBLIOGRAPHY

- Albermatt F., Baumeyer A. & Ebert D., 2009. Experimental evidence for male biased flight-to-light behavior in two moth species. *Entomol. Exp. Appl.*, **130**(3), 259-265.
- Andriamahefazafy F., 2005. Place des bailleurs de fonds dans le système de l'aide au développement : le cas du Plan national d'actions environnementales de Madagascar. In : Aknin A. et al. (éds). *Quel développement durable pour les pays en développement ?* Cahiers du GEMDEV, 30. Paris : GEMDEV, 45-47.
- Baker G.H., Tann C.R. & Fitt G.P., 2011. A tale of two trapping methods: *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera, Noctuidae) in pheromone and light traps in Australian cotton production systems. *Bull. Entomol. Res.*, **101**(1), 9-23.
- Blanc-Pamard C. & Ramiarantsoa H.R., 2007. Environmental norms and natural resource management in Betsileo country (Madagascar). *Nat. Sci. Soci.*, **15**(3), 253-268.
- Bouyer T., 1993. *Maltagorea* n. gen., un nouveau genre de Saturniidae malgache (Lepidoptera: Saturniidae, Saturniinae, Pseudapheliini). *Lambillionea*, **93**(1), 97-102.
- Butler L., Kondo V., Barrows E.M. & Townsend E.C., 1999. Effects of weather conditions and trap types on sampling for richness and abundance of forest macrolepidoptera. *Environ. Entomol.*, **28**(5), 795-811.
- Choi S.W., 2008. Effects of weather factors on the abundance and diversity of moths in a temperate deciduous mixed forest of Korea. *Zool. Sci.*, **25**(1), 53-58.
- CITE, 2004. La sériciculture, l'élevage des vers à soie – le landibe (*Borocera madagascariensis*, Boisd.). Antananarivo : CITE.
- De Lajonquière Y., 1972. *Insectes Lépidoptères Lasiocampidae*. Faune de Madagascar n° 34. Tananarive/Paris : ORSTOM/CNRS.
- Diez L., 2008. *Étude de la filière soie de landibe ou Borocera spp. (Lepidoptera : Lasiocampidae) dans la région d'Itasy à Madagascar*. Mémoire. Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie Fonctionnelle et Évolutive.
- Dufay C., 1970. *Insectes, Lépidoptères, Noctuidae Plusiinae*. Faune Madagascar n° 31. Paris : ORSTOM/CNRS.
- Fiedler K. & Truxa C., 2012. Species richness measures fail in resolving diversity patterns of speciose forest moth assemblages. *Biodivers. Conserv.*, **21**(10), 2499-2508.
- Grangeon M., 1906. Étude sur le «Landibe». *Bull. Écon. Madagascar*, **2**, 121-127.
- Griveaud P., 1959. *Insectes, Lépidoptères, Sphingidae*. Faune Madagascar n° 8, Tananarive : Institut de recherche scientifique de Madagascar.
- Griveaud P., 1961. *Insectes, Lépidoptères, Eupterotidae et Attacidae*. Faune Madagascar n° 14, Tananarive : Institut de recherche scientifique de Madagascar.
- Griveaud P., 1977a. *Insectes, Lépidoptères, Lymantriidae (I)*. Faune de Madagascar n° 43(1), Paris : ORSTOM/CNRS.
- Griveaud P., 1977b. *Insectes, Lépidoptères, Lymantriidae (II)*. Faune de Madagascar n° 43(2), Paris: ORSTOM/CNRS.
- Hilt N. & Fiedler K., 2005. Diversity and composition of Arctiidae moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian Andes. *Divers. Distrib.*, **11**(5), 387-398.
- Jeyakumar P., Chander S., Singh A., Jat M.C. & Monga D., 2007. Effects of light trap and lunar cycle on the insects of cotton (*Gossypium hirsutum*) ecosystem. *Indian J. Agric. Sci.*, **77**(5), 327-328.

- Kiriakoff S.G., 1969. *Insectes, Lépidoptères, Notodontidae*. Faune Madagascar n° 29. Tananarive : Institut de recherche scientifique de Madagascar.
- Kitching I.J., 1987. Spectacles and Silver Ys: a synthesis of the systematics, cladistics and biology of the Plusiinae (Lepidoptera: Noctuidae). *Bull. Br. Mus. (Natural History, Ent.)*, **54**(2), 75-261.
- Kull C.A., Ratsirarson J. & Randriambaoavonjy G., 2005. Les forêts de *tapia* des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, **24**, 22-58.
- Lemaire C. & Minet J., 1998. The Bombycoidea and their relatives. In: Kristensen N.P. (ed.). *Lepidoptera, moths and butterflies*, vol. 1. *Evolution, Systematics, and Biogeography*. Berlin: Walter de Gruyter. 321-353.
- McGeachie W.J., 1989. The effects of moonlight illuminance, temperature and wind speed on light-trap catches of moths. *Bull. Entomol. Res.*, **79**(2), 185-192.
- Minet J., Barbut J. & Lalanne-Cassou B., 2012. Les Noctuelles : classification et clef de détermination (Lepidoptera: Noctuoidea). *Alexanor*, **25**(3), 131-151.
- Mutanen M., Wahlberg N. & Kaila L., 2010. Comprehensive gene and taxon coverage elucidates radiation patterns in moths and butterflies. *Proc. R. Soc. Series B. Biol. Sci.*, **277**, 2839-2848.
- New T.R., 2004. Moths (Insecta: Lepidoptera) and conservation: background and perspective. *J. Insect Conserv.*, **8**(2-3), 79-94.
- Nieuukerken E.J. van et al., 2011. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758. In: Zhang Z.Q. (ed.). *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. Zootaxa, **3148**, 212-221.
- Nowinszky L., Puskás J. & Kuti Z.S., 2010. Light trapping as a dependent of moonlight and clouds. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, **8**(4), 301-312.
- Nowinszky L. & Puskás J., 2011. Light trapping of the turnip moth (*Agrotis segetum* Den. et Schiff.) depending on the geomagnetism and moon phases. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, **9**(3), 303-309.
- Nowinszky L. et al., 2012. The influence of polarized moonlight and collecting distance on the catches of winter moth *Operophtera brumata* (Lepidoptera: Geometridae) by light traps. *Eur. J. Entomol.*, **109**(1), 29-34.
- Paulian R. 1953. Observation sur les *Boroceras* de Madagascar, papillons séricigènes. *Nat. Malgache*, **5**(1), 69-86.
- Peigler R.S., 1993. Wild silks of the world. *Am. Entomol.*, **39**(3), 151-161.
- Peigler R.S., 2004. The silk moths of Madagascar. In: Kusimba C.M., Odland J.C. & Bronson B. (eds). *Unwrapping the Textile Traditions of Madagascar*. Seattle, USA: University of Washington Press. UCLA FMCM Textile Series. 155-163.
- Pianka E.R., 1970. On r-and K-selection. *Am. Nat.*, **104**(940), 592-597.
- Razafimanantsoa T., Ravoahangimalala O.R. & Craig C.L., 2006. Indigenous silk moth farming as a means to support Ranomafana national Park. *Madagascar Conserv. Dev.*, **1**, 34-39.
- Razafimanantsoa T., 2008. *Étude bioécologique des Lépidoptères séricigènes dans la famille des Lasiocampidae et des Saturniidae au Parc national de Ranomafana et dans la forêt de tapia d'Ambohimanjaka*. Mémoire de DEA. Université d'Antananarivo (Madagascar).
- Razafimanantsoa T.M. et al., 2012. Silk moths in madagascar: A review of the biology, uses, and challenges related to *Borocera cajani* (Vinson, 1863) (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Biotechnol. Agric. Soc. Environ.*, **16**(2), 269-276.
- Razafimanantsoa T.M. et al., 2013. Silkworm moths inventory in their natural *tapia* wood habitat (Madagascar): Diversity, population dynamics and host plants. *Afr. Entomol.*, **21**(1), 137-150.
- Razafindaleva H.A., 2001. *Développement de Borocera cajani Vinson A. (Lasiocampidae) ou « Landibe » élevé sur des feuilles de Psydium guyava ; effets du fipronil sur les larves*. Mémoire de DEA. Université d'Antananarivo, Département d'Entomologie (Madagascar).

- Ronkay L., 2003. The check list of the Plusiinae of the World. In: Goater B., Ronkay L. & Fibiger M. (eds). *Catocalinae & Plusiinae. Noctuidae Europaea*, **10**, 155-161.
- Scoble M.J., 1992. *The Lepidoptera: Form, Function and Diversity*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Shuey J.A., Metzler E.H. & Tungeswick K., 2012. Moth communities correspond with plant communities in Midwestern (Indiana, USA) sand prairies and oak barrens and their degradation endpoints. *Am. Midland Nat.*, **167**(2), 273-284.
- Sinu P.A. et al., 2013. Moth pests collected in light traps of tea plantations in North East India: Species composition, seasonality, and effect of habitat type. *Curr. Sci.*, **104**(5), 646-651.
- Steinbauer M.J., Haslem A. & Edwards E.D., 2012. Using meteorological and lunar information to explain catch variability of Orthoptera and Lepidoptera from 250W farrow light traps. *Insect Conserv. Divers.*, **5**(5), 367-380.
- Thomas A.W., 1996. Light-trap catches of moths within and above the canopy of a northeastern forest. *J. Lepidopterists' Soc.*, **50**(1), 21-45.
- Tucker M.R., 1983. Light-trap catches of African armyworm moths, *Spodoptera exempta* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), in relation to rain and wind. *Bull. Entomol. Res.*, **73**(2), 315-319.
- Viette P., 1963. Noctuelles trifides de Madagascar, écologie, biogéographie, morphologie et taxonomie (Lep.). *Ann. Soc. Entomol.*, **131**(1), 1-294.
- Viette P., 1965. *Insectes. Lépidoptères, Noctuidae. Amphipyrinae (part. 1)*. Faune Madagascar n° 20(1). Paris : ORSTOM/CNRS.
- Viette P., 1967. *Insectes, Lépidoptères, Noctuidae Amphipyrinae (part.) et Meliclepriinae*. Faune Madagascar n° 20(2). Paris : ORSTOM/CNRS.
- Viette P., 1980. *Insectes, Lépidoptères, Limacodidae*. Faune Madagascar n° 53. Paris : ORSTOM/CNRS.
- Viette P., 1990. *Liste récapitulative des Lépidoptères Hétérocères de Madagascar. A provisional check-list of the Lepidoptera Heterocera of Madagascar*. Faune Madagascar, Suppl. 1.
- Vinson A., 1863. Du ver à soie de Madagascar, ou ver à soie de l'ambrevade (*Borocera cajani* Vinson). *Bull. Soc. Imp. Zool. Acclim.*, **10**, 505-512.
- Williams C.B. & Singh B.P., 1951. Effect of moonlight on insect activity [2]. *Nature*, **167**, 853.
- Yela J.L. & Holyoak M., 1997. Effects of moonlight and meteorological factors on light and bait trap catches of Noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ. Entomol.*, **26**(6), 1283-1290.
- Young O.P., 2010. Correlation of body size of moths captured by light trap with nine environmental variables. *J. Lepidopterists' Soc.*, **64**(1), 14-22.
- Zahiri R. et al., 2011. A new molecular phylogeny offers hope for a stable family level classification of the Noctuoidea (Lepidoptera). *Zool. Scr.*, **40**(2), 158-173.
- Zahiri R. et al., 2012. Molecular phylogenetics of Erebidae (Lepidoptera, Noctuoidea). *Syst. Entomol.*, **37**(1), 102-124.

Les vers à soie de la famille des Psychidae : évaluation de leur nombre et des connaissances locales associées à l'exploitation de leur soie, dans la commune d'Arivonimamo

Florence HECQ, Tsiresy M. RAZAFIMANANTSOA, Éric HAUBRUGE, François J. VERHEGGEN

Les bois de *tapia* (*Uapaca bojeri*) sont des formations sclérophylles endémiques de Madagascar, dont les produits jouent un rôle important dans l'économie locale. Parmi ces ressources biologiques figurent les vers à soie endémiques tels que *Borocera cajani*, localement appelé le *landibe*. La soie de *B. cajani* occupe une place importante dans la tradition malgache. Les formations de *tapia* abritent également d'autres espèces, moins connues, de Lépidoptères producteurs de soie, tels que ceux appartenant à la famille des Psychidae. Deux objectifs ont été fixés lors de cette étude : (1) évaluer l'état des populations de Psychidae en bois de *tapia* dans la commune d'Arivonimamo et (2) évaluer la place occupée par les Psychidae dans le quotidien des populations locales à l'aide d'enquêtes menées en milieu rural dans cette même commune. Grâce aux inventaires entomologiques menés de février à mai 2010, nous avons pu démontrer que globalement l'abondance en Psychidae n'évolue que peu durant la période d'inventaire, et qu'entre 2 et 26 individus seulement sont retrouvés par 1 000 m². Les enquêtes menées au sein de villages appartenant à la commune d'Arivonimamo ont montré que la soie de Psychidae n'est pas exploitée, mais le fût par le passé. Un essai d'extraction de soie de Psychidae a d'ailleurs été réalisé et a permis de démontrer que l'opération est possible.

Silk moth of the Psychidae family: evaluation of their populations and local knowledge about their silk, in Arivonimamo

Tapia woods (*Uapaca bojeri*) are endemic to Madagascar and provide the local population with resources that are usually associated with important financial inputs. Among these resources, silk moths are developing in *tapia* woods including *Borocera cajani*, locally named *landibe*. *B. cajani* silk is widely used in Malagasy tradition. The woods also provide habitat for other less known silk moth species, including those belonging to the Psychidae family. Two objectives were defined in the present study: (1) the evaluation of Psychidae populations in Arivonimamo through an entomological inventory and (2) the determination of the role of Psychidae in the life of local populations. We also have extracted silk from Psychidae silk moth. Insect inventories conducted from February to May 2010 show that the numbers of Psychidae do not vary significantly during the inventoried period, and that between 2 and 26 individuals are observed per 1,000 m². Almost all interviewed people underline that Psychidae silk is no longer exploited. By applying, on Psychidae cocoons, the silk extraction method usually applied on *landibe*, we were able to obtain silk.

7.1. INTRODUCTION

Les forêts de *tapia* (*Uapaca bojeri* Baill., Euphorbiaceae) sont des formations sclérophylles endémiques de Madagascar (**Figure 7.1**, voir cahier couleur) (Grangeon, 1910). Ces formations fragmentées se localisent sur les Hautes Terres malgaches de l’Imamo au Nord, jusqu’à Isalo au Sud et occupent une surface estimée à 2 600 km² (Kull et al., 2005). Les produits forestiers ligneux et non ligneux issus de cette forêt jouent un rôle important dans l’économie locale. Il s’agit entre autres de champignons, de fruits comestibles, du bois de chauffage et de vers à soie (Kull et al., 2005). Ces forêts abritent les populations de *landibe* (*Borocera* spp., Lepidoptera, Lasiocampidae), ver à soie endémique malgache. Cette soie sauvage fait l’objet de plusieurs activités, telles que la récolte, la filature et le tissage et occupe une grande place dans les traditions malgaches (Vinson, 1863). En effet, les populations enveloppent les morts dans des linceuls ou *lambamenas* (qui sont des tissus faits en *landibe*) pour les honorer (**Figure 1.5**, voir cahier couleur). Ces linceuls sont remplacés tous les cinq ou dix ans. La soie locale procure aux récolteurs et aux tisseurs des revenus complémentaires non négligeables (Diez, 2008).

Les formations de *tapia* abritent également d’autres espèces de Lépidoptères producteurs de soie comme les papillons de la famille des Psychidae dont les connaissances actuelles sont encore fort incomplètes. Deux genres (*Deborrea* sp. et *Malgassopsyches* sp.) de cette famille sont endémiques de l’Île Rouge (Bourgogne, 1984). Les larves de cette famille construisent un fourreau avec des débris végétaux, organiques et inorganiques, entremêlés de soie secrétée par les glandes labiales des larves (**Figure 7.2**, voir cahier couleur) (Randriamamonjy, 1967). Lorsqu’elles mangent ou se déplacent, elles sortent les trois premiers segments thoraciques (Hardenberg, 1919).

Les surfaces occupées par les forêts de *tapia* ont fortement diminué suite à diverses actions principalement anthropiques, telles que l’exploitation du bois ainsi que les feux de brousse saisonniers allumés pour permettre l’avancée des pâturages et des cultures vivrières. Il ne reste ainsi sur les Hautes Terres que des fragments de forêts, conduisant à la diminution des populations de *landibe* (Castel, 1938 ; Ghaye, 2009).

Cependant, depuis quelques années, des programmes de conservation de la nature ont été mis en place pour préserver les ressources naturelles, tout en les insérant dans une gestion plus locale et plus responsable. C’est le cas du PAE (Plan d’Action Environnemental) qui a mis en place, dans une deuxième phase, la loi GELOSE (GEstion LOcale SEcurisée). Cette loi applique un transfert de gestion en décentralisant la responsabilité aux populations locales et en les rendant plus responsables, les sensibilisant à la gestion de leurs ressources naturelles d’une manière plus effective (Janssens, 2009).

Le présent travail vise deux objectifs. Le premier objectif est de décrire l’état des populations de Psychidae en forêt de *tapia* dans la région des Hauts-Plateaux, commune d’Arivonimamo. Le deuxième consiste à évaluer la place occupée par les Psychidae dans le quotidien des populations locales à l’aide d’enquêtes menées en milieu rural.

7.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

7.2.1. Zone d'étude

La zone d'étude est située à 1 200 m d'altitude, dans la commune d'Arivonimamo, capitale du tissage, à 45 km à l'Ouest de Antananarivo. Elle est divisée en deux parties (**Figure 4.2**, voir cahier couleur). Les données relatives aux inventaires et enquêtes ont été récoltées aux *fokontany* (cellule administrative au rang inférieur de la commune) d'Amby, d'Ankalalahana, de Kianjamarina et de Manarina situées à Arivonimamo II. Cette dernière a une superficie de 312 km² et la forêt de *tapia* s'y étend sur une superficie de 2 588 ha (Ravelomanantsoa, 2005).

7.2.2. Inventaire par transect des Psychidae dans les forêts de *tapia*

- *Choix des sites d'inventaire*

Dans certaines zones forestières de la commune d'Arivonimamo, la collecte des cocons et des larves de *Borocera cajani* est autorisée, dans d'autres cela est interdit. Durant une première période d'inventaire, s'étalant de février à mars 2010, le choix des sites s'est porté sur Manarina (collecte de papillons interdite) et Kianjamarina (collecte de papillons autorisée) (période 1).

Durant les mois d'avril et mai 2010, les inventaires ont été poursuivis sur deux autres sites (période 2) : Amby (collecte de papillons interdite) et Ankalalahana (collecte de papillons autorisée).

- *Disposition et déroulement des inventaires*

Deux transects rectilignes ont été réalisés par site, l'un des transects était situé sur la même courbe de niveau et l'autre était placé perpendiculairement aux courbes de niveau. Ces deux transects ont été choisis pour être les plus représentatifs du milieu. Dix parcelles de 10 m × 10 m ont été délimitées tout le long de chaque transect, chacune espacée de 10 m. Les inventaires hebdomadaires ont débuté le 22 février 2010 pour se finir le 9 mars (période 1), chaque site a été inventorié à trois reprises. Ces inventaires ont ensuite été réalisés pendant six semaines à Amby et Ankalalahana (période 2) du 15 avril au 19 mai 2010.

Sur chaque parcelle, un inventaire de 15 min a été pratiqué par un groupe de trois observateurs, et visait exclusivement à recenser les espèces de Psychidae, aux stades immatures uniquement.

- *Méthode d'analyse statistique*

Le choix de la méthode d'analyse statistique s'est porté sur des analyses de la variance à trois critères de classification (AV3) pour les deux périodes de temps c'est-à-dire une AV3 pour Manarina et Kianjamarina et une autre AV3 pour Amby et Ankalalahana. Nous n'avons en effet pas traité l'ensemble des informations dans la mesure où les sites ne sont pas les mêmes pour les deux périodes d'inventaire. Les trois facteurs considérés sont le site, le transect et la semaine d'inventaire. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du programme Minitab 15.

7.2.3. Enquêtes socio-anthropologiques

Les enquêtes ont été réalisées aux *fokontany* d'Amby, d'Ankalalahana, de Kianjamarina et de Manarina. Le questionnaire a été quelque peu adapté en fonction de la personne interrogée mais est resté relativement semblable tout au long de la période d'enquête. Au total 31 personnes (de toute catégories d'âge à partir de 16 ans) ont été interrogées au cours du mois de mai 2010. Les personnes ciblées par ce questionnaire ont été les présidents des VOI ou du *fokontany*, les tisseuses et les villageois d'Amby, Ankalalahana, Manarina et Kianjamarina. Chaque entretien a débuté par une présentation de l'étude et de ses objectifs. Les questions suivantes ont été posées :

- Connaissez-vous les Psychidae (localement appelés *fanganabola*) ?
- Existe-t-il plusieurs espèces de Psychidae ?
- Avez-vous déjà observé un individu adulte (papillon) ?
- Les Psychidae produisent-ils de la soie ?
- Est-il possible d'extraire la soie des Psychidae ?
- L'extraction de la soie de Psychidae était-elle pratiquée précédemment ?
- Cette soie est-elle de meilleure ou de moins bonne qualité que celle du *landibe* ?
- La soie des Psychidae pourrait-elle remplacer celle du *landibe* ?
- La méthode d'extraction de soie appliquée au *landibe* est-elle applicable aux Psychidae ?

7.3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Lors des premières observations de terrain, deux types de fourreaux de Psychidae ont été rencontrés : des fourreaux à brindilles disposées transversalement et de fourreaux à brindilles disposées longitudinalement (**Figure 7.3**, voir cahier couleur). La détermination des Psychidae est difficile à partir des fourreaux. Un type de fourreau peut correspondre à plusieurs espèces distinctes. Seule une espèce de Psychidae observée durant ce travail a pu être identifiée par S. Scalercio¹ sur base de 12 fourreaux qui lui ont été présentés : *Deborrea malgassa* Heylaerts. Les autres espèces n'ont pas pu être identifiées.

7.3.1. Inventaire par transect des Psychidae dans les formations de *tapia*

Les observations réalisées à Manarina et à Kianjamarina démontrent qu'un nombre faible de Psychidae sont présents dans les zones inventoriées entre le 22 février et le 9 mars 2010 (période 1). Durant cette période, en moyenne $1,9 \pm 0,2$ et $1,5 \pm 0,2$ individus sont observés par parcelle de 100 m^2 sur les sites de Manarina et Kianjamarina, respectivement. L'abondance de Psychidae ne varie pas significativement durant la période d'échantillonnage ($F_{2,108} = 0,44$; $p = 0,6874$). L'abondance en Psychidae ne diffère pas non plus significativement entre les deux sites d'échantillonnage ($F_{1,108} = 0,07$; $p = 0,816$). Mais le nombre moyen d'individus par parcelle est plus important sur le transect coupant les lignes de niveau ($F_{2,106} = 14,89$; $p < 0,001$). La **figure 7.4** présente l'évolution du nombre moyen d'individus par parcelle au cours du temps sur ces deux sites.

¹ CRA Centro di Ricerca per l'Olicoltura e l'Industria Olearia, I-87036 Rende (Italy).
E-mail : stefano-scalercio@entecra.it

Les deux sites ont été choisis sur base de leur niveau de « préservation » défini en termes d'autorisation ou non de récolte de *landibe*. Il semble que cette restriction n'ait aucune influence sur les populations de Psychidae. Notons que les restrictions ne sont pas toujours appliquées par les villageois. En effet, il semble que certains villageois ne connaissent pas ou ne veulent pas appliquer ces restrictions.

L'abondance en Psychidae varie en fonction du transect d'échantillonnage, ce qui suggère qu'au sein d'un même site, les forêts sont très hétérogènes. La caractérisation complète de la végétation sur chaque parcelle (tant en densité, qu'en composition) aurait apporté un élément de réponse.

Les observations réalisées du 15 avril au 19 mai 2010 (période 2) ont duré six semaines. À Amby, une abondance moyenne en Psychidae de $1,1 \pm 0,1$ individu est observée, et ne varie pas significativement au cours de la période d'inventaire ($F_{5,108} = 1,88$; $p = 0,253$). Une plus grande abondance en Psychidae est observée le long du transect d'échantillonnage coupant les courbes de niveau ($F_{1,108} = 5,13$; $p = 0,025$). À Ankalahana, l'abondance moyenne en Psychidae est de $0,9 \pm 0,1$ individu, mais diminue significativement au cours de la période d'échantillonnage ($F_{5,108} = 5,09$; $p = 0,049$) en plus de varier d'un transect à l'autre ($F_{1,108} = 7,54$; $p = 0,007$). La **figure 7.5** présente l'évolution du nombre moyen d'individus par parcelle au cours du temps

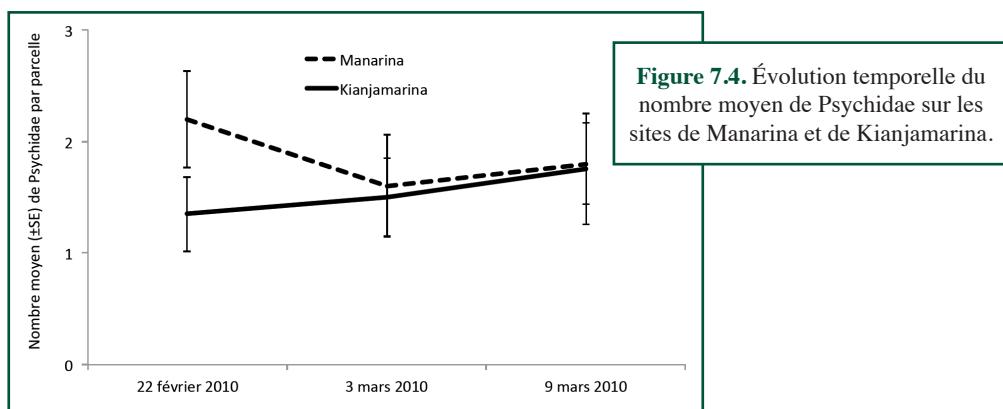


Figure 7.4. Évolution temporelle du nombre moyen de Psychidae sur les sites de Manarina et de Kianjamarina.

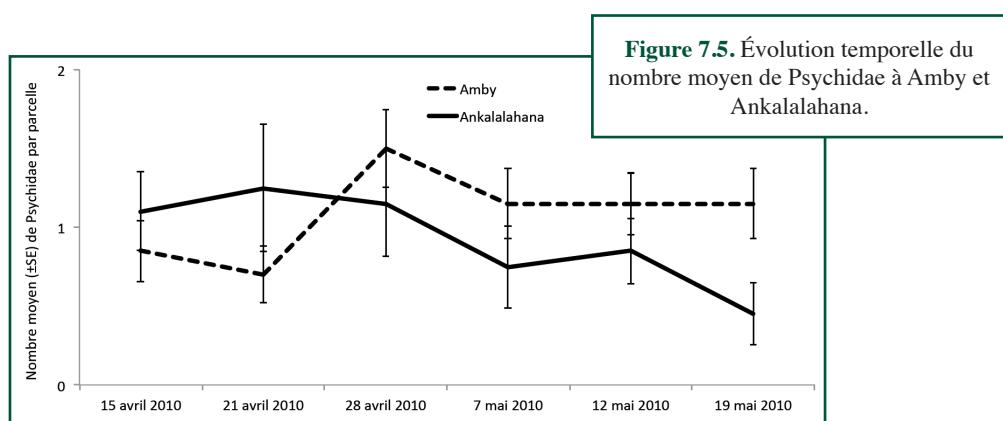


Figure 7.5. Évolution temporelle du nombre moyen de Psychidae à Amby et Ankalahana.

sur ces deux sites. Il semble à nouveau que l’interdiction de récolte des *B. cajani* n’exerce pas d’influence sur les populations de Psychidae.

7.3.2. Enquêtes socio-anthropologiques

Sept personnes ont été interrogées à Vatolaivy, cinq l’ont été à Ankalahana et 19 autres à Amby. Les populations locales emploient le terme de *fangalabola* pour toutes les espèces de Psychidae. Sur ces 31 personnes, 30 connaissaient les *fangalabolas*. Les réponses apportées par ces enquêtes ne concernent donc que les 30 personnes connaissant les *fangalabolas*. Parmi celles-ci, 23 personnes considéraient que sous ce nom n’existait qu’une seule espèce de papillon. Sur ces 30 personnes, seule une a déjà observé le papillon adulte et a pu le décrire.

Sur les 30 personnes connaissant les *fangalabolas*, 12 pouvaient témoigner de la production de soie chez ces espèces de Lépidoptères (**Figure 7.6**, voir cahier couleur). Les 18 personnes ne le savent pas, en ont été informées avant de poursuivre le questionnaire. Sur les 30 personnes interrogées, 26 pensent que personne n’exploite cette soie, une autre précise que celle-ci dispose de propriétés la rendant intéressante à valoriser. Les trois autres ne savent rien à ce sujet. Manifestement, personne n’exploite la soie de *fangalabola* à Amby, Ankalahana et Vatolaivy. Seules deux personnes pensent que la soie a été exploitée dans le passé, 24 affirment le contraire. Selon ces deux personnes, lors de la colonisation, la soie de *fangalabola* était exploitée à des fins domestiques ou sociales. Pour extraire cette soie, les Malgaches utilisaient la même technique que celle utilisée pour le *landibe*. Elle était essentiellement utilisée pour des vêtements et des sous-vêtements. La soie de *fangalabola* était aussi exploitée auparavant à Ambositra. Cette soie avait une résistance supérieure à la soie de *landibe*. Des linceuls avaient été confectionnés avec de la soie de *fangalabola*. Les villageois ont constaté que ceux confectionnés avec la soie de *landibe* se dégradaient rapidement mais que ceux réalisés en *fangalabola* étaient plus résistants. Lorsque les linceuls étaient remplacés, il fallait couper les fils de soie de *fangalabola* pour les enlever.

Un fourreau a été présenté à ces 30 personnes, et il leur a été demandé de comparer la qualité de la soie de ce fourreau à celle du *landibe*. Deux personnes estiment que la soie est plus solide, une autre pense que la soie est plus lourde et épaisse, les autres n’ont pas d’avis. Plus de la moitié des personnes interrogées (16) pensent que la même technique d’extraction de la soie pratiquée sur la soie du *landibe* peut être appliquée aux fourreaux de *fangalabola*. Trois autres personnes pensent qu’il faudra adapter la technique au cas particulier des fourreaux de *fangalabola*. Les autres sont sans avis. Onze personnes pensent que la soie du *fangalabola* pourrait constituer une alternative à la soie du *landibe*, mais soulignent qu’il faut de bonnes compétences artisanales, et qu’une condition est que la soie ait la même texture que celle du *landibe*. Cinq personnes partagent un avis contraire, invoquant qu’ils avaient réalisé l’essai d’extraire la soie sans succès, parce que la soie de *fangalabola* semblait trop molle. Quatorze autres personnes doutent ou sont sans avis. Seize personnes seraient prêtes à exploiter la soie du *fangalabola*, éventuellement moyennant certaines conditions (qu’on leur assure la faisabilité de l’extraction, et qu’on leur garantisse un revenu). Six n’envisageraient jamais son exploitation. Huit sont sans avis.

La proximité de la route asphaltée pour les villages d’Amby et Ankalahana rend les villageois moins dépendants de leur environnement. L’idéal eût été de réaliser ces enquêtes également dans des régions plus éloignées de la route où les populations sont restées plus dépendantes

de leur environnement naturel. Des études ultérieures en ce sens permettraient certainement d'affiner l'approche réalisée ici et donc d'approfondir les connaissances sur le sujet. Un autre inconvénient associé à notre méthodologie doit être mentionné : il a été nécessaire de recourir à trois interprètes différents pour réaliser les enquêtes. Cela a engendré un biais supplémentaire. Il eût été évidemment préférable de réaliser ces enquêtes avec le même interprète du début à la fin. De plus, lors des enquêtes, nous n'avons pas toujours pu choisir un endroit calme.

7.3.3. Méthode d'extraction de la soie de Psychidae

Au vu des informations obtenues lors des enquêtes, nous avons tenté de reproduire la méthode d'extraction de la soie de Psychidae, et avons comparé cette soie à celle du *landibe* (Costa, 2004 ; 2005). Nous avons demandé à une villageoise ayant déjà extrait la soie de *landibe*, d'appliquer sa méthode à l'extraction de la soie de *fangalabola*. La matière première consistait en 338 fourreaux, qui étaient soit constitués de brindilles placées longitudinalement, soit de brindilles placées transversalement. Ces fourreaux avaient été prélevés à Amby, Ankalahana et Vatolaivivy.

– Première étape : Enlèvement des brindilles et retournement des fourreaux

Les fourreaux sont débarrassés manuellement de leurs brindilles. Cette étape a duré environ une demi heure à cinq personnes pour 338 fourreaux. Après cette manipulation, les fourreaux présentent toujours des petites particules qu'il est impossible d'enlever manuellement car elles sont trop petites et bien attachées (**Figure 7.7**, voir cahier couleur). Ensuite, les fourreaux sont retournés à l'aide d'une tige de graminée ou de brindilles. Ce travail permet aux petites brindilles restantes de se retrouver à l'intérieur.

– Deuxième étape : Cuisson des fourreaux

Les fourreaux débarrassés de leurs brindilles sont enveloppés dans un tissu. Ils sont ensuite placés dans une marmite avec de l'eau bouillie jusqu'à ce que la soie ait un aspect d'ouate. Cette opération a duré 11 heures.

– Troisième étape : Séchage de la soie

Idéalement, la soie doit être séchée en la plaçant sur un mur au soleil. Lorsqu'elle est sèche, elle tombe du mur.

– Quatrième étape : Filage de la soie

La soie peut alors être filée en la tirant hors de son fourreau (**Figure 7.8**, voir cahier couleur). Cette soie a été filée sur la cuisse de l'opératrice.

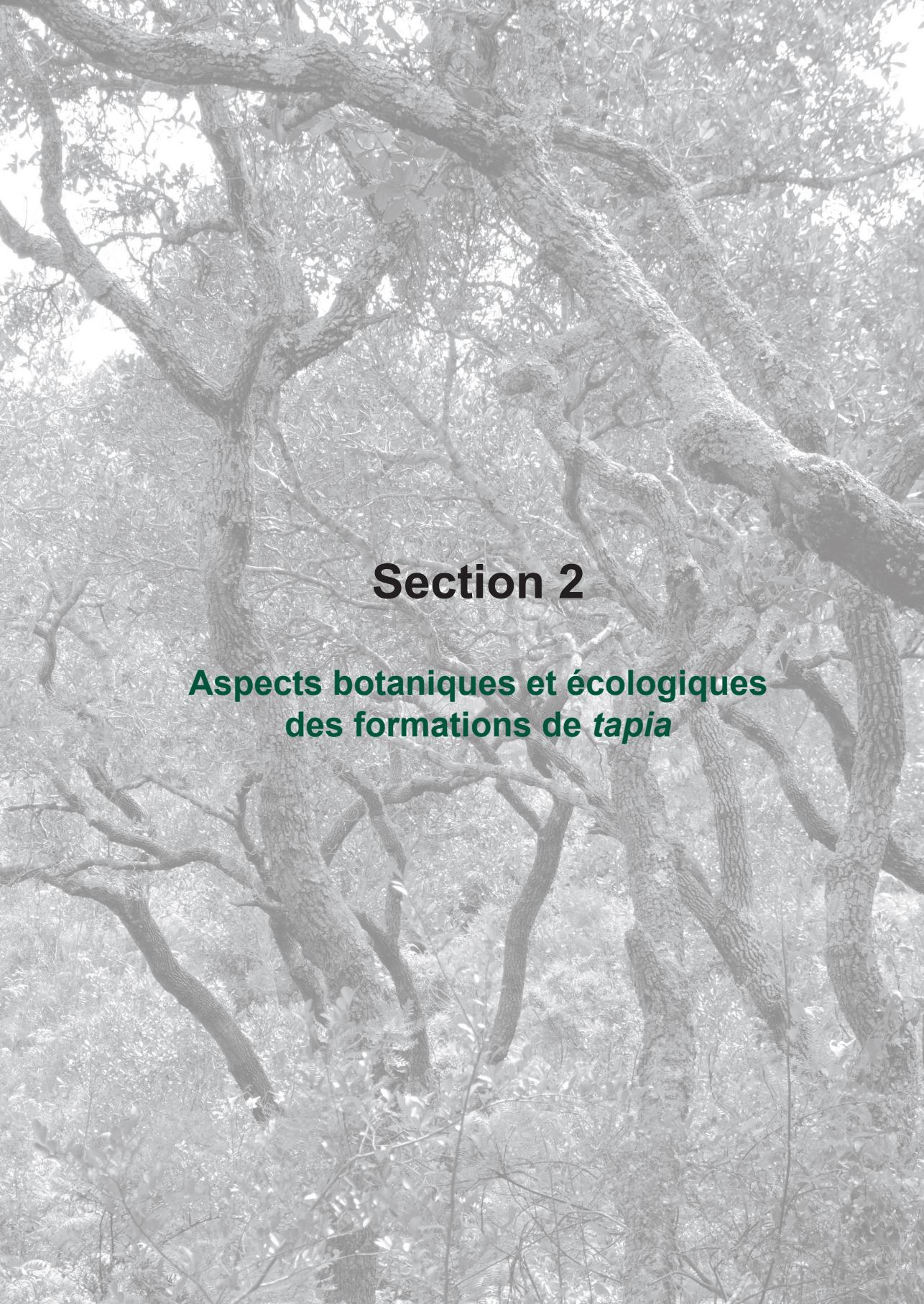
Les 338 fourreaux ont donné 20 mètres de soie après extraction. Cependant, l'opératrice précise qu'avec plus d'expérience, il serait possible d'obtenir plus de soie.

Comparativement à l'extraction de la soie de *landibe*, diverses difficultés ont été rencontrées. Premièrement, l'enlèvement des brindilles est une étape supplémentaire et chronophage. Deuxièmement, les fourreaux utilisés pour l'extraction de la soie sont plus petits que les cocons de *landibe*. Cette caractéristique augmente le temps de préparation de la soie. Avec le *landibe*, cela peut se réaliser en série à l'aide d'un gros bâton qui peut être placé sur le sol. Les fourreaux de *fangalabola* se traitent, eux, un par un, avec des plus petits bâtons ou des tiges de graminées. Enfin, avec le même nombre de cocons de *landibe*, il serait possible, selon l'opératrice, de produire 250 mètres de fil de soie.

À côté de ces inconvénients, la soie de *fanganabola* semble avoir une résistance au moins équivalente à la soie de *landibe*, mais est de couleur plus claire. Selon l'opératrice, la soie des fourreaux aux brindilles disposées longitudinalement est d'une qualité qui se rapproche plus de celle de *landibe*, et est meilleure et plus épaisse que la soie des fourreaux aux brindilles disposées transversalement.

7.4. BIBLIOGRAPHIE

- Bourgogne J., 1984. *Insectes. Lépidoptères Psychidae Oiketicinae*. Faune Madagascar n° 63. Paris : ORSTOM/CNRS.
- Castel R.R., 1938. *Étude biologique et industrielle des animaux producteurs de soie à Madagascar*. Rennes, France : Université de Rennes – Faculté des Sciences.
- Costa M., 2004. *Manuel technique de sériciculture. Élevage des vers à soie : Volume 2*. Antananarivo : CITE/SAHA/Programme soie ONUDI.
- Costa M., 2005. *Manuel de filature de la soie*. Antananarivo : CITE.
- Diez L., 2008. *Étude de la filière soie de landibe ou Borocera spp. (Lepidoptera : Lasiocampidae) dans la région d'Itasy à Madagascar – Problématique environnementale, intérêts économiques et enjeux sociaux*. Mémoire. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (Belgique).
- Ghaye J., 2009. *Analyse de la dégradation des forêts endémiques de Tapia, Uapaca bojeri, dans la région d'Itasy, Madagascar*. Mémoire. Université Libre de Bruxelles (Belgique).
- Grangeon M., 1910. Les bois de tapia. *Bull. Écon. Madagascar*, **10**(2), 181-185.
- Hardenberg C.B., 1919. South African bagworms, their transformations, life history, and economic importance. *Ann. Natal Mus.*, **3**, 619-685.
- Heyllaerts F.J.M., 1884. Observations synonymiques et autres relatives à des Psychides avec description de novae species. *C. R. Séances Soc. Entomol. Belgique*, série III, n° **41**.
- Jansens C., 2009. *Acquis et limites de la gestion locale sécurisée des forêts de tapia dans la région d'Itasy, communes d'Arivonimamo II et de Soamahamanina*. Mémoire. Université de Liège/Université libre de Bruxelles/Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux (Belgique).
- Kull A., Ratsirarson J. & Randriamboavonjy G., 2005. Les forêts de tapia des Hautes Terres malgaches. *Terre malgache-Tany Malagasy*, **24**, 22-58.
- Paulian R. & Vienne P., 1955. Essai d'un catalogue des lépidoptères hétérocères de Tananarive. *Mémoire de l'Institut scientifiques de Madagascar*, Série E, Tome **VI**, 141-231.
- Randriamamonjy F., 1967. Contribution à la connaissance du Psychidae malgache *Deborrea malgassa* Heylaerts. *Ann. Soc. Entomol.*, **3**(1, 2), 191-206.
- Ravelomanantsoa H., 2005. Programme de visite sur le terrain du 28 septembre 2005, Antananarivo : SAHA.
- Viette P., 1990. *Liste récapitulative des Lépidoptères Hétérocères de Madagascar. A provisional check-list of the Lepidoptera Heterocera of Madagascar*. Faune Madagascar, Suppl.1.
- Vinson A., 1863. Du ver à soie de Madagascar, ou ver à soie de l'ambrevade (*Borocera cajani* Vinson). *Bull. Soc. Imp. Zool. Acclim.*, **10**, 505-512.



Section 2

**Aspects botaniques et écologiques
des formations de *tapia***

Photo :
Bois de *tapia* de la commune d'Arivonimamo. © Diez L.

8 — La forêt de *tapia*, écosystème endémique de Madagascar : écologie, fonctions, causes de dégradation et de transformation (synthèse bibliographique)

Olivia L. RAKONDRAZOA, François MALAISSE, Gabrielle L. RAJOELISON,
Tsiresy M. RAZAFIMANANTSOA, Misha R. RABEARISOA,
Bruno S. RAMAMONJISOA, Noromalala RAMINOSOA, François J. VERHEGGEN,
Marc PONCELET, Éric HAUBRUGE, Jan BOGAERT

Cet article constitue une synthèse sur la forêt de *tapia* (*Uapaca bojeri* Baill.) de Madagascar en vue de présenter son importance dans le développement de la communauté riveraine *via* l'amélioration des revenus par ménage. La forêt de *tapia* est une formation « socio-naturelle », à strate arborée *quasi* monospécifique et endémique de Madagascar. Elle est localisée uniquement dans les Hautes Terres malgaches. À part les fonctions écosystémiques, la forêt de *tapia* abrite différentes ressources naturelles, entre autres les produits forestiers non ligneux et ligneux, qui jouent un rôle important dans l'économie locale informelle. Toutefois, cette formation végétale est menacée par la destruction humaine à travers les feux de brousse, la production de bois de chauffe et de charbon de bois, l'extension de l'agriculture et l'envalissement par des espèces exotiques de reboisement. Subséquemment, la gestion durable et la protection de cette forêt sont essentielles afin que les populations riveraines puissent en profiter de génération en génération.

***Tapia* forest, endemic ecosystem to Madagascar: ecology, functions, causes of degradation and transformation: a review**

This article presents an overview of the *tapia* forest (*Uapaca bojeri* Baill.) in Madagascar in order to emphasize its importance for the development of the local population through improving household incomes. The *tapia* forest is a “socio-natural” formation, quasi-monospecific with regard to the tree stratum and endemic to Madagascar. It is only located in the Highlands of Madagascar. Alongside its ecosystem functions, the *tapia* forest hosts various resources, including non-timber forest products as well as timber itself, all of which play an important role in the informal local economy. However, the *tapia* ecosystem is threatened by human destruction through bush fires, production of firewood and charcoal, agriculture expansion, and by invasion of exotic species introduced for the purposes of reforestation. Subsequently, the sustainable management and protection of the *tapia* forest is essential in order to enable local populations to reap its benefits across several generations.

Cet article a déjà fait l'objet d'une publication en 2012 dans *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(4), 541-552.
Reproduit avec l'autorisation de l'éditeur.

8.1. INTRODUCTION

L'île de Madagascar, située à environ 400 km à l'est de l'Afrique continentale, présente une superficie de 587000 km² (Green et al., 1990). Elle constitue un véritable *hotspot* par son étonnante biodiversité et les menaces pesant sur elle (Myers et al., 2000). Plus de 12000 espèces végétales y sont répertoriées, dont le degré d'endémisme a été estimé à des valeurs comprises entre 82 et 90 % (Gautier et al., 2003; Minten et al., 2003; Groupe des Spécialistes des Plantes de Madagascar, 2011). En outre, le taux d'endémisme de la faune est également élevé : 51 % pour les oiseaux (Hawkins et al., 2003), 90 % pour les mammifères (Garbutt, 1999), plus de 90 % pour les reptiles (Raxworthy, 2003) et 99 % pour les amphibiens (Glaw et al., 2003). Cependant, la superficie des forêts naturelles malgaches qui abritent la majorité de ces espèces, continue de décroître à cause de défrichements et/ou de la pratique de cultures itinérantes sur brûlis, des feux de brousse, de l'exploitation minière, de la production de bois d'énergie et de l'exploitation illégale de bois de construction (Barrett, 1999; McConnell, 2002; Blanc-Pamard et al., 2003; Styger et al., 2007). Selon Harper et al. (2007), le taux de déforestation annuel de la Grande Île a été de 0,3 % de 1950 à 1970, de 1,7 % entre 1970 et 1990, et de 0,9 % à partir de 1990 jusqu'en 2000. Ce taux était de 0,3 % entre 2000 et 2005 (FAO, 2009).

Dans les Hautes Terres centrales de Madagascar, les forêts naturelles sont rares et la forêt de *tapia* fait partie de ces rares exceptions (Barale, 2010), notamment grâce à sa résistance au feu (Léandri, 1957). La quantité et la qualité des produits forestiers de la forêt de *tapia*, comprenant les soies sauvages, les fruits comestibles, les champignons comestibles et le bois de chauffage, jouent un rôle important dans l'économie locale (Kull et al., 2005 ; Razafimanantsoa et al., 2012, chapitre 1). De ce fait, la forte dépendance des communautés riveraines de la forêt a engendré des pressions et des menaces sur l'écosystème en question (Randrianarisoa et al., 2008). Les forêts de *tapia* ont perdu, au cours des dernières décennies, une proportion importante de leur superficie. Cette observation ne correspond pas à celles de Kull (2002 et 2003) et Kull et al. (2005) mentionnant la stabilité, voire l'augmentation, de la densité et de la couverture forestière de *tapia*, mais se base sur une analyse de photographies aériennes entre les années 1950 et 1990. Les bois de *tapia* sont des témoins dégradés de la forêt dense sclérophylle, réduite à l'unique espèce arborée *Uapaca bojeri* (Gade, 1985). En effet, avant l'intervention humaine, cette dernière n'était qu'une essence parmi les diverses essences qui composent la forêt dense sclérophylle (Gade, 1985) et leurs caractéristiques suggèrent que les feux réguliers favorisent sa dominance. Autrement dit, cette formation végétale est maintenue par les actions humaines (Kull et al., 2005), ce qui explique sa stabilité, voire localement l'augmentation de sa superficie. Cependant, Rajoelison et al. (2009) ont souligné la déforestation des forêts de *tapia* dans certaines régions de Madagascar entre 1990 et 2005. Pour les régions d'Itasy et d'Amoron'i Mania, les taux de déforestations annuels de la forêt de *tapia* sont respectivement de 3,26 % et 3,77 % entre 1990 et 2000, et de 7,41 % et 4,02 % entre 2000 et 2005 (Rajoelison et al., 2009), alors que celui de la Grande Île, au cours de ces mêmes années, est de 0,3 % (FAO, 2009). Il est à noter que pour la région d'Itasy, les forêts de *tapia* représentent les derniers vestiges de la végétation forestière originelle (Barale, 2010). Nous tenons à mettre l'accent sur « végétation forestière originelle » car certains types de végétations herbeuses de marécage et de savane sont vraisemblablement aussi originelles (Bond et al., 2008).

Bien que l'hypothèse de régression de la superficie forestière de *tapia* mérite d'être approfondie (Kull, 2002 ; 2003 ; Kull et al., 2005), la dégradation et la déforestation de la forêt de *tapia* demeurent une préoccupation majeure vu sa particularité et son importance. Dans ce cadre,

cette contribution a l'ambition de synthétiser les informations concernant cet écosystème propre à Madagascar, dans le but d'affirmer la nécessité de sa gestion durable au profit de la population locale. L'approche principale a consisté en une compilation bibliographique, validée par des visites sur le terrain afin d'avoir une meilleure analyse de l'écosystème en question.

8.2. LOCALISATION DES FORÊTS DE *TAPIA*

Selon Koechlin et al. (1974), la plus grande partie de la zone des pentes occidentales a été boisée en forêt de transition entre les forêts humides de l'est et les forêts sèches de l'ouest, et les forêts de *tapia* ont été limitées à des zones de sol peu nutritif ou de sol rocheux. De même, Burney (1997) a montré que la végétation ancienne des Hautes Terres malgaches est caractérisée par une mosaïque dynamique, avec des zones de savane arborée, de forêt rupicole et humide et de forêt sclérophylle.

Les forêts de *tapia* sont les plus xérophytiques des forêts sempervirentes de Madagascar. Elles se localisent sur les pentes occidentales des Hautes Terres malgaches, où la saison sèche dure de 5 à 7 mois, avec une température moyenne annuelle oscillant entre 17 et 22 °C (Kull et al., 2005). Plus précisément, elles occupent les zones caractérisées par une altitude variant de 800 m à 1 600 m et par une précipitation moyenne annuelle comprise entre 900 mm et 1 400 mm (Gade, 1985). Les sites préférentiels présentent une orientation préservée de l'action des vents dominants du Sud-Est (Perrier de la Bâthie, 1921). Des conditions climatiques particulières ont été observées. Ainsi, Vignal (1963) a mentionné que la forte gelée du 18 au 22 août 1956 a entraîné des déperissements de *tapia*, en se basant sur une hypothèse émise par Aubréville (1957) suivant laquelle ces déperissements avaient pour origine la présence de masses d'air froid dans les vallées. Ce phénomène se manifeste par le dessèchement des cimes et la présence de gourmands sur les branches les plus basses, ainsi que sur les rejets de souche.

Les zones occupées par la forêt de *tapia* sont formées par des sites d'éboulis granitique, gneissique ou quartzitique, ou sur sol brut d'érosion (sols squelettiques à la roche mère, fragmentés sur place ou transportés sur une faible distance) (Koechlin et al., 1974). La superficie occupée par cette formation est estimée à 131 900 ha (Moat et al., 2007). Selon Kull et al. (2005), l'aire de sa distribution est divisée en quatre zones principales :

- Imamo, formé par les districts d'Arivonimamo et de Miarinarivo ;
- Col des Tapia, se trouvant entre les districts d'Antsirabe et d'Ambositra ;
- Itremo, regroupant Ambatofinandrahana et la chaîne d'Itremo ;
- Isalo, près de Ranohira (**Figure 8.1**).

Quelques lambeaux de *tapia* peuvent encore être observés entre la zone d'Itremo et le Col des Tapia.

8.3. ÉCOLOGIE DE LA FORÊT DE *TAPIA*

8.3.1. La forêt de *tapia*

Les peuplements de *tapia* sont des formations très ouvertes, qui sont parcourues fréquemment par les feux de brousse (Vignal, 1963), se présentant sous forme d'une forêt claire ou savane boisée (Rakoto-Ramiarantsoa, 1995). Selon la classification des formations végétales

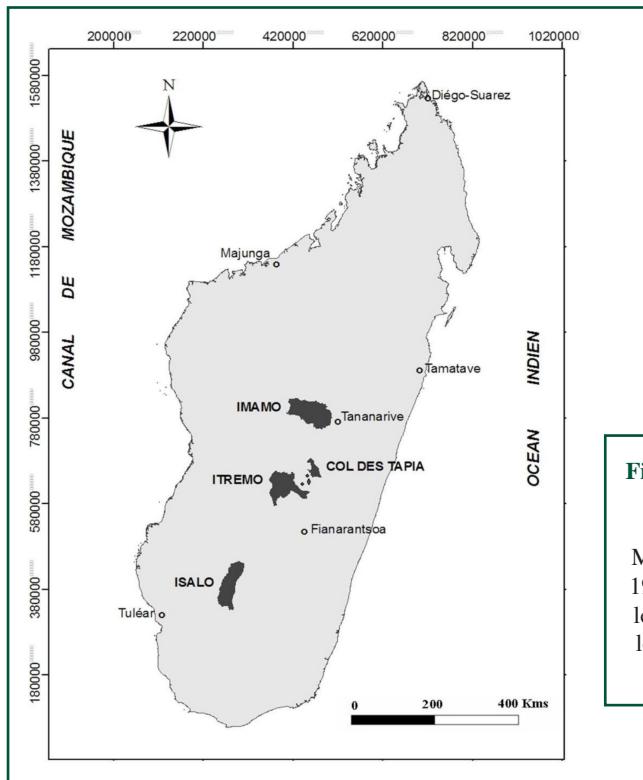


Figure 8.1. Distribution des forêts de *tapia* à Madagascar.

Projection utilisée : Laborde Madagascar, ellipsoïde international 1924. Les zones en noir représentent les endroits où les forêts de *tapia* se localisent. Elles n'indiquent pas les couvertures forestières de *tapia*.

effectuée par Malaisse (1982), la savane boisée et la forêt claire se caractérisent respectivement par des surfaces terrières comprises entre 5 et 15 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ et entre 15 et 25 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. En effet, la quasi-totalité des forêts sclérophylles des Hautes Terres malgaches a fait l'objet de passages de feu et ne se présente plus alors que sous l'aspect de forêts claires : une strate arborée d'essences forestières clairsemées (Koechlin et al., 1974). Le couvert est principalement composé d'*Uapaca bojeri*, qui offre une grande résistance au feu par rapport aux autres espèces (Gade, 1985 ; Kull et al., 2005). En effet, son épaisse écorce, ses feuilles difficilement inflammables et sa capacité de se régénérer par rejet des souches forment des caractères typiques des arbres pyrophyltes (Campbell, 1996). Cette caractéristique pyrophylte d'*Uapaca bojeri* mérite d'être confirmée car elle n'est pas encore prouvée scientifiquement (Figure 8.2, voir cahier couleur).

Uapaca bojeri se maintient souvent comme espèce dominante de la forêt, longtemps après que les autres espèces qui lui étaient associées aient disparu. Parmi ces dernières, celles qu'on trouve le plus fréquemment sont trois espèces de Sarcolaenaceae, à savoir *Leptolaena pauciflora* Baker, *Leptolaena bojeriana* (Baill.) Cavaco et *Sarcolaena oblongifolia* F.Gérard. Les autres espèces associées comprennent *Asteropeia densiflora* Baker (Asteropeiaceae), *Agauria salicifolia* (Lam.) Oliv. (Ericaceae), *Weinmannia* spp. (Cunoniaceae), *Dodonaea madagascarensis* Radlk. (Sapindaceae), *Faurea forficulifera* Baker (Proteaceae), *Brachylaena microphylla* Humbert (Asteraceae), *Rhus taratana* (Baker) H.Perrier (Anacardiaceae), *Protorhus buxifolia* H.Perrier (Anacardiaceae), *Schefflera bojeri* (Seem.) R.Vig. (Araliaceae), *Alberta* spp. (Rubiaceae) et *Enterospermum* spp. (Rubiaceae) (White, 1986).

La forêt de *tapia* est une formation végétale sclérophylle, endémique et de taille réduite (Kull et al., 2005), en apparence similaire à la forêt de chêne-liège (*Quercus suber* L.) du bassin méditerranéen (White, 1986). Elle se présente sous forme d'une futaie et se caractérise par deux strates principales : une strate supérieure, formée de petits arbres tortueux, bas branchus et une strate inférieure, avec des arbustes et plantes suffrutescentes (Direction des Eaux et Forêts, 1996). Les espèces de sous-bois y sont très variées, telles *Aphloia theiformis* (Vahl) Benn. (Aploiacées), *Leptolaena* sp. (Sarcocaulacées), *Erica* sp. (Ericacées), *Aristida multicaulis* Baker (Poacées), *Helichrysum gymnocephalum* (DC.) Humb. (Asteracées), *Psiadia altissima* (DC.) Drake (Asteracées), *Schefflera bojeri* (Seem.) R.Vig. (Araliacées) (Kull et al., 2005 ; Rakotoniaina, 2010).

Le **tableau 8.1** donne un ordre d'idées de la densité des individus ayant un diamètre à hauteur de poitrine supérieur ou égal à 5 cm dans la forêt de *tapia*.

Tableau 8.1. Densité des arbres ayant un diamètre à hauteur de poitrine supérieur ou égal à 5 cm.

Zone	Type de forêt (Nomenclature des auteurs cités)	Densité (indiv·ha ⁻¹)	Source
Col des Tapia	Forêt dense	941	Kull et al., 2005
	Forêt claire	597	
Arivonimamo	Forêt dense	660	Rakotoniaina, 2010
	Forêt moyennement dense	555	
	Forêt claire	182	

8.3.2. Le *tapia* ou *Uapaca bojeri*

Le genre afro-malgache *Uapaca* a été établi en 1858 par Baillon pour deux espèces malgaches. Il se distingue aisément au sein de la famille des Euphorbiacées, telle que comprise au 20^e siècle, par son port pachycarpe, sa texture foliaire ainsi que par son capitule mâle globuleux et involucré. Les fleurs femelles sont également involucrées, mais solitaires ; les stigmates fréquemment laciniés peuvent enrober l'ovaire (Radcliffe-Smith, 1993). Ce genre relève aujourd'hui, selon le système APG III (*Angiosperm Phylogeny Group III system*), de la famille des Phyllanthacées. Il comprend une soixantaine d'espèces distribuées en Afrique occidentale, orientale et australe ainsi qu'à Madagascar, où 12 espèces endémiques sont reconnues (Léandri, 1957 ; Kull et al., 2005). Aucune révision récente des espèces malgaches n'a été effectuée. Leur identification repose sur divers caractères, à savoir la longueur du fruit (18 à 20 mm), la présence ou l'absence d'un faux-pédoncule à la base du fruit, la texture du fruit (lisse ou à peine granuleux, verruqueux à verruculeux), ainsi que la présence éventuelle de côtes longitudinales sur le fruit, la forme du fruit, le pédoncule du fruit (longueur, articulation), le pétiole de la feuille, la morphologie du limbe, ainsi que le nombre de nervures secondaires, la présence ou l'absence de racines adventives à la base du tronc, la nature de l'écorce, enfin la sociabilité du taxon (pieds isolés ou en peuplements) (Léandri, 1957).

Trois espèces malgaches sont bien connues des populations et possèdent des noms vernaculaires propres ; il s'agit de *Uapaca thouarsii* Baill. ou *voampaka*, *Uapaca densifolia* Baker ou *paka* et *Uapaca bojeri* Baill.

Uapaca thouarsii est un arbre de 10 à 20 m de hauteur, à cône de racines adventives partant de la base du tronc. Les feuilles sont cireuses-visqueuses, à pétiole de 2 à 4 cm de long, renflé et coudé vers le sommet. Cette essence est observée dans les forêts humides sempervirentes.

Uapaca densifolia est un petit arbre de 6 à 10 m de hauteur, à racines adventives, à feuilles subsessiles à brièvement pétiolées, étroites, pouvant atteindre 6 à 8,5 cm de long et 3 cm de large.

Appelée localement sous divers noms, à savoir *hazondandy* (*merina, betsileo, ancien*), *tapia* (*merina, betsileo, bara*), *voampaka* (*betsileo*), *voantapia* (*betsileo*), *U. bojeri* peut atteindre 9 à 12 m de hauteur. C'est une essence sempervirente, sclérophylle, héliophile (Koechlin et al., 1974) et pyrophyte (Gade, 1985). Elle ne possède pas de racine adventive et croît en peuplements. Sa cime présente un aspect sphérique, rappelant quelque peu celle de l'olivier (Vignal, 1963). À l'état isolé, le fût est vertical, mais la plupart des arbres présentent des fûts tortueux. L'écorce du tronc est très épaisse (1,5 à 2 cm) et crevassée. Le tronc peut atteindre 60 cm de diamètre à hauteur de poitrine (Kull et al., 2005). Les feuilles sont alternes, subsessiles ou à pétiole atteignant 1 cm ; à l'extrémité des rameaux, elles sont dressées et disposées en spirales serrées (Cabannis et al., 1969). Le limbe est simple, entier, obovale-spatulé, coriace, vert foncé au-dessus, plus clair en dessous, de plus ou moins 9 × 4 cm, longuement atténué à la base. Il est parfois couvert de glandes crevant à maturité et laissant sur le sec un dépôt pruineux-résineux (Léandri, 1957). Les nervures secondaires sont peu saillantes. Les inflorescences mâles sont axillaires, leur pédoncule peut atteindre 2 cm de long ; la fleur est sous-tendue par 6 à 8 bractées, les externes ovales, les internes orbiculaires ; le calice est à lobes courts. Les inflorescences femelles sont subsessiles, à ovaire à 3 loges. Le style est bi- ou trifurqué. Les fruits sont des drupes obovoïdes, oblongues, arrondies, à côtes plus ou moins saillantes, de 20-30 × 18-20 mm. Les drupes sont vertes ou jaunes sur l'arbre ; elles deviennent brunes lorsqu'elles sont mûres et tombent au sol. Les sépales sont plus ou moins ciliés sous le fruit. Les graines atteignent 18 mm de long (**Figure 8.3**).

8.4. MULTIFONCTIONNALITÉ DE LA FORÊT DE *TAPIA*

Les espaces forestiers ont des fonctions multiples : ils peuvent être source de revenus (production de bois et de produits forestiers non ligneux) ; ils jouent également des rôles socio-culturels et écosystémiques. La forêt de *tapia* contribue à environ 7 % de l'économie monétaire locale (Kull et al., 2005). Il convient de noter que les observations formulées ci-dessous par Blanc-Pamard et al. (2003) et Minten et al. (2003) portent sur les forêts de Madagascar en général et non uniquement sur les forêts de *tapia*.

8.4.1. Le bois de *tapia*

L'utilisation de bois comme source d'énergie domestique est très courante dans les zones rurales malgaches. En effet, plus de 70 % du total de la consommation en énergie de la Grande Île est assurée par les ligneux (Intercoopération, 2009), mais essentiellement par des essences de reboisement telles que l'eucalyptus. L'usage de bois de *tapia* comme source d'énergie domestique (bois de chauffe, charbon de bois) est fréquent dans la région riveraine. Pour le Col des Tapia, 92 % des familles se procurent au moins une partie de leur bois de chauffage dans la forêt de *tapia* (Kull et al., 2005). La commercialisation du bois de chauffe est relativement faible, environ 86 % des ménages collectent eux-mêmes leur bois de chauffe. Il semble par contre que le charbon de bois est principalement destiné à la commercialisation dans certaines

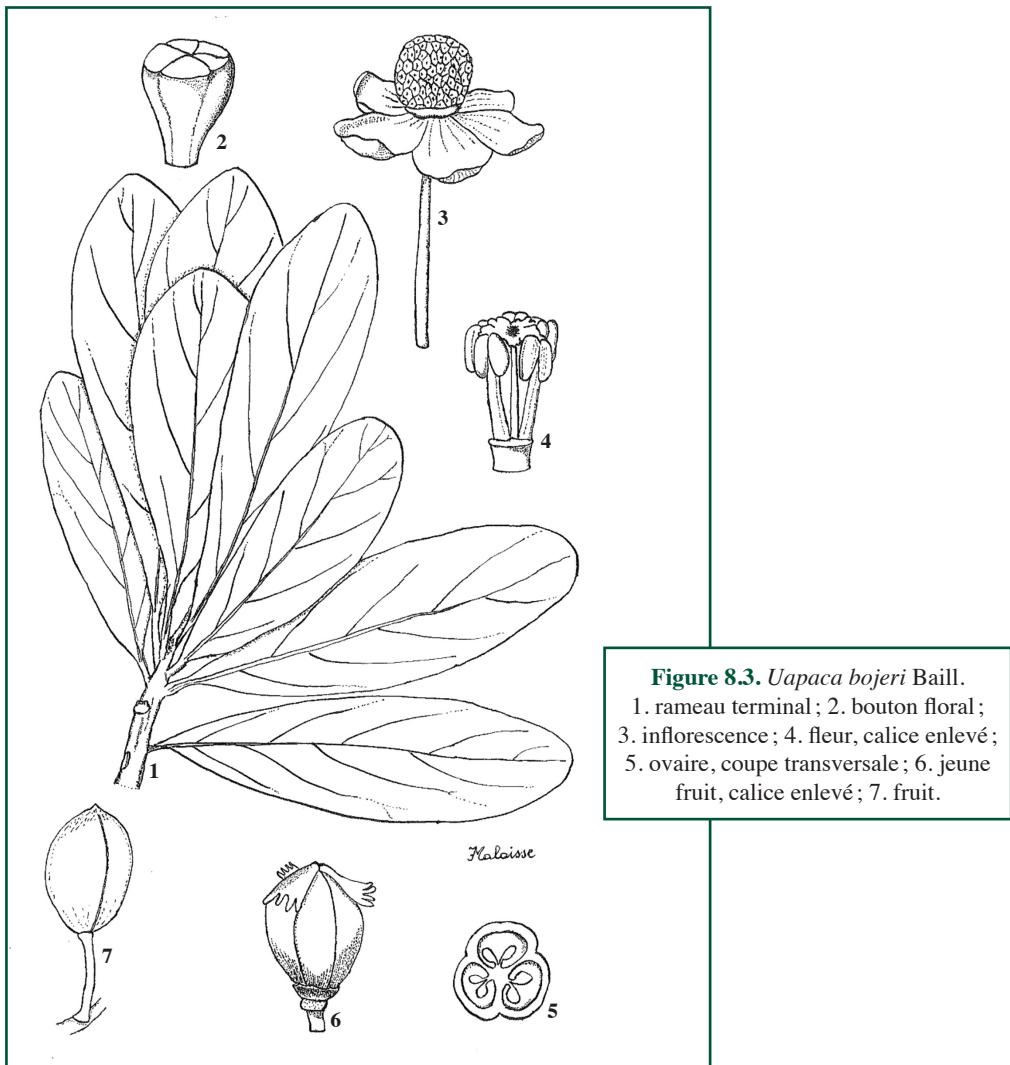


Figure 8.3. *Uapaca bojeri* Baill.

1. rameau terminal ; 2. bouton floral ;
3. inflorescence ; 4. fleur, calice enlevé ;
5. ovaire, coupe transversale ; 6. jeune
fruit, calice enlevé ; 7. fruit.

régions, étant donné qu'il est plus dense et plus facile à transporter que le bois de chauffe (Minten et al., 2003). De plus, ce combustible est mieux adapté aux contraintes de la cuisine urbaine malgache avec la généralisation du réchaud à charbon (*fatapera*) (Blanc-Pamard et al., 2003).

L'exploitation de la forêt à Madagascar est essentiellement destinée à couvrir les usages domestiques (Minten et al., 2003). Dans certaines régions, les populations qui vivent à proximité de ces formations utilisent aussi le bois de *tapia* comme matériel de construction pour leur maison (échelles, piliers de véranda), comme matériel et accessoire d'usage quotidien (pilon, *rambaramba* [sorte de brouette]) ainsi que pour les poteaux de clôture des bétails (Intercoopération, 2009).

8.4.2. Les vers à soie sauvages

La sériculture malgache repose sur deux types de vers : les vers à soie domestiques qui sont nourris à partir des feuilles de mûriers et les vers à soie sauvages qui prolifèrent sur des arbres, notamment le *tapia* (Vestalys et al., 2008). En effet, le *tapia* constitue à la fois la plante hôte et le biotope du ver à soie *landibe* ou *Borocera cajani* (Boisduval) (Gade, 1985).

Les vers à soie sont des insectes à métamorphoses complètes (holométaboles) : de l'œuf à l'insecte parfait, ils passent par l'état de larve ou chenille, celui de chrysalide ou nymphe à l'intérieur du cocon et enfin le stade imago ou papillon (Costa, 2004). Le papillon femelle pond en une seule fois de 350 à 750 œufs et meurt. La chenille présente cinq stades larvaires où sa taille passe d'environ 8 mm (stade 1) à 120 mm de long (stade 5), en 51 à 77 jours. Le nombre de générations est de 2 à 3 selon les conditions climatiques et, par conséquent, il varie d'une région à une autre (Rakotoniaina, 2010). Dans les régions centrales malgaches, on peut avoir deux générations dans l'année : une génération en saison chaude issue des œufs qui éclosent vers le mois de novembre, la récolte des cocons ayant lieu vers les mois de février-mars, et une génération en saison froide qui débute vers mi-février et/ou au début mars permettant une récolte vers les mois de juillet-août.

L'exploitation de la soie sauvage remonte à une période bien antérieure à celle de l'introduction du *bombyx* du mûrier (Costa, 2004). La valorisation de la première ressource comprend un ensemble de stades allant de la collecte de cocons de vers à soie sauvages, passant par une transformation artisanale, jusqu'à la commercialisation aux niveaux national et international (Razafindrakoto, 2007). La filière soie sauvage fait partie des activités complémentaires génératrices de revenus non négligeables pour les riverains des forêts de *tapia* à Madagascar (Rakotoniaina, 2010). Si la soie est traditionnellement utilisée pour le tissage des linceuls (ou *lambamena*), de vêtements d'apparat des nobles, de nombreux stylistes de mode œuvrent de nos jours pour la valorisation de cette matière, notamment dans des créations destinées à l'exportation (Razafindrakoto, 2007), telles écharpes, nappes de table et dessus de lit (Vestalys et al., 2008). La majorité de la soie commercialisée vient de la zone d'Isalo ; la zone d'Itremo y contribue aussi, mais la production de *landibe* en zone d'Imamo a baissé depuis 1960 (Razafintsalama et al., 1999).

8.4.3. Autres produits forestiers non ligneux

Les forêts peuvent produire une variété de produits autres que le bois, utiles aux populations (Minten et al., 2003 ; chapitre 14). Le *tapia* produit de grandes quantités de petits fruits juteux qui sont commercialisés depuis plus de 200 ans (Kull et al., 2005). Les fruits de *tapia* sont destinés également à la fabrication de boissons alcoolisées et l'écorce de l'arbre est utilisée en cas de dysenterie (Cabannis et al., 1969). Par ailleurs, la forêt de *tapia* abrite également des champignons comestibles, notamment des *Cantharellus* spp. et des *Russula* spp., deux genres ectomycorhiziens (voir chapitre 14). Sur le plan faunistique, des hérissons tels que *Echinops telfairi* (Martin), *Setifer setosus* (Schreber) et des tenrecs, notamment *Tenrec ecaudatus* (Schreber), peuvent y être trouvés et sont chassés pour leur viande, ainsi que des lépidoptères comme l'espèce *Antherina suraka* (Boisduval) dont les chenilles sont collectées, consommées et quelquefois commercialisées (Kull et al., 2005). Le **tableau 8.2** nous renseigne sur les usages et les intérêts apportés par les différentes plantes rencontrées dans la forêt de *tapia*.

Tableau 8.2. Usages et intérêts de quelques espèces recensées dans la forêt de *tapia*.

Nom scientifique	Usages et intérêts	
	Médicinal	Autres
<i>Helichrysum faradifani</i> Scott-Elliot (Asteraceae)	- Plante stimulante	- Ombrage aux plants dans les pépinières de riz contre une forte insolation - Engrais vert dans le sillon de labour
<i>Vernonia appendiculata</i> Less. (Asteraceae)	- Contre varicelle ou rougeole - Feuilles fèbrifuges - Pulpe de fruit utilisée sur les plaies	- Feuilles comestibles - Bois d'œuvre
<i>Agauria buxifolia</i> (Comm. ex Lam.) H.Perrier (Ericaceae)	- Feuilles et graines utilisées contre les éruptions et en cas de gale - Feuilles pour les traitements de rhumatismes et pour soigner les plaies	- Plante insecticide
<i>Uapaca bojeri</i> Baill. (Phyllanthaceae)	- Écorce utilisée en cas de dysenterie	- Fruits comestibles - La tige fournit le meilleur produit à mélanger au tabac pour augmenter ses propriétés sternutatoires
<i>Aphloia theiformis</i> (Vahl) Benn. (Aphloiaceae)	- Décoction des feuilles dépurative, fèbrifuge et antirhumatismale - Plante utilisée contre les maladies de l'abdomen, la fièvre bilieuse, hémoglobinurique et pour soigner les maux de tête	- Baies comestibles - Feuilles employées comme succédané de thé en infusion
<i>Buddleja madagascariensis</i> Lam. (Scrophulariaceae)	- Désinfectant et antibiotique - Feuilles utilisées contre les parasites - Fleurs jaunes employées contre les maladies scrofulueuses et les affections chroniques - Racines toniques, aromatiques et dépuratives - Plante considérée comme bénigne, pectorale, sert contre l'asthme, la toux et le catarrhe bronchique	- Baies utilisées comme parfum dans le rhum local - Utilisation des cendres de rameaux pour préparer de la lessive et du savon mou - Feuilles fraîches écrasées pour nettoyer les planchers contre les puces
<i>Maesa lanceolata</i> Forssk. var. <i>rufescens</i> (A.D.C.) Taton (Myrsinaceae)	- Application des feuilles et des tiges broyées en cas d'urticaire - Feuilles et fruits contre les parasites intestinaux - Racine comme remède contre la syphilis, la blennorragie et les soins des blessures - Traitement de la varicelle et de la rougeole	- Utilisation possible en haie vive

Source : Samyn, 2001.

8.4.4. Fonctions écosystémiques

Les forêts de *tapia* ont des fonctions écosystémiques importantes (Rabetaliana et al., 2003). Elles contribuent à la protection du sol contre l'érosion, au maintien de l'environnement à proximité des cultures et des habitations, à la régulation du cycle de l'eau par le phénomène de rétention et d'évapotranspiration (Rajoelison et al., 2009). La forêt de *tapia* forme également un habitat préférentiel pour certains animaux (hérissons, vers à soie). *Uapaca bojeri* constitue la principale plante nourricière des vers à soie sauvages (Gade, 1985).

D'un point de vue global, les forêts tropicales contiennent 37 % du carbone des forêts mondiales (Lescuyer et al., 1999). Faisant partie de la forêt tropicale, la forêt de *tapia*

contribue donc à ralentir ou atténuer le réchauffement climatique. Cette argumentation est valable lorsque l'on accepte l'hypothèse que les forêts de *tapia* diminuent en superficie. Les forêts permettent de séquestrer le carbone dans leur biomasse végétale puis dans le sol. La biomasse épigée de la forêt de *tapia* est estimée à 20 t·ha⁻¹ correspondant à 10 t·ha⁻¹ de stock de carbone (Rajoelison et al., 2009).

8.4.5. Fonctions socio-culturelles

Les forêts de *tapia* jouent également des rôles socio-culturels. Elles constituent des lieux de récréation pour les populations riveraines, pour les touristes ou les différents acteurs de développement qui travaillent dans la zone. Une croyance villageoise se rattache aussi à la forêt de *tapia*, la cueillette des fruits sur pied demeure un tabou, on ne peut récolter que ceux tombés sur la terre (Kull et al., 2005). Selon les croyances locales, si on cueille les fruits encore sur l'arbre, un malheur va frapper le village, comme par exemple une chute de grêle conduisant à la destruction des cultures.

8.5. FACTEURS DE TRANSFORMATION ET DE DÉGRADATION

À Madagascar, les causes de la déforestation sont multiples, telles la pratique de l'agriculture sur brûlis (Barrett, 1999), la conversion de la forêt en pâturage (McConnell, 2002), la surexploitation des bois via la production de charbon de bois, les collectes excessives des produits forestiers non ligneux, enfin les problèmes fonciers. Ces causes sont étroitement liées à la pression démographique (McConnell, 2002), ainsi qu'à la pauvreté (Zeller et al., 1999).

Le feu de brousse constitue un des facteurs de dégradation des massifs de *tapia* (Rabarison et al., 2010). Bien que les arbres tolèrent le feu, les feux répétés peuvent les détruire et dégradent la capacité de régénération des *tapias* (Gade, 1996). Les Hautes Terres malgaches font partie des zones les plus touchées par ces feux de brousse (Otsuka et al., 2003). Les feux ont des rôles importants dans la vie des paysans (Kull, 2003 ; 2004). Ils sont utilisés pour le nettoyage des terrains de culture. Les feux assurent également la présence de l'herbe, évitant ainsi l'assèchement du pâturage. En effet, les feux de brousse de la saison sèche détruisent les plantes ligneuses, exposent le sol au soleil et fertilisent les nouvelles pousses d'herbe lorsque les pluies arrivent. Cependant, le renouvellement du pâturage et le défrichement ou le nettoyage de parcelles de culture non contrôlés (absence de pare-feux) constituent l'origine des feux de brousse (Minten et al., 2003). Ils peuvent également provenir des meules de charbon de bois mal surveillées (Otsuka et al., 2003). Dans certains cas, les voleurs de zébus (appelés localement *dahalo*) utilisent les feux pour se protéger contre la population qui se lance à leur poursuite ou, à l'inverse, la population met les feux aux forêts car ces feux leur permettent de mieux apercevoir les *dahalo* et, par voie de conséquence, les aident à se protéger contre leurs attaques (Minten et al., 2003).

La surexploitation du bois de chauffage fait partie des causes de dégradation de la forêt de *tapia* (Intercoopération, 2009). La technique de production repose sur une carbonisation lente des bois alignés et mis en tas, la meule étant complètement recouverte de paille et de terre. Elle exige donc l'abattage d'arbres, ce qui entraîne une réduction de la couverture ligneuse. L'importance de la production de charbon de *tapia* dépend de plusieurs facteurs, notamment la praticabilité des pistes, la distance du lieu de production au marché d'écoulement des produits, et

l'existence d'autres plantations forestières (Intercoopération, 2009). En effet, le *tapia* se substitue aux espèces de reboisement à croissance rapide, telles que *Eucalyptus* sp. (Carrière et al., 2007).

En tout état de cause, cette activité rémunératrice repose sur l'assurance d'un débouché car la demande urbaine est importante. Les besoins énergétiques pour la cuisson domestique des Malgaches sont couverts à plus de 97 % par le bois d'énergie, les urbains utilisant essentiellement le charbon de bois d'eucalyptus (Blanc-Pamard et al., 2003).

À Madagascar, l'agriculture représente l'activité principale des populations rurales dont 73,5 % vivent encore en dessous du seuil de pauvreté (Ramohavelo, 2009). Avec une pression démographique accrue, une saturation foncière des terres les plus fertiles, les espaces forestiers sont menacés d'être convertis en superficies agricoles (Blanc-Pamard et al., 2003). Cette situation est également observée dans les forêts de *tapia*. Les communautés riveraines des forêts de *tapia* ne disposent que de très peu de terrains agricoles, aussi bien dans les bas-fonds que sur les versants (Randrianarisoa et al., 2008). Les terrains forestiers de *tapia* convertis sont affectés aux cultures de manioc, de haricot, de maïs, d'ananas, etc. (Intercoopération, 2009).

Actuellement, l'envahissement par les espèces introduites comme *Pinus* sp. et *Eucalyptus* sp. constitue une autre menace sur la forêt de *tapia* (Kull et al., 2005). La plantation d'eucalyptus et de pin dans les espaces vides dans la forêt de *tapia* marque le début de la conquête des terrains cultivables (Intercoopération, 2009 ; Kull et al., 2012). Le choix de ces deux espèces repose sur le fait qu'elles présentent une haute capacité d'adaptation à différentes conditions bioclimatiques (Chaix et al., 2001). En effet, les eucalyptus et les pins peuvent être plantés sur ces savanes, qui sont en abondance sur les Hautes Terres malgaches (Trouve et al., 1996). Ces plantations satisfont aux enjeux de production de bois de chauffage (Chaix et al., 2001). Cependant, ces espèces introduites, de tempérament héliophile à croissance rapide (Carrière et al., 2007), ont la capacité de changer les micro-habitats, y compris la qualité du sol, pouvant défavoriser les espèces endémiques, notamment le *tapia* (Kull et al., 2005).

8.6. GESTION COMMUNAUTAIRE DE LA FORêt DE *TAPIA*

Face à la dégradation continue des ressources, les stratégies politiques forestières malgaches cherchent à proposer un aménagement multifonctionnel des espaces forestiers qui combine la conservation de la biodiversité et l'amélioration des conditions de vie des populations locales (Buttoud, 1995 ; Ramohavelo, 2009). De ce fait, deux dispositifs de gestion des ressources forestières sont aujourd'hui présents à Madagascar : les contrats dits GELOSE (GEstion LOcale SEcurisée) et les contrats dits GCF (Gestion Contractuelle des Forêts).

Les contrats GELOSE sont établis selon la loi 96-025, dite loi GELOSE, qui régit tous les contrats de transfert de gestion des ressources naturelles renouvelables à Madagascar. L'objectif d'un transfert de gestion est de « permettre la participation effective des populations rurales à la conservation durable des ressources naturelles renouvelables [...] comprises dans les limites de leur terroir » (République de Madagascar, 1996). Il s'agit d'un processus dans lequel la gestion (exploitation et préservation) des ressources naturelles d'une propriété domaniale est transférée de l'administration des Eaux et Forêts à une association locale dénommée Communauté locale de Base (COBA) ou *Vondron' Olona Ifotony* regroupant les exploitants des ressources naturelles (République de Madagascar, 2002). Le contrat GELOSE est tripartite : la COBA, la collectivité territoriale décentralisée (la commune) et le service technique des

Eaux et Forêts sont les signataires du contrat. Le contrat est composé de plusieurs éléments : le contrat de transfert de gestion en lui-même, le plan d'aménagement et de gestion simplifié, le cahier des charges de la gestion des ressources, le statut de la COBA et le *dina* qui lie les membres de la COBA et qui régit le transfert de gestion. Ces documents doivent tous être approuvés avant que le contrat puisse être agréé par l'État (Randrianarison et al., 2010).

La deuxième catégorie de contrats repose sur le décret GCF. Ce décret (2001/122) a été élaboré de 1999 à 2001 (ONESF, 2010). La loi GELOSE présentait des modes opérationnels complexes, notamment l'obligation d'utiliser un médiateur environnemental ou de faire suivre le transfert de gestion par une opération de sécurisation foncière, et il convenait de la simplifier. Le décret GCF est la traduction de ces réflexions propres au secteur forestier. Il reprend une partie des processus règlementaires GELOSE tout en les simplifiant.

Les forêts de *tapia* sont depuis longtemps officiellement déclarées comme propriété de l'État (Kull et al., 2005). Mais après l'apparition de la loi GELOSE en 1996, ainsi que du décret GCF, la gestion de la majorité des forêts de *tapia* a été transférée à la COBA (**Tableau 8.3**).

Il est à noter que la forêt de *tapia* de l'Isalo fait partie intégrante du Parc National de l'Isalo. De ce fait, sa gestion ne sera pas transférée aux communautés locales de base.

Tableau 8.3. Situation des transferts de gestion des forêts de *tapia* à Madagascar.

Zone	Sous-zone	Nombre de transferts de gestion	Source
Zone d'Imamo	Arivonimamo	19	Direction des Eaux et Forêts de la région d'Itasy, 2010
	Miarinarivo	14	
Zone d'Itremo	Itremo	2	Office National pour l'Environnement, 2006
	Ambatofinandrahana	4	
	Manandriana	4	

8.7. CONCLUSION

La forêt de *tapia*, dominée par *U. bojeri*, est une formation végétale sclérophylle, endémique à Madagascar. Elle représente les derniers vestiges de la végétation forestière primaire des Hautes Terres malgaches. La quantité et la qualité des produits forestiers de *tapia*, notamment la soie sauvage, les fruits comestibles, les champignons et le bois de chauffe, jouent un rôle principal et important dans l'économie locale par l'apport de revenus d'appoint dans les ménages. La forêt de *tapia* joue également des rôles écosystémiques. Cependant, des pressions et des menaces anthropiques pèsent actuellement sur cette formation végétale, dues aux feux de brousse, à la production illicite de bois de chauffe, à la collecte excessive d'autres produits forestiers non ligneux et à l'envahissement des espèces exotiques de reboisement. Cette anthropisation peut mettre en péril la continuité et le maintien des rôles que tient la forêt de *tapia* : la survie et la reproduction des espèces qu'elle renferme ne seront plus assurées. De ce fait, la gestion et la protection de la forêt de *tapia* sont d'intérêts primordiaux. Cette gestion, qui peut être participative avec la communauté locale, doit se baser sur une exploitation rationnelle de la forêt. Cette dernière peut conduire d'une part à l'amélioration du bien-être de la population riveraine de la forêt (par exemple, à travers la redynamisation de la filière soie) et d'autre part, à la conservation de la biodiversité (par exemple le ver à soie endémique de Madagascar).

8.8. BIBLIOGRAPHIE

- Aubréville A., 1957. Accord à Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation. *Bois For. Trop.*, **51**, 23-27.
- Baillon H., 1958. *Étude générale du groupe des Euphorbiacées*. Paris : Masson.
- Barale C., 2010. *Madagascar : protection et reboisement de tapia dans la région d'Itasy*. Paris : Planète Urgence. www.planete-urgence.org (03.08.2011).
- Barrett C.B., 1999. Stochastic food prices and slash-and-burn agriculture. *Environ. Dev. Econ.*, **4**(2), 161-176.
- Blanc-Pamard C. & Rakoto Ramiarantsoa H., 2003. Madagascar : les enjeux environnementaux. In : Lesourd M. (éd.). *L'Afrique. Vulnérabilité et défis*. Nantes, France : Éditions du Temps, 354-376.
- Bond W.J., Silander Jr. J.A., Ranaivonasy J. & Ratsirarson J., 2008. The antiquity of Madagascar's grasslands and the rise of C₄ grassy biomes. *J. Biogeogr.*, **35**, 1743-1758.
- Burney D.A., 1997. Theories and facts regarding Holocene environmental change before and after human colonization. In: Patterson B.D. & Goodman S.M. (eds). *Natural and human induced change in Madagascar*. Washington: Smithsonian Press, 75-89.
- Buttoud G., 1995. *La forêt et l'État en Afrique sèche et à Madagascar*. Paris : Karthala.
- Cabannis Y., Chabouis L. & Chabouis F., 1969. *Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Madascareignes*. Vol I. Antananarivo : Bureau pour le Développement de la Production Agricole (BDPA).
- Campbell B., 1996. *The Miombo in transition: woodlands and welfare in Africa*. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research.
- Carrière S.M. & Randriambanona H., 2007. Biodiversité introduite et autochtone : antagonisme ou complémentarité ? Le cas de l'eucalyptus à Madagascar. *Bois For. Trop.*, **292**(2), 5-21.
- Chaix G. & Ramamonjisoa L., 2001. Production de semences pour les reboisements malgaches. *Bois For. Trop.*, **269**(3), 49-63.
- Costa M., 2004. *Manuel technique de sériciculture. Vol. 2 : Élevage des vers à soie. Programme soie*. Antananarivo : ONUDI Madagascar.
- Direction des Eaux et Forêts, 1996. *Inventaire écologique forestier national. Rapport*. Antananarivo : Direction des Eaux et Forêts.
- Direction des Eaux et Forêts de la région d'Itasy, 2010. *Rapport de travail 2010*. Miarinarivo, Madagascar : Direction des Eaux et Forêts de la région d'Itasy.
- FAO, 2009. *Situation des forêts du monde 2009*. Rome : FAO.
- Gade D.W., 1985. Savanna woodland, fire, protein and silk in highland Madagascar. *J. Ethnobiol.*, **5**(2), 109-122.
- Gade D.W., 1996. Deforestation and its effects in highlands Madagascar. *Mt Res. Dev.*, **16**(2), 101-116.
- Garbutt N., 1999. *Mammals of Madagascar*. New Haven, CT, USA: Yale University Press.
- Gautier L. & Goodman S.M., 2003. Introduction to the flora of Madagascar. In: Goodman S.M. & Benstead J.P. (eds). *The natural history of Madagascar*. Chicago, USA: University of Chicago Press, 229-250.
- Glaw F. & Vences M., 2003. Introduction to amphibians. In: Goodman S.M. & Benstead J.P. (eds). *The natural history of Madagascar*. Chicago, USA: University of Chicago Press, 883-898.
- Green G.M. & Sussman R.W., 1990. Deforestation history of the eastern rain forests of Madagascar from satellites images. *Science*, **248**(4952), 212-215.
- Groupe des Spécialistes des Plantes de Madagascar, 2011. *Liste rouge des plantes vasculaires endémiques de Madagascar*. Antananarivo : Groupe des Spécialistes des Plantes de Madagascar.
- Harper G.J. et al., 2007. Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Environ. Conserv.*, **34**(4), 325-333.

- Hawkins A.F.A. & Goodman S.M., 2003. Introduction to the birds. In: Goodman S.M. & Benstead J.P. (eds). *The natural history of Madagascar*. Chicago, USA: University of Chicago Press, 1019-1044.
- Intercoopération, 2009. *Ligne de référence, site tapia d'Itasy, aspect socio-économique*. Antananarivo : Projet REDD-FORECA/Intercoopération.
- Koechlin J., Guillaumet J. & Morat P., 1974. *Flore et végétation de Madagascar*. Vaduz : J. Cramer.
- Kull A.C., 2002. Madagascar's burning issue: the persistent conflict over fire. *Environment*, **44**(3), 8-19.
- Kull C.A., 2003. *Uapaca* woodlands. In: Goodman S.M. & Benstead J.P. (eds). *The natural history of Madagascar*. Chicago, USA: University of Chicago Press, 393-398.
- Kull C.A., 2004. *Isle of fire: the political ecology of landscape burning in Madagascar*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Kull C.A., Ratsirarson J. & Randriambavonjy G., 2005. Les forêts de *tapia* des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, **24**(2), 22-58.
- Kull C.A. et al., 2012. The introduced flora of Madagascar. *Biol. Invasions*, **14**, 875-888.
- Léandri J., 1957. Sur quelques témoins de la végétation primitive du versant occidental des hauts plateaux malgaches (partie centrale). *Bull. Jardin Bot. État Bruxelles*, **27**(2), 209-216.
- Lescuyer G. & Locatelli B., 1999. Rôle et valeur des forêts tropicales dans le changement climatique. *Bois For. Trop.*, **260**(2), 5-17.
- Malaisse F., 1982. Comparison of the woody structure in a regressive Zambezian succession: dry evergreen forest – open forest – wooded savana (Luiswishi, Shaba, Zaire). *Geo-Eco-Trop*, **6**(4), 309-350.
- McConnell W.J., 2002. Madagascar: emerald isle or paradise lost? *Environment*, **44**(8), 10-22.
- Minten B. & Moser C., 2003. Forêts : usages et menaces sur une ressource. In : Minten B., Randrianarisoa J.C. & Randrianarison L. (éds). *Agriculture, pauvreté rurale et politiques économiques à Madagascar*. Ithaca, USA : Cornell University.
- Moat J. & Smith P., 2007. *Atlas de la végétation de Madagascar*. Kew, UK : Royal Botanic Gardens.
- Myers N. et al., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**, 853-858.
- ONEFS (Observatoire National de l'Environnement et du Secteur forestier), 2010. *Loi forestière et texte d'application*. Antananarivo : ONEFS. www.osf.mg/loi-application.php (28.11.2011).
- Office National pour l'Environnement, 2006. *Profil environnemental de la région Amoron'i Mania*. ONE/MO/DOC/31/AIM. Antananarivo : Office National pour l'Environnement.
- Otsuka M., Razafimahatratra M. & Andrianandrasana O., 2003. *Manuel sur la lutte contre les feux de végétation : compilation du savoir-faire actuel*. Antananarivo : Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts & Agence japonaise de Coopération Internationale.
- Perrier de la Bâthie H., 1921. La végétation malgache. *Ann. Mus. Colon. Marseille*, Sér. 3, **9**, 1-266.
- Rabarison H., Rajeriarison C., Birkinshaw C. & Lowry II P.P., 2010. Résilience des plantules de *tapia* (*Uapaca bojeri*) et de quelques espèces ligneuses associées face au feu, en vue de leur réintroduction et du renforcement des populations menacées dans le massif d'Ibity. In : *Colloque National d'Écologie Scientifique, 2-4 septembre 2010*. Montpellier, France. www.ecologie2010.fr/gescolloque/lesactes/resume.php?ids=168 (10.08.2010).
- Rabetaliana H., Bertrand A., Razafimamonjy N. & Rabemananjara E., 2003. Dynamique des forêts naturelles de montagne à Madagascar. *Bois For. Trop.*, **276**(2), 59-72.
- Radcliffe-Smith A., 1993. Notes on African Euphorbiaceae XXIX: *Uapaca*. *Kew Bull.*, **48**(3), 611-617.
- Rajoelison L.G. et al., 2009. *Inventaire de biomasse dans les forêts de tapia. Régions d'Itasy (Miarinarivo) et Amoron'i mania (Ambatofinandrahana)-Madagascar*. Rapport final. Antananarivo : Projet FORECA/REDD.

- Rakoto-Ramiarantsoa H., 1995. *Clair de la terre, œil de l'eau : paysanneries et recompositions des campagnes en Imerina (Madagascar)*. Thèse de doctorat. Université Paris X-Nanterre (France).
- Rakotoniaina N.S., 2010. *Vers une démarche de gestion durable des ressources de la forêt sclérophylle de moyenne altitude d'Arivonimamo II-Madagascar*. Thèse de doctorat. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Ramohavelo D.C., 2009. *Stratégies villageoises pour la gestion des paysages forestiers du Menabe Central, Madagascar*. Thèse de doctorat. Faculté Environnement naturel, architectural et construit, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse).
- Randrianarisoa A., Raharinaivosoa E. & Kolff A., 2008. Des effets de la gestion forestière par les communautés locales de base : cas d'Arivonimamo et de Merikanjaka sur les hautes terres de Madagascar. In : *Atelier sur la décentralisation et la gouvernance forestière, 8-11 avril 2008, Durban, Afrique du Sud*. Antananarivo : Intercoopération.
- Randrianarison M. & Karpe P., 2010. Le contrat comme outil de gestion des ressources forestières. *Taloha*, **19**.
- Raxworthy C.J., 2003. Introduction to the reptiles. In: Goodman S.M. & Benstead J.P. (eds). *The natural history of Madagascar*. Chicago, USA: University of Chicago Press, 934-949.
- Razafimanantsoa T.M. et al., 2012. Silk moths in Madagascar: a review of the biology, uses and challenges related to *Borocera cajani* (Vinson, 1863) (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(2), 269-276.
- Razafindrakoto T.E., 2007. La valorisation des ressources naturelles pour le développement local. In : *Madagascar face aux enjeux du développement durable*. Paris : Karthala, 259-276.
- Razafintsalamy A.S. & Gautschi M., 1999. *Étude des structures socio-organisationnelles des villages pour l'identification et la formalisation d'un organe de gestion, dans le processus de transfert de gestion de la forêt de tapia (Uapaca bojeri) dans la région d'Arivonimamo. Rapport final de stage*. Antananarivo : Intercoopération, Projet FDP, ESSA/Forêts ; Zurich, Suisse : EPF.
- République de Madagascar, 1996. *Loi n°96/025 du 30 septembre 1996 relative à la gestion locale des ressources renouvelables*. Antananarivo : Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts. www.droit-afrigue.com/images/textes/Madagascar/Mada-Loi_gestion_ressources_naturelles_renouvelables.pdf (28.11.2011).
- République de Madagascar, 2002. *Loi forestière et textes d'applications*. Antananarivo : Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts.
- Samyn J.M., 2001. *Plantes utiles des Hautes Terres de Madagascar II*. Saint-Denis, Île de la Réunion : Petit-Jean (éd.).
- Styger E. et al., 2007. Influence of slash-and-burn farming practices on fallow succession and land degradation in the rainforest region of Madagascar. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **119**, 257-269.
- Trouve C., Mariotti A., Schwartz D. & Guillet B., 1996. Soil organic carbon dynamics under eucalyptus and pinus planted on savannas in the Congo. *Soil Biol. Biochem.*, **26**(2), 287-295.
- Vestalys H. & Andrianarivelo A.M.S., 2008. *Analyse de la filière soie dans les régions Analanamanga, Itasy et Haute Matsiatra. Programme de soutien aux pôles de micro-entreprises rurales et aux économies régionales (PROSPERER)*. Antananarivo : Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche.
- Vignal Z., 1963. Les phénomènes de météorologie dynamique et la disparition des formations forestières malgaches d'altitude. *Bois For. Trop.*, **89**, 31-35.
- White F., 1986. *La végétation de l'Afrique : mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique*. Vol. 20. Paris : AETFAT/UNESCO/UNSO.
- Zeller M. et al., 1999. Rural development in Madagascar: Quo vadis? Towards a better understanding of the critical triangle between economic growth, poverty alleviation and environmental sustainability. *Q. J. Int. Agric.*, **2**.

9 —

Les bois de *tapia* de Madagascar : approches phytogéographique, floristique et écologique

François MALAISSE, Romain PINEL, Tsiresy M. RAZAFIMANANTSOA,
Naritiana RAKOTONIAINA, Olivia L. RAKOTONDRASSOA, Harifidy R. RATSIMBA,
Jan BOGAERT, Éric HAUBRUGE, François J. VERHEGGEN

Ce chapitre a trois objectifs. En premier lieu, il rappelle que les formations végétales à dominance de *tapia* sont distribuées en quatre ensembles sur les « Hautes Terres malgaches ». En second lieu, à partir d'un examen global de la littérature et de relevés floristiques effectués dans deux des entités, à savoir Arivonimamo et Ambatofinandrahana, il dresse une liste actualisée de la diversité floristique des bois de *tapia*. Celle-ci est partiellement illustrée par un support photographique et des planches sur un CD-ROM qui reprend également les noms vernaculaires des taxons considérés. Enfin une approche écologique préliminaire est effectuée sur base des groupements végétaux et/ou des niches écologiques de certains taxons inventoriés.

Plant geography, flora and ecology of the Madagascan *tapia* woodlands: a cursory analysis

This chapter has three objectives. Firstly, it is emphasized that *tapia*-dominated areas are spatially distributed into four localities situated on the so-called “Highlands”. Secondly, based on a global survey of available literature on *tapia* vegetation as well as on floristic surveys carried out in two entities (Arivonimamo et Ambatofinandrahana), an actualized list of their floristic diversity is composed. This list is partially illustrated with photographs and plates on a CD-ROM; vernacular names of the considered taxa are quoted. Finally a preliminary ecological interpretation is given based on the vegetation units and (or) ecological niches which are schematically represented.

9.1. INTRODUCTION

Les formations végétales dominées par *Uapaca bojeri* Baill. font l'objet d'un ensemble d'études conséquent, notamment dans le cadre du Projet Interuniversitaire Ciblé GeVaBo (Gestion et valorisation durable du ver à soie endémique *Borocera cajanus* en milieu forestier dans la région d'Antananarivo).

Les objectifs de ce projet étaient : (a) étudier l'écologie des différentes espèces de vers à soie endémiques, et mettre en place des élevages de masse de vers à soie sauvages endémiques ; (b) étudier les aspects écologiques et botaniques de l'habitat des vers à soie, à savoir les formations de *tapia* ; (c) évaluer, par une approche socio-anthropologique, la place de la soie au sein des populations locales et la faisabilité de la mise en place de stratégies de gestion et de conservation des espèces de vers à soie sauvages ; (d) étudier les possibilités de création d'une filière de production durable de soie sauvage.

Uapaca bojeri Baill. a été dénommé en 1874 par Baillon en page 176 du volume 11 de la revue *Adansonia* (McPherson, 2011) et décrit de façon plus détaillée à de nombreuses reprises. Une présentation du taxon et une planche figurent dans la Flore de Madagascar et des Comores (Leandri, 1958), cependant les fleurs staminées dessinées ne correspondent pas à celles de l'espèce, comme signalé judicieusement par McPherson (2011) lors de sa révision des *Uapaca* malgaches. Ce dernier auteur décrit la plante, qui est également présentée au chapitre 10 et relève à présent de la famille des Phyllanthaceae.

Ce petit arbre de 5 à 12 m de hauteur – microphanérophyte, voire rarement mésophanérophyte au sens de Raunkiær (1934) – est bien connu sous divers noms vernaculaires dont celui de *tapia* (langues *merina*, *betsileo*, *bara*). Cette essence endémique aux Hautes Terres malgaches est l'élément ligneux dominant de diverses formations végétales relevant principalement de savanes boisées, rarement de savanes arbustives à arborées ou de forêts claires, exceptionnellement de forêts denses sclérophylles. L'ensemble est connu sous une vingtaine d'appellations différentes, dont les dénominations de « forêts de *tapia* » (Paulian, 1953 ; Koechlin et al., 1974 ; Kull et al., 2005), « bois de *tapia* » (Perrier de la Bâthie, 1921) ou encore de « *Tapia woodland* » (Kull, 2003 ; Rabehivitra et al., 2009). Il a été établi récemment qu'il s'agissait en fait presque toujours de savanes boisées à *U. bojeri* (chapitre 10). Comme fréquemment signalé, les bois de *tapia* n'occupent plus que des sites disjoints et répartis selon quatre zones principales (Kull et al., 2005).

Dans le cadre du projet GeVaBo, une étude botanique de divers sites a été réalisée dans le district d'Arivonimamo (région d'Itasy) et dans celui d'Ambatofinandrahama (région d'Amoron'i Mania). L'approche botanique qui nous occupe a consisté principalement en des relevés floristiques sur des placettes situées dans les deux districts d'Arivonimamo (A) et d'Amabatofinandrahana (B).

Les résultats comparatifs de ces deux ensembles sont présentés et discutés ci-après.

9.2. APPROCHE PHYTOGÉOGRAPHIQUE DES BOIS DE *APIA*

Certains scientifiques ont avancé qu'avant l'arrivée de l'Homme à Madagascar, la forêt sclérophylle de moyenne altitude s'étendait sur des milliers de km². Elle recouvrait toutes les pentes occidentales du Domaine Central, pentes comprises entre 800 et 1 600 m d'altitude et protégées des vents d'Est et du Sud-Est (Humbert, 1949). Cependant, Koechlin et al. (1974) pensaient qu'il était peu probable que cette formation ait pu recouvrir l'ensemble du Secteur des Pentes Occidentales mais qu'elle était plutôt limitée à des zones à substrat particulier. Cette supposition a été confirmée par Burney (1996 ; 1997) qui a montré que la végétation ancienne des Hautes Terres se caractérisait par le passé par une mosaïque dynamique composée de zones de savanes arborées, de forêts rupicoles humides et de forêts sclérophylles (Kull et al., 2005).

Les vestiges actuels de *tapia* sont localisés dans les pentes occidentales, sur des zones d'éboulis granitique, gneissique ou quartzitique ou des sols bruts d'érosion. S'ils se trouvent sur des zones à sol profond, ce dernier est parsemé en surface de gros blocs de rochers (environs d'Arivonimamo et d'Ambositra) (Koechlin et al., 1974). Cependant, cette caractéristique édaphique seule ne permet pas d'expliquer la répartition ancienne et actuelle des formations du *tapia*.

De par sa localisation et son orientation, le *tapia* est protégé de l'influence directe des alizés chargés d'humidité venant de l'Est et du Sud-Est. Il est soumis à un climat intermédiaire entre celui des régions orientales et celui des régions occidentales. Après avoir franchi les Hauts-Plateaux et perdu leur humidité, les courants aériens provoquent, dans leur descente vers l'Ouest, un effet desséchant qui se traduit par un climat dit «de pentes occidentales» plus tempéré, plus sec et plus lumineux que celui du reste du Domaine Central (Humbert, 1935). Ce changement climatique s'opère légèrement en dessous de la ligne de crête délimitant les pentes occidentales formant ainsi un front tourbillonnaire. Au-delà de ce front, le climat se caractérise par une saison sèche pouvant durer sept mois, des précipitations comprises entre 1 000 et 1 500 mm et des températures assez fraîches (Koechlin et al., 1974).

Quelques massifs isolés de forêt sclérophylle, situés sur des hauteurs un peu plus à l'ouest des pentes occidentales, se caractérisent globalement par le même substrat et le même climat. Ces d'îlots forestiers épars, plus ou moins dégradés, ont souvent été interprétés comme des reliques d'un vaste ensemble climacique (Koechlin et al., 1974).

La répartition des formations de *tapia* s'explique donc par l'association d'un sol et d'un climat particulier qui permettent et justifient son existence (Koechlin et al., 1974).

Aujourd'hui, ces formations en tant que telles n'occupent plus que quelques sites disjoints et sont sensiblement dégradées. Leur distribution est divisée en quatre zones principales (Kull et al., 2005) (**Figure 8.1**, page 104) :

- le massif d'Imamo, à l'ouest de l'Imerina, près d'Arivonimamo et Miarinarivo et des îlots de 60 ha à Iharanandriana (Behenjy), dont 2,5 ha reboisés près d'Ambohimangakely ;
- le Col des Tapia, dans la région de Manandona (Antsirabe) ;
- le massif d'Itremo, d'Ambatofinandrahana (100 km au sud-ouest d'Ambositra) jusqu'à loin au Nord (à Andrembesoa au sud de Betafo) et vers le Sud (Ikalamavony à l'ouest de Fianarantsoa) ;
- le massif d'Isalo, près de Ranohira.

9.3. LE CLIMATOPE DES HAUTES TERRES

Arivonimamo, Ambatofinandrahana et leurs environs possèdent des climats relativement similaires, bien que le climat d'Ambatofinandrahana soit légèrement plus chaud et sec que celui d'Arivonimamo.

L'année y est divisée en une saison pluvieuse et une saison sèche. La saison pluvieuse (octobre à avril) est caractérisée par des précipitations moyennes de 1 200 mm pour Amatofinandrahana et 1 400 mm pour Arivonimamo. La saison hivernale sèche (mai à septembre) reçoit quant à elle une hauteur moyenne de précipitation de 65 mm pour Amatofinandrahana et 68 mm pour Arivonimamo.

Les paramètres climatiques et les diagrammes ombrothermiques des stations météorologiques des deux zones visées par l'étude sont présentés ci-après (**Tableau 9.1** et **Figure 9.1**).

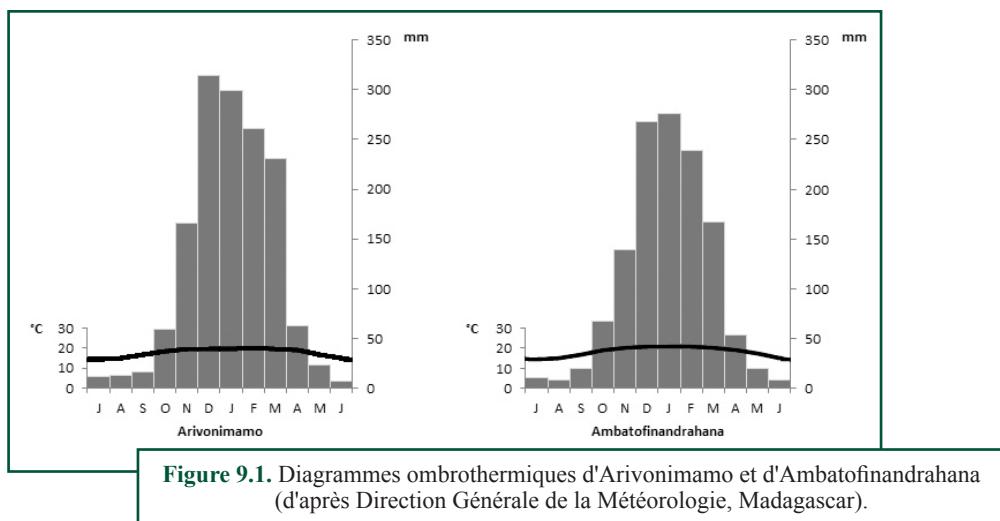
Dans le domaine des Hautes Terres, il arrive exceptionnellement d'observer des gelées nocturnes. Celles-ci peuvent provoquer le dépérissement d'individus de *tapia* localisés sur les bas de pentes, ce qui se manifeste par le dessèchement des cimes, la présence de gourmands

sur les branches les plus basses et de rejets aux pieds des arbres. Ces gelées exceptionnelles sont probablement causées par un phénomène météorologique particulier appelé « Inversion de l’Alizé » (Vignal, 1963).

Tableau 9.1. Paramètres climatiques de deux stations météorologiques : Ambatofinandrahana et Arivonimamo (d’après Koechlin et al., 1974 et Pinel, 2011).

Station	Altitude (m)	P (mm)	T (°C)	HR (%)	N	T _M (°C)	T _m (°C)
Arivonimamo	1451	1 460,1	17,8	79	121	26,1	7,8
Ambatofinandrahana	1 112	1 288,8	18,3	75	104	30,8	7,7

P : précipitations moyennes annuelles (1950-1980) ; T : température moyenne annuelle (1950-1990) ; HR : humidité relative moyenne annuelle de l’air (1950-1990) ; N : nombre de jours de pluie par an (1950-1980) ; T_M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud ; T_m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid.



9.4. L’ÉDAPHOTOPE DES BOIS DE *TAPIA*

Nous avons peu d’information concernant les roches mères géologiques et les aspects pédologiques des divers peuplements à dominance de *tapia* à Madagascar. Cet aspect particulier des écosystèmes concernés mérite et nécessite une étude propre.

9.5. APPROCHE FLORISTIQUE

9.5.1. Historique de la connaissance de la composition floristique des forêts claires et des savanes boisées à *Uapaca bojeri*

Outre le *tapia* (*Uapacabojeri*), la strate supérieure des formations végétales que cette essence domine est composée principalement d’arbres de la famille endémique des Sarcolaenaceae (genres *Xyloolaena*, *Leptolaena*, *Schizolaena*, *Pentachlaena*, *Perrierodendron*). On y trouve

également des Asteropeiaceae (*Asteropeia*), Cunoniaceae (*Weinmannia*), Anacardiaceae (*Rhus taratana*, *Protorhus buxifolia*), Asteraceae (*Dicoma*, *Brachylaena*), Myrtaceae (*Eugenia*), Lamiaceae (*Vitex*), Stilbaceae (*Nuxia*), Celastraceae (*Cassine aethiopica*), Rutaceae (*Melicope madagascariensis*), Asparagaceae (*Dracaena*), Sapindaceae (*Dodonea madagascariensis*), Araliaceae (*Schefflera bojeri*), Proteaceae (*Faurea forficuliflora*) et des Montiniaceae (*Kaliphora madagascariensis*). La plupart d'entre eux ont une origine orientale (D.E.F., 1996).

La strate inférieure est composée principalement par des Ericaceae (*Erica*, *Vaccinium*), Asteraceae (*Senecio*, *Vernonia*, *Psiadia*, *Conyzia*, *Helichrysum*), Fabaceae (*Crotalaria*, *Indigofera*, *Mundulea*) et quelques Orchidaceae (*Angraecum sororium*, *Aerangis cryptodon*). Ces éléments ont plutôt une origine occidentale.

Les lianes sont assez nombreuses mais peu puissantes. On retrouve des Asparagaceae (*Asparagus*), Apocynaceae (*Cynanchum*, *Pentopetia*, *Ceropegia*, *Secamone*, *Plectaneia*, *Landolphia*), Dioscoreaceae (*Dioscorea*), Convolvulaceae (*Ipomoea*) et des Celastraceae (*Hippocratea*).

Les épiphytes sont assez rares (petites fougères, Orchidaceae, principalement des *Bulbophyllum*). Les bambous, les *Pandanus* ainsi que les fougères arborescentes y sont absentes. Il n'y a quasiment pas de strate muscinale, mais seulement des plantes basses vivaces éparses, quelques-unes tuberculeuses (Humbert et al., 1965).

Cette diversité floristique est propre à celle de la forêt de *tapia* non dégradée or celle-ci n'existe plus qu'à l'état de relique dans quelques rares îlots forestiers (Koechlin et al., 1974). Koechlin et al. (1974) insistent sur le fait que les forêts sclérophylles malgaches (dont les bois de *tapia*) sont des forêts à composition floristique très variable en rapport avec les différences climatiques, édaphiques ou en fonction de leur stade de dégradation et qu'il est donc difficile d'attribuer à cette formation une composition floristique précise. Il n'y a ni espèce caractéristique, ni espèce fidèle, et un certain pourcentage seulement des espèces présentes dans un îlot forestier se retrouve dans les îlots voisins.

Cette forte dissemblance floristique des différentes unités végétales souligne l'importance de la conservation de l'ensemble des taches de vestige de *tapia* (Pinel, 2011).

9.5.2. Méthodologie de compilation des données

Une recherche approfondie de la littérature relative aux « forêts de *tapia* » a été effectuée en avril 2011, en vue d'établir une liste, la plus complète possible, de l'état de la connaissance de la flore de cette unité de végétation. Nous avons, à cette fin, consulté les ouvrages et articles suivants : Humbert et al., 1965 ; Koechlin et al., 1974 ; Raharison, 1982 ; D.E.F., 1996 ; Soloarivelos, 2004 ; Kull et al., 2005 ; Gaye, 2009 ; LRA-ESSA Forêt, 2009 ; Rabehevitra et al., 2009 ; Rakotoniaina Ranaivoson, 2010.

D'autre part, au cours des sorties de terrain, un herbier de référence, la collection MPR (Malaisse, Pinel, Razafimanantsoa), a été constitué. Les échantillons ont fait l'objet d'un premier examen, suivi de dénomination par le personnel du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazza (PBZT). Cette première information a été croisée avec les noms vernaculaires obtenus sur le terrain, ainsi que ceux repris dans Boiteau et al. (1997). Une comparaison du matériel avec les descriptions de la littérature a été ensuite réalisée. Nous avons consulté les divers fascicules de la Flore de Madagascar et des Comores qui traitent de près de 180 familles différentes sous la direc-

tion successive de divers botanistes. Ensuite pour chaque genre, nous avons pris en considération toutes les révisions qui furent réalisées à des dates ultérieures à celles respectives de la famille concernée dans la Flore. L'exemple du genre *Uapaca* (Phyllanthaceae) a déjà été commenté ci-dessus. Une troisième étape nous a amené à constituer un herbier numérique. Celui-ci reprend les meilleures photos de taxons prises sur le terrain et, dans certains cas, des dessins des taxons trouvés dans la littérature. Cet herbier numérique se trouve sur le CD-ROM joint à ce livre.

9.5.3. La diversité floristique des bois de *tapia*

L'inventaire obtenu a été actualisé sur base du système d'information botanique Tropicos du Missouri Botanical Garden, à savoir le système APG III (The Angiosperm Phylogeny Group, 2009). Quelques noms de familles ont toutefois été considérés comme *nomina conservanda*, à savoir les Caesalpiniaceae, Mimosaceae, Myrsinaceae, Sterculiaceae. L'exposé des raisons qui ont justifié ces choix dépasse le cadre de la présente étude. En ce qui concerne les Ptéridophytes, de nombreux systèmes de classification existent et montrent de grandes divergences. Nous avons opté pour le système retenu par Burrows (1990) qui concerne l'Afrique australe et convient parfaitement pour notre analyse.

Deux tableaux présentent la diversité floristique des «bois de *tapia*», telle qu'elle nous est connue actuellement. Les taxons y sont présentés en ordre alphabétique des familles, au sein de celles-ci des genres et ensuite, le cas échéant, des espèces. Les lettres A, B et L, nous informent de leurs présences respectives dans les deux ensembles étudiés, ainsi que de leur citation dans la littérature. Dans le **tableau 9.2**, seuls les taxons déterminés jusqu'au niveau spécifique sont repris. La littérature, ainsi que nos récoltes, contiennent encore des spécimens de plantes pour lesquels seul le genre a pu être établi (**Tableau 9.3**). L'ensemble a été pris en considération. Ainsi 28 nouveaux genres figurent dans ce dernier tableau.

La diversité de la flore des bois de *tapia*, est commentée selon les trois niveaux taxinomiques (familles, genres, espèces) retenus :

- Familles : Dans la littérature, 39 familles différentes ont été citées, auxquelles s'ajoutent 3 familles sur base générique (Adiantaceae, Loranthaceae et Stilbaceae). Lors des inventaires sur le terrain, 31 autres familles ont été observées sur base de matériel déterminé jusqu'au niveau spécifique, auxquelles s'ajoutent 3 familles sur base générique. Parmi toutes ces nouvelles familles pour la diversité floristique des bois de *tapia* figurent notamment les Acanthaceae, Blechnaceae, Boraginaceae, Commelinaceae, Erythroxylaceae, Hypericaceae, Hypoxidaceae, Iridaceae, Liliaceae, Melastomataceae, Moraceae, Ophioglossaceae, Polygalaceae, Santalaceae, Smilacaceae, Velloziaceae et Violaceae. Au total, la flore étudiée appartient à au moins 76 familles différentes.
- Genres : Dans la littérature, 84 genres différents ont été cités. En prenant en outre en compte les inventaires réalisés sur le terrain, le total général s'élève à 192 genres.
- Espèces : Dans la littérature, 96 espèces différentes ont été citées. Dix-huit autres taxons découlent des déterminations au niveau des genres. En prenant en outre en compte les inventaires réalisés sur le terrain, le total général s'élève à 266 taxons différents.

Tableau 9.2. Tableau comparatif des familles observées lors de nos inventaires et de celles citées dans la littérature. A = Arivonimamo, B = Ambatofinandrahana, A/B = A ou B et L = Littérature.

Familles	Espèces		Familles	Espèces	
Anacardiaceae	<i>Protorhus buxifolia</i> H.Perrier	L		<i>Helichrysum rusillonii</i> Hochr.	L
	<i>Rhus taratana</i> (Baker) H.Perrier	BL		<i>Helichrysum triplinerve</i> DC.	A
Annonaceae	<i>Popowia boivinii</i> Baill.	L		<i>Lactuca indica</i> L.	B
Aphloiaceae	<i>Aphloia theiformis</i> (Vahl) Benn.	ABL		<i>Laggera alata</i> (D.Don) Sch.Bip. ex Oliv.	AB
Apiaceae	<i>Caucalis melanantha</i> (Hochst.) Hiern	L		<i>Launea pauciflora</i> (Baker) Humbert & Boulos	AB
Apocynaceae	<i>Asclepias fruticosa</i> L. <i>Carissa edulis</i> (Forssk.) Vahl	A BL		<i>Psiadia altissima</i> (DC.) Drake	ABL
	<i>Catharanthus ovalis</i> Markgr. subsp. <i>ovalis</i>	B		<i>Pterocaulon decurrens</i> (L.) S.Moore	L
	<i>Cynanchum junciforme</i> (Decne.) Liede	A		<i>Senecio faujasioides</i> Baker	L
	<i>Gomphocarpus fruticosus</i> (L.) W.T.Aiton	L		<i>Senecio longiscapus</i> Bojer ex DC.	AB
	<i>Secamone bicolor</i> Decne.	B		<i>Vernonia appendiculata</i> Juss.	AB
	<i>Secamone oleaefolia</i> Decne.	B		<i>Vernonia garnieriana</i> Klatt	L
	<i>Secamone tenuifolia</i> Decne.	AB		<i>Vernonia glutinosa</i> DC.	L
Araliaceae	<i>Schefflera bojeri</i> (Seem.) R.Vig.	ABL		<i>Vernonia piptocarphoides</i> Baker	L
Asparagaceae	<i>Agave rigidia</i> Mill. <i>Asparagus madecassus</i> H.Perrier	A B		<i>Vernonia poissonii</i> Humbert	ABL
	<i>Dipcadi heterocuspe</i> Baker	AB		<i>Vernonia polygalifolia</i> Less.	
	<i>Dracaena reflexa</i> Lam.	BL		<i>Vernonia pseudoappendiculata</i> Humbert	A
				<i>Vernonia trinervis</i> (Bojer ex DC.) Drake	AB
Asteraceae	<i>Acanthospermum</i> <i>hispidum</i> DC.	A	Asteropeiaceae	<i>Asteropeia amblyocarpa</i> Tul.	L
	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	AL		<i>Asteropeia densiflora</i> Baker	L
	<i>Aspilia bojeri</i> DC.	AB		<i>Asteropeia labatii</i> G.E.Schatz, Lowry II & A.E.Wolf	BL
	<i>Bidens bipinnata</i> L.	AB		<i>Asteropeia multiflora</i> Thouars	L
	<i>Bidens pilosa</i> L.	AB		<i>Asteropeia rhopaloides</i> (Baker) Baill. var. <i>angustata</i> H.Perrier	L
	<i>Brachylaena microphylla</i> Humbert	L			
	<i>Brachylaena ramiflora</i> (DC.) Humbert	L			
	<i>Crassocephalum</i> <i>sarcobasis</i> (DC.) S.Moore	AB			
	<i>Dicoma incana</i> (Baker) O.Hoffm.	L			
	<i>Elephantopus scaber</i> L.	A			
	<i>Ethulia conyzoides</i> L.f.	A			
	<i>Helichrysum faradifani</i> Scott-Elliot	AB			
	<i>Helichrysum</i> <i>gymnocephalum</i> (DC.) Humbert	ABL			

Tableau 9.2. Suite.

Familles	Espèces	Familles	Espèces	
Cannabaceae	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	B	<i>Desmodium barbatum</i> (L.) Benth.	A/B
Celastraceae	<i>Cassine aethiopica</i> Thunb.	L	<i>Desmodium hirtum</i> Guill. & Perr.	A/B
	<i>Mystroxylon aethiopicum</i> (Thunb.) Loes.	L	<i>Desmodium ramosissimum</i> G.Don	A/B
Commelinaceae	<i>Commelina lyallii</i> (C.B.Clarke) H.Perrier <i>Commelina madagascarica</i> C.B.Clarke <i>Cyanotis nodiflora</i> subsp. <i>madagascarica</i> H.Perrier	AB AB B	<i>Eriosema procumbens</i> Benth. ex Baker <i>Indigofera glabra</i> L. <i>Indigofera pedunculata</i> Hilsenberg & Bojer ex Baker <i>Indigofera stenosepala</i> Baker	AB L AB
Convolvulaceae	<i>Ipomoea desmophylla</i> Bojer ex Choisy	B	<i>Indigofera</i> sp. <i>Kotschyia africana</i> Endl. <i>Kotschyia strigosa</i> (Benth.) Dewit & P.A.Duvign.	AB
Cunoniaceae	<i>Weinmannia baehniana</i> Bernardi <i>Weinmannia decora</i> Tul. <i>Weinmannia eriocarpa</i> Tul. <i>Weinmannia lucens</i> Baker	L L L BL	<i>Ophrestia lyallii</i> (Benth.) Verde. subsp. <i>lyallii</i> <i>Pyranthus ambatoana</i> (Baill.) Du Puy & Labat <i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw. <i>Zornia puberula</i> Mohlenbr.	B B A AB
Cyperaceae	<i>Carex bathiei</i> H.Lév. <i>Carex elatior</i> Boeck. <i>Carex pyramidalis</i> Kük. <i>Cyperus amabilis</i> Vahl <i>Cyperus impubes</i> Steud. <i>Cyperus obtusiflorus</i> Vahl <i>Kyllinga bulbosa</i> P.Beauv. <i>Scleria foliosa</i> Hochst. ex A.Rich.	L AB AB AB AB AB A	<i>Flacourtiaceae</i> <i>Scolopia madagascariensis</i> Sleumer	L
Davalliaceae	<i>Nephrolepis undulata</i> (Atzel. ex Sw.) J.Sm.	B	<i>Gentianaceae</i> <i>Tachiadenus longiflorus</i> Griseb.	L
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn subsp. <i>aquilinum</i>	AB	<i>Gleicheniaceae</i> <i>Dicranopteris linearis</i> (Burm.f.) Underw.	A
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea hexagona</i> Baker <i>Dioscorea trichantha</i> Baker	B B	<i>Hypericaceae</i> <i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir. <i>Psorospermum androsaemifolium</i> Baker	B B
Ericaceae	<i>Agauria buxifolia</i> (Commerson ex Lam.) H.Perrier <i>Agauria salicifolia</i> (Comm. ex Lam.) Hook.f. ex Oliv. <i>Erica baroniana</i> Dorr & E.G.H.Oliv. <i>Erica bosseri</i> Dorr <i>Vaccinium emirnense</i> Hook. <i>Vaccinium secundiflorum</i> Hook.	B L AB A L ABL	<i>Hypoxidaceae</i> <i>Hypoxis angustifolia</i> Lam. <i>Icacinaceae</i> <i>Cassinopsis madagascariensis</i> Baill. <i>Iridaceae</i> <i>Aristea madagascariensis</i> Baker <i>Gladiolus dalenii</i> Van Geel	B B B B B AB
Fabaceae	<i>Abrus aureus</i> R.Vig. subsp. <i>aureus</i> <i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth <i>Crotalaria ibityensis</i> R.Vig. & Humbert <i>Crotalaria poissonii</i> R.Vig.	B L AB B	<i>Lamiaceae</i> <i>Hyptis pectinata</i> (L.) Poit. <i>Hyptis spicigera</i> Lam. <i>Plectranthus bojeri</i> (Benth.) Hedge <i>Stachys filifolia</i> Hedge <i>Tetradenia clementiana</i> Phillipson <i>Tetradenia fruticosa</i> Benth. <i>Vitex betsiliensis</i> Humbert	AB A B B B L BL

Tableau 9.2. Suite.

Familles	Espèces		Familles	Espèces	
	<i>Vitex lanigera</i> Schauer	L		<i>Radamaea montana</i> Benth	L
Liliaceae	<i>Dianella ensifolia</i> (L.) DC.	AB		<i>Striga asiatica</i> (L.) Kuntze	AB
	<i>Lilium longiflorum</i> Thunb.	AB	Oxalidaceae	<i>Biophytum umbraculum</i> Welw.	AB
Loganiaceae	<i>Buddleja madagascariensis</i> Lam.	AB		<i>Oxalis corniculata</i> L.	AB
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium cernuum</i> L.	AL	Passifloraceae	<i>Passiflora incarnata</i> L.	BL
Malpighiaceae	<i>Acridocarpus excelsus</i> A.Juss.	L	Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus casticum</i> Willmet	AB
Malvaceae	<i>Dombeya greveana</i> Baill. <i>Kosteletzkya velutina</i> Garcke	L B		<i>Phyllanthus nummulariifolius</i> Poir.	B
	<i>Sida rhombifolia</i> L.	L		<i>Phyllanthus vakinankaratrae</i> Leandri	L
	<i>Sida urens</i> L.	AB		<i>Uapaca bojeri</i> Baill.	ABL
	<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.	A	Pinaceae	<i>Pinus khasya</i> Royle ex Hook.f.	ABL
Melastomataceae	<i>Antherotoma naudinii</i> Hook.f.	A		<i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham.	L
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i> L.	A	Poaceae	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	AB
Mimosaceae	<i>Acacia dealbata</i> Link <i>Mimosa latispinosa</i> Lam.	AL B		<i>Aristida multicaulis</i> Baker	L
Monimiaceae	<i>Tambourissa purpurea</i> (Tul.) A.DC.	B		<i>Ctenium concinnum</i> Nees	AB
Montiniaceae	<i>Kaliphora madagascariensis</i> Hook.f.	BL		<i>Cymbopogon plicatus</i> Stapf	AB
Moraceae	<i>Ficus menabeensis</i> H.Perrier	B		<i>Digitaria minutiflora</i> Stapf	AB
	<i>Ficus rubra</i> Vahl	A		<i>Emilia graminea</i> DC.	AB
Myrsinaceae	<i>Maesa lanceolata</i> Forssk.	ABL		<i>Eragrostis curvula</i> (Schrad.) Nees	AB
Myrtaceae	<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.	L		<i>Heteropogon contortus</i> (L.) P.Beauv. ex Roem. & Schult.	B
	<i>Eucalyptus torquata</i> Luehm.	A		<i>Isalus humbertii</i> (A.Camus) J.B.Phipps	L
	<i>Psidium guajava</i> L.	L		<i>Isalus isalensis</i> (A.Camus) J.B.Phipps	L
Ophioglossaceae	<i>Ophioglossum reticulatum</i> L.	B		<i>Loudetia filifolia</i> Schweick.	BL
Orchidaceae	<i>Aerangis cryptodon</i> (Rchb.f.) Schltr.	L		<i>Loudetia simplex</i> (Nees) C.E.Hubb.	ABL
	<i>Angraecum aviceps</i> Schltr.	L		<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.	AB
	<i>Angraecum didieri</i> (Baill. ex Finet) Schltr.	B		<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schltr.	AB
	<i>Angraecum sororium</i> Schltr.	L		<i>Schizachyrium domingense</i> (Spreng. ex Schult.) Nash	L
	<i>Angraecum sterophyllum</i> Schltr.	L		<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston	L
	<i>Benthamia praecox</i> Schltr.	B		<i>Setaria pallide-fusca</i> (Schumach.) Stapf & C.E.Hubb.	A
	<i>Cynorkis flexuosa</i> Lindl.	B		<i>Trachypogon spicatus</i> (L.f.) Kuntze	ABL
	<i>Habenaria cirrhata</i> (Lindl.) Rchb.f.	B			
	<i>Nervilia dalbergiae</i> Jum. & H.Perrier	B			
Orobanchaceae	<i>Alectra sessiliflora</i> (Vahl) Kuntze	AB			
	<i>Buchnera hispida</i> Buch.- Ham. ex D.Don	B			

Tableau 9.2. Suite.

Familles	Espèces		Familles	Espèces	
	<i>Urelytrum squarrosum</i> Hack.	L	Sapindaceae	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	B
Polygalaceae	<i>Polygala emirnensis</i> Baker	B		<i>Dodonaea madagascariensis</i> Radlk.	ABL
Polypodiaceae	<i>Pellaea boivinii</i> Hook. <i>Pellaea dura</i> (Willd.) Hook. <i>Pellaea pectiniformis</i> Baker <i>Pellaea viridis</i> (Forssk.) Prantl	L A/B A/B BL	Sarcolaenaceae	<i>Leptolaena bojeriana</i> (Baill.) Cavaco <i>Leptolaena diospyroidea</i> (Baill.) Cavaco <i>Leptolaena luteola</i> (H.Perrier) Cavaco <i>Leptolaena multiflora</i> Thouars <i>Leptolaena pauciflora</i> Baker <i>Pentachlaena latifolia</i> H.Perrier <i>Sarcolaena eriophora</i> Thouars	A/B L L L L
Proteaceae	<i>Faurea forficuliflora</i> Baker	L		<i>Sarcolaena oblongifolia</i> F.Gérard <i>Schizolaena isaloensis</i> Rabehevitra & Lowry II <i>Schizolaena microphylla</i> H.Perrier <i>Xyloolaena humbertii</i> Cavaco	BL L B L
Pteridaceae	<i>Pteris friesii</i> Hieron.	B	Smilacaceae	<i>Smilax anceps</i> Willd.	B
Ranunculaceae	<i>Clematis mauritiana</i> Lam.	AB	Solanaceae	<i>Solanum batoides</i> D'Arcy & Rakot.	B
Rosaceae	<i>Rubus apetalus</i> Poir. <i>Rubus rosifolius</i> Sm.	L A		<i>Solanum erythracanthum</i> Bojer ex Dunal	B
Rubiaceae	<i>Anthospermum emirnense</i> Baker <i>Mussaenda arcuata</i> Lam. ex Poir. <i>Oldenlandia herbacea</i> (L.) Roxb. <i>Otiophora scabra</i> Zucc. <i>Pentanisia veronicoides</i> (Baker) K.Schum. <i>Psychotria alabatensis</i> Sohmer & A.P.Davis <i>Psychotria retiphlebia</i> Baker <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes <i>Spermacoce pusilla</i> Wall. <i>Tricalysia cryptocalyx</i> Baker	AL A AB ABL B L AB AB AB B	Sterculiaceae	<i>Waltheria indica</i> L.	B
			Velloziaceae	<i>Xerophyta dasylirioides</i> Baker	B
			Violaceae	<i>Hybanthus heterophyllus</i> (Vent.) Baill.	A
Rutaceae	<i>Evodia madagascariensis</i> Baker <i>Melicope madagascariensis</i> (Baker) T.G.Hartley	BL L	Xanthorrhoeaceae	<i>Aloe capitata</i> Baker var. <i>capitata</i>	AB

A = Arivonimamo, B = Ambatofinandrahana,
A/B = A ou B et L = Littérature.

Par la présente étude, les connaissances relatives à la composition floristique du bois de *tapia* ont donc fait un bond en avant en mettant en évidence 33 nouvelles familles, 108 nouveaux genres et 153 nouvelles espèces. Cependant, tous ces taxons, ainsi que ceux cités dans la littérature et observés lors des inventaires ne sont pas nécessairement caractéristiques des «bois de *tapia*». En effet, certains peuvent être des plantes très communes sur le territoire malgache voire même dans d'autres parties du globe. C'est le cas par exemple de *Pinus khanya* (Pinaceae), d'*Eucalyptus torquata* (Myrtaceae) ou encore de *Passiflora incarnata* (Passifloraceae).

Tableau 9.3. Liste des taxons cités dans la littérature et(ou) observés lors de nos inventaires et qui ne sont déterminés qu’au niveau générique. (I = inventaire, L = Littérature)

Familles	Genres		Familles	Genres	
Acanthaceae	<i>Crossandra</i> sp.	I	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> sp.	I
Adiantaceae	<i>Adiantum</i> sp.	L	Fabaceae	<i>Mundulea</i> sp.	L
Apocynaceae	<i>Ceropagia</i> sp.	L	Loranthaceae	<i>Bakerella</i> sp.	L
Apocynaceae	<i>Landolphia</i> sp.	L	Myrsinaceae	<i>Embelia</i> sp.	L
Apocynaceae	<i>Pentopetia</i> sp.	L	Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	L
Apocynaceae	<i>Plectaneia</i> sp.	L	Orchidaceae	<i>Bulbophyllum</i> spp.	I, L
Apocynaceae	<i>Secamone</i> sp.	I	Orchidaceae	<i>Lissochilus</i> sp.	L
Asteraceae	<i>Conyza</i> sp.	I	Rubiaceae	<i>Coptosperma</i> sp.	I
Asteraceae	<i>Epallage</i> sp.	I	Rubiaceae	<i>Mapouria</i> sp.	L
Asteraceae	<i>Erigeron</i> sp.	I	Rubiaceae	<i>Peponidium</i> sp.	I
Asteraceae	<i>Helichrysum</i> spp. 1-2	I	Rubiaceae	<i>Psychotria</i> sp.	I
Asteraceae	<i>Senecio</i> spp. 1-2	I	Rubiaceae	<i>Pyrostria</i> sp.	I
Celastraceae	<i>Hippocratea</i> sp.	L	Rubiaceae	<i>Rytigynia</i> sp.	L
Celastraceae	<i>Maytenus</i> sp.	I	Rubiaceae	<i>Saldinia</i> sp.	I
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.	I	Santalaceae	<i>Viscum</i> sp.	I
Cyperaceae	<i>Pycreus</i> sp.	L	Sapindaceae	<i>Tina</i> sp.	I
Davalliacae	<i>Arthropteris</i> sp.	I	Sarcolaenaceae	<i>Perrierodendron</i> sp.	L
Ericaceae	<i>Erica</i> spp. 1-2	I	Stilbaceae	<i>Nuxia</i> sp.	L

Il est intéressant de remarquer l’importance relativement faible des taxons communs aux deux approches (littérature et terrain). Cela peut s’expliquer de différentes façons. Premièrement, il est probable que la littérature fasse référence à des taxons absents des zones d’étude de ce travail. En effet, il existe certains taxons végétaux présents dans certains grands massifs de *tapia* et pas dans d’autres. Cette dissemblance spatiale des différentes unités de *tapia* a déjà été évoquée ci-dessus. C’est notamment le cas de *Schizolaena isaloensis* qui n’est présent que dans le massif d’Isalo (Rabehevitra et al., 2009). De même, la description de Kull et al. (2005) reprend la composition floristique du massif du Col des Tapia alors que celui-ci n’a pas été étudié dans la présente étude. En second lieu, il se peut que la littérature comporte certaines erreurs et cite des taxons non inféodés aux formations de *tapia*. Enfin, il ne peut pas être exclu que les déterminations obtenues par le PBZT, bien qu’elles aient fait l’objet d’une analyse critique dans ce travail, comportent malgré tout certaines imperfections.

9.6. APPROCHE ÉCOLOGIQUE DES BOIS DE *TAPIA*

Pour l’approche écologique de la flore de la végétation de *tapia*, une partie seulement de l’ensemble des espèces observées dans les bois de *tapia* et leurs abords a été prise en considération. Notre approche constitue donc une ébauche ayant pour but la mise en évidence de groupes écologiques. Elle nécessite d’être complétée par l’examen critique des autres taxons énumérés ci-avant.

Douze groupes écologiques différents ont été identifiés. Leur niche écologique éventuelle est précisée et les groupes écologiques sont esquissés et brièvement commentés ci-dessous ; quelques plantes sont citées pour illustrer chaque groupe. Un nombre de référence est attribué à chaque groupe.

- *Transgressives du tanety (1)*

Plusieurs plantes ont été observées fréquemment dans les savanes steppiques dénommées en malgache «*tanety*». Leur présence dans la mosaïque composée d'îlots de bois de *tapia* et de petites enclaves de *tanety* a valu à ces plantes d'être qualifiées de «transgressives du *tanety*». *Commelina madagascariaca*, *Ctenium concinnum*, *Ipomoea desmophylla* et *Habenaria bathiei* en sont de bons exemples.

- *Lisières de bois de tapia, savanes arbustives, milieux ouverts (2)*

Plusieurs plantes ont été observées préférentiellement en lisère des bois de *tapia*, dans les massifs à densité faible de *tapia*, ou encore dans des milieux ouverts où elles montrent une certaine vitalité et/ou une densité plus grande qu'ailleurs. C'est notamment le cas de *Psidia altissima*, *Psorospermum androsaemifolium* et *Senecio longiscapus*.

- *Trouées en bois de tapia (3)*

Une des niches écologiques identifiée est constituée par les trouées dans le couvert des îlots de bois de *tapia*. *Harungana madagascariensis* et *Trema orientalis* sont des espèces préférentielles de ces trouées.

- *Bords de sentier, rudérales (4)*

Les bords de sentier situés dans les îlots de bois de *tapia* constituent une niche écologique qui offre des voies de pénétration aux plantes rudérales. Parmi les plantes rudérales observées, figurent *Ageratum conyzoides*, *Chamaecrista mimosoides*, *Euphorbia hirta* et *Sida urens*.

- *Cortège des bois de tapia (5)*

Certains auteurs considèrent qu'à l'exception du *tapia* (*Uapaca bojeri*), les bois de *tapia* ne possèdent pas d'espèces caractéristiques. Cependant, quelques révisions systématiques récentes montrent qu'il convient de revoir cette affirmation. De plus, il est possible de dégager un cortège d'espèces caractéristiques¹ ou préférentielles et également un cortège d'espèces compagnes² des bois de *tapia*.

- Caractéristiques des bois de *tapia* (5.1) :

Uapaca bojeri

- Préférentielles des bois de *tapia* (5.2) :

Asteropeia labattii

Sarcolaena oblongifolia

Schefflera bojeri

¹ Espèces liées à certains groupements végétaux d'une manière plus ou moins étroite (Meddour, 2011).

² Espèces, parfois encore considérées comme «indifférentes», ne montrant pas une fidélité à un groupement végétal mais participant à sa composition floristique.

Schizolaena microphylla (présent uniquement dans le massif de l'Ibity)

Schizolaena isaloensis (présent uniquement dans le massif de l'Isalo)

– Compagnes des bois de *tapia* (5.3) :

Biophytum umbraculum

Clematis mauritiana

Gladiolus dalenii

Indigofera pedunculata

Otiophora scabra

En outre, dans le district d'Arivonimamo (5.2.1) nous avons observé *Kotschya strigosa*, dans celui d'Ambatofinandrahana (5.2.2) *Catharanthus ovalis* subsp. *ovalis*, *Cyanotis nodiflora*, *Dioscorea hexagona*, *Pellaea viridis*, *Phyllanthus nummularifolius*, *Smilax anceps*, *Stachys filifolia* et *Tambourissa purpurea*.

• *Massifs forestiers fermés* (6)

Les liens des formations de *tapia* avec une forêt dense fermée semi-humide et sclérophylle sont fréquemment soulignés dans la littérature. Il n'est dès lors pas étonnant d'observer localement de petits massifs forestiers fermés qui possèdent leur cortège propre. Deux constituants de ces cortèges de massifs forestiers fermés sont *Kaliphora madagascariensis* et *Tambourissa cf. humbertii*.

• *Blocs ou petits escarpements rocheux* (7)

Les blocs rocheux au sein des bois de *tapia* offrent deux micro-habitats différents, les anfractuosités de la face supérieure sont fréquemment sèches ; *Acridocarpus excelsus* y a été observé. Les zones plus fraîches et ombragées situées à leur base sont favorables au développement d'*Ophioglossum reticulatum* et de *Tetradenia clementina*.

• *Petits ravins* (8)

De petits ravins résultant d'érosion locale ont été observés dans certains bois de *tapia*. La mise à nu du substrat parfois sableux et le microclimat plus frais qui y règne permettent l'installation de certaines différencielles, comme par exemple *Lycopodium cernuum* et *Weinmannia lucens*.

• *Transgressives du savoka* (9)

Quelques plantes observées dans le sous-bois des bois de *tapia* sont connues pour être habituelles voire dominantes dans la formation végétale dénommée en malgache *savoka*. Il s'agit d'une formation végétale représentant la première étape dans la série régressive de la dégradation de la forêt primitive notamment dans le domaine du centre (Samyn, 2001). *Helichrysum gymnocephalum*, *Pteridium aquilinum* et *Vernonia appendiculata* sont considérées comme des transgressives du *savoka*.

• *Talus humides* (10)

En bas de pente, dans les déclivités qui conduisent vers les abords de cours d'eau, se trouve une zone constituée de talus humides. Nous y avons observé *Hyptis pectinata* et *Mimosa latispinosa*.

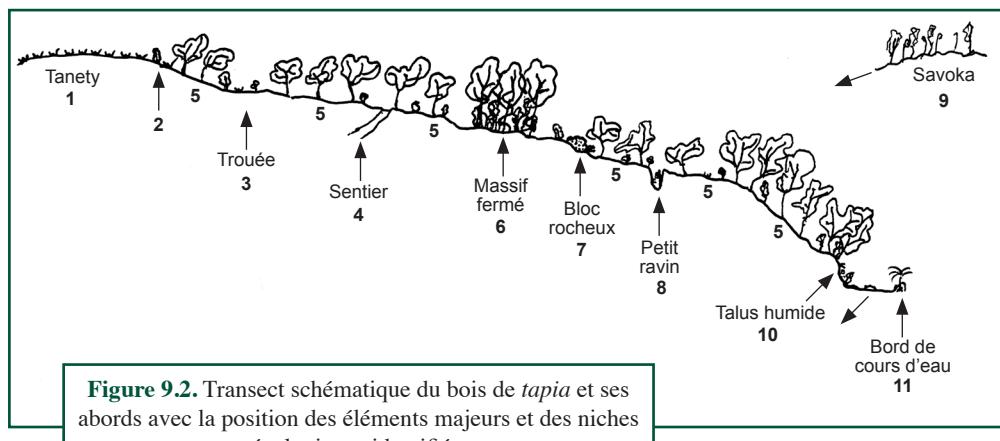
- *Bords des cours d'eau (11)*

Très localement, des cours d'eau s'écoulent au bas des pentes couvertes de bois de *tapia*. Un autre groupe écologique s'y développe ; *Indigofera leucoxyclada*, ainsi qu'un *Pandanus* sp., y appartiennent.

- *Exotiques subspontanées (12)*

Enfin, des plantations forestières ont engendré le semis et la croissance d'essences exotiques devenues subspontanées telles que *Pinus khasya*, *Eucalyptus torquata* ou encore *Acacia dealbata*.

Les différents comportements et niches écologiques cités ci-dessus, à l'exception du dernier dont des individus peuvent s'observer presque partout, sont positionnés dans le transect schématique de la **figure 9.2**.



9.7. DISCUSSION

La connaissance floristique des bois de *tapia* était très lacunaire. Différents faits expliquent cette situation. Le concept de «forêt de *tapia*» et ses dénominations, l'ambiguïté qu'il comprend, sont discutés au chapitre 10. Ce dernier souligne la grande diversité des peuplements concernés. D'autre part, les études floristiques approfondies conduites dans les quatre ensembles de formations de *tapia* sont rares et souvent, seules des approches rapides sont disponibles. Cet ensemble de considérations justifie l'approche préliminaire que constitue notre contribution.

La florule des bois de *tapia* établie dans notre étude prend 230 taxons en considération.

Elle contient plusieurs espèces exotiques, dont l'introduction anthropique est indéniable. En outre, un cortège de plantes transgressives d'autres unités de végétation figure également dans la liste. C'est pourquoi une étude critique de l'amplitude écologique de chaque taxon présent dans l'un ou l'autre site reste à effectuer. Par taxon présent, nous entendons une récolte

(herbier de référence) déposée dans une institution (cf. Index Herbariorum) et pour lequel une détermination correcte a été effectuée.

Néanmoins, la liste reprise énonce de nombreux taxons potentiels dont l'observation ultérieure est probable. De plus, le CD-ROM met à disposition une documentation iconographique facile d'accès et comble partiellement une lacune préexistante.

Pour pallier aux insuffisances signalées ci-dessus et progresser dans la connaissance de cette flore, deux recommandations prioritaires se dégagent aisément. En premier lieu, il convient d'effectuer des inventaires floristiques dans des groupements végétaux dominés par *Uapaca bojeri*. Ces relevés doivent être effectués dans les quatre zones de présence reconnues ci-dessus, mais aussi comprendre des sites réalisant un large éventail de densités ligneuses, de valeurs de surface terrière. En second lieu, une meilleure connaissance écologique des divers taxons est à réaliser.

La réalisation de ces objectifs constituerait un apport conséquent qui mettrait à disposition des informations fondamentales pour une meilleure gestion de cet écosystème et la poursuite des objectifs du Projet GeVaBo.

Remerciements

Nous remercions la CUD (Commission universitaire pour le Développement) pour le financement des activités du projet GeVaBo, ainsi que pour l'octroi d'une bourse de voyage à Mr R. Pinel.

9.8. BIBLIOGRAPHIE

- Boiteau P., Boiteau M. & Allorge-Boiteau L., 1997. *Index des noms scientifiques avec leurs équivalents malgaches (extrait du Dictionnaire des noms malgaches des végétaux)*. Grenoble, France : Alzieu.
- Burney D.A., 1996. Climate change and fire ecology as factors in the Quaternary biogeography of Madagascar. In: Lourenço W.R. (ed.). *Biogéographie de Madagascar*. Paris: ORSTOM, 49-58.
- Burney D.A., 1997. Theories and facts regarding Holocene environmental change before and after human colonization. In: Goodman S.M. & Patterson B.D. (eds). *Natural Change and Human Impact in Madagascar*. Washington: Smithsonian Press, 75-89.
- Burrows J.E., 1990. *Southern African ferns and fern allies*. Sandton, R.S.A.: Frandsen Publishers.
- D.E.F., 1996. *Inventaire écologique forestier national*. Rapport, République de Madagascar.
- Gaye J., 2009. *Analyse de la dégradation des forêts endémiques de Tapia, Uapaca bojeri, dans la région d'Itasy, Madagascar*. Thèse de master. Université libre de Bruxelles, École Interfacultaire de Bioingénieurs (Belgique).
- Humbert H., 1935. *La végétation autochtone à Madagascar*. Paris : Masson.
- Humbert H., 1949. La dégradation des sols à Madagascar. *Mém. Inst. Rech. Sci. Madagascar* série D, 1(1), 33-52.
- Humbert H. & Cours Darne G., 1965. *Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques à 1/1.000.000. Notice de la carte de Madagascar*. Extrait des travaux de la section scientifique et technique de l'Institut français de Pondichéry, Inde. Hors-série n°6.
- Koechlin J., Guillaumet J. & Morat P., 1974. *Flore et végétation de Madagascar*. Vaduz : J. Cramer.

- Kull C.A., 2002. The « degraded » *tapia* woodlands of highland Madagascar : rural economy, fire ecology and forest conservation. *J. Cult. Geogr.*, **19**(2), 95-128.
- Kull C.A., 2003. *Uapaca* woodland. In: Goodman S.M. & Benstaead J.P. (eds). *The natural history of Madagascar*. Chicago, USA: The University of Chicago Press, 393-398.
- Kull C.A., Ratsirarson J. & Randriambaoavony G., 2005. Les forêts de *tapia* des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, **24**, 22-54.
- Leandri J., 1958. Euphorbiacées. In : Hubert H. (éd.). *Flore de Madagascar et des Comores. Famille III, part 1*. Paris : Didot.
- LRA/ESSA-Forêts, 2009. *Inventaire de biomasse dans les forêts de tapia : Régions d'Itasy (Miarinarivo) et Amoron'i Mania (Ambohifandrahana)*. Rapport final. Antananarivo.
- McPherson G., 2011. A review of Madagascan *Uapaca* (Euphorbiaceae s.l.). *Adansonia*, **33**(2), 221-231.
- Meddour R., 2011. *La méthodologie phytosociologique signatiste ou Braun-Blanqueto-Tüxenienne*. www.tela-botanica.org/sites/botanique/fr/documents/phytosocio/m%C3%A9thode_phytosociologique_Braun-Blanqueto-T%C3%BCxenienne_2011.pdf (08.08.2011).
- Paulian R., 1953. Observation sur les *Borocerus* de Madagascar, papillons séricigènes. *Naturaliste Malgache*, **5**(1), 69-86.
- Perrier de la Bâthie H., 1921. La végétation malgache. *Ann. Mus. Colon. Marseille*, sér. **3**(9), 1-268.
- Pinel R., 2011. *Étude des relations entre la flore et l'entomofaune au sein des forêts de Tapia à Madagascar*. Mémoire de Master. Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège (Belgique).
- Rabehevitra D. & Lowry II P.P., 2009. Endemic families of Madagascar. XI. A new critically endangered species of *Schizolaena* (Sarcolaenaceae) from *Tapia* woodland in south-central Madagascar. *Adansonia*, **31**(1), 149-155.
- Raharison H.R., 1982. *Essai de contribution à l'étude de l'écologie, de la régénération et du rôle économique du tapia*. Mémoire de fin d'études. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Rakotoarivelo L.A., 1993. *Analyse sylvicole d'une forêt sclérophylle de moyenne altitude à Uapaca bojeri (tapia) de la région d'Arivonimamo*. Mémoire de fin d'études. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Rakotonainaina Ranaivoson N., 2010. *Vers une démarche de gestion durable des ressources de la forêt sclérophylle de moyenne altitude d'Arivonimamo II – Madagascar*. Thèse de doctorat. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Raunkiær C., 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography, being the collected papers of C. Raunkiær*. Oxford, UK: Charendon Press.
- Samyn J.M. & Petitjean A., 2001. *Plantes utiles des Hautes terres de Madagascar*. 2^e éd. Antananarivo : Intercoopération.
- Soloarivelo Z.T., 2004. *Contribution à la conservation de la forêt de tapia – Arivonimamo II : Études de la régénération naturelle de Uapaca bojeri H. Baillon (Euphorbiaceae) et de la valorisation des sous-bois*. Mémoire. Université d'Antananarivo (Madagascar).
- The Angiosperm Phylogeny Group, 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linn. Soc.*, **161**(2), 105-121.
- Vignal R., 1963. Les phénomènes de météorologie dynamique et la disparition des formations forestières malgaches d'altitude. *Bois For. Trop.*, **89**, 31-35.

10 — Apport de la surface terrière dans la dénomination des formations végétales dominées par le *tapia* (*Uapaca bojeri*) à Madagascar

François MALAISSE, Olivia L. RAKOTONDRAZOA, Naritiana RAKOTONIAINA, Tsiresy M. RAZAFIMANANTSOA, Harifidy R. Ratsimba, Romain PINEL, Fanny BARSICS, François J. VERHEGGEN, Grégory MAHY, Éric HAUBRUGE, Jan BOGAERT

Après avoir rappelé l'intérêt transcendant d'*Uapaca bojeri*, essence endémique malgache, pour les populations locales et avoir défini l'importance des apports écosystémiques des formations végétales où cette essence domine, la diversité des dénominations concernant ces dernières est mise en évidence et les causes sous-jacentes en sont analysées. Une situation analogue a été observée antérieurement pour les forêts claires de type miombo en Afrique continentale ; le concept de surface terrière a constitué pour ces dernières un apport pertinent et a autorisé une typologie valorisante des dénominations. Dès lors, l'application du concept de surface terrière aux formations végétales à dominance de *tapia* est examinée et son apport éventuel discuté. Un système original est proposé.

Contribution of the basal area concept for the denomination of *tapia*-dominated (*Uapaca bojeri*) vegetations in Madagascar

After having recalled the paramount interest of *Uapaca bojeri*, a Madagascan endemic species, for local populations and having highlighted the importance of the ecosystem services provided by vegetations dominated by this species, the diversity of denominations existing for *tapia* is described and its causes are analyzed. A similar situation has been observed for the open forests of the miombo type found in continental Africa; the basal area concept constituted for these vegetations a useful parameter and allowed a valuable typology of denominations. Consequently, the application of the basal area concept on vegetation units dominated by *tapia* is investigated and its potential contribution is discussed. An original system is proposed.

10.1. INTRODUCTION

Uapaca bojeri Baill. est une Phyllanthaceae. Cette espèce est endémique à Madagascar, où elle possède une large distribution entre 800 et 1 600 m, voire 1 800 m d'altitude, sous des précipitations annuelles de 1 000 à 1 500 mm et une température moyenne annuelle oscillant entre 17 et 22 °C (Kull, 2003). Son principal nom vernaculaire ainsi que l'appellation commerciale du matériau ligneux est *tapia*, mais elle possède encore d'autres noms vernaculaires, à savoir *dontonana*, *hazondandy*, *pakifotsy*, *tampona*, *tapiafotsy*, *voampaka*, *voantapia*, *voiapakifotsy* ou *tapie d'Ambohitra* (Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8 ; Lisan, 2013). C'est une plante vivace, ligneuse, généralement haute de 5 à 7 m, mais pouvant atteindre 12 m (Rajoelison et al., 2009). Le port est pachycarpe, à l'état isolé le tronc est vertical, mais il est assez souvent sinuieux à tortueux dans les peuplements ; la cime est arrondie rappelant le port de l'olivier (Vignal, 1963) et celui du chêne-liège du bassin méditerranéen (White, 1986). L'écorce du tronc est très épaisse

(1,5-2 cm) et crevassée. Le diamètre du tronc peut exceptionnellement atteindre 60 cm à hauteur de poitrine (Kull et al., 2005), des valeurs de 25-35(45) cm sont fréquentes. C'est une essence dioïque, sempervirente, sclérophylle et héliophile (Koechlin et al., 1974) ; les nouvelles feuilles se développent principalement au sommet des rameaux en août, avant le retour des pluies. Durant ce mois de la deuxième partie de la saison sèche, la température de l'air augmente légèrement ainsi que la longueur des jours. Les feuilles sont alternes, disposées en spirales serrées, subsessiles ou à pétiole atteignant 1 cm de longueur, simples, le limbe entier, vert foncé au-dessus, plus clair en dessous, à nervure principale blanche, saillante, n'atteignant pas le sommet (Cabanis et al., 1970 ; Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8). La floraison s'observe de mars à septembre ; les fruits, des drupes, atteignent leur maturité de mi-septembre au début de décembre, surtout en octobre (Lisan, 2013). La germination des graines se situe principalement en juin et juillet ; elle est favorisée par le passage du feu (Rasoafaranaivo, 2005).

Le *tapia* est considéré comme une espèce pyrophyte (Gade, 1985 ; Kull, 2003), bien que les feux fréquents puissent détruire les arbres et sa régénération (Grangeon, 1910 ; Perrier de la Bâthie, 1921 ; Vignal, 1963 ; Gade, 1996 ; Lisan, 2013). Sa croissance et sa phénologie ne sont pas modifiées par un feu accidentel, auquel il répond rapidement soit par des rejets, soit par le développement de bourgeons sur les branches (Rasoafaranaivo, 2005). *U. bojeri* ne possède pas de statut U.I.C.N., mais est considéré par certains comme en voie lente de raréfaction (Klein, 2002 ; Kull, 2002 ; Gaye, 2009 ; Équipe REDD-FORECA, 2010 ; Rakotondrasoa et al., com. pers.) ; l'extension des formations végétales à dominance de *tapia* serait actuellement stable (Kull, 2012).

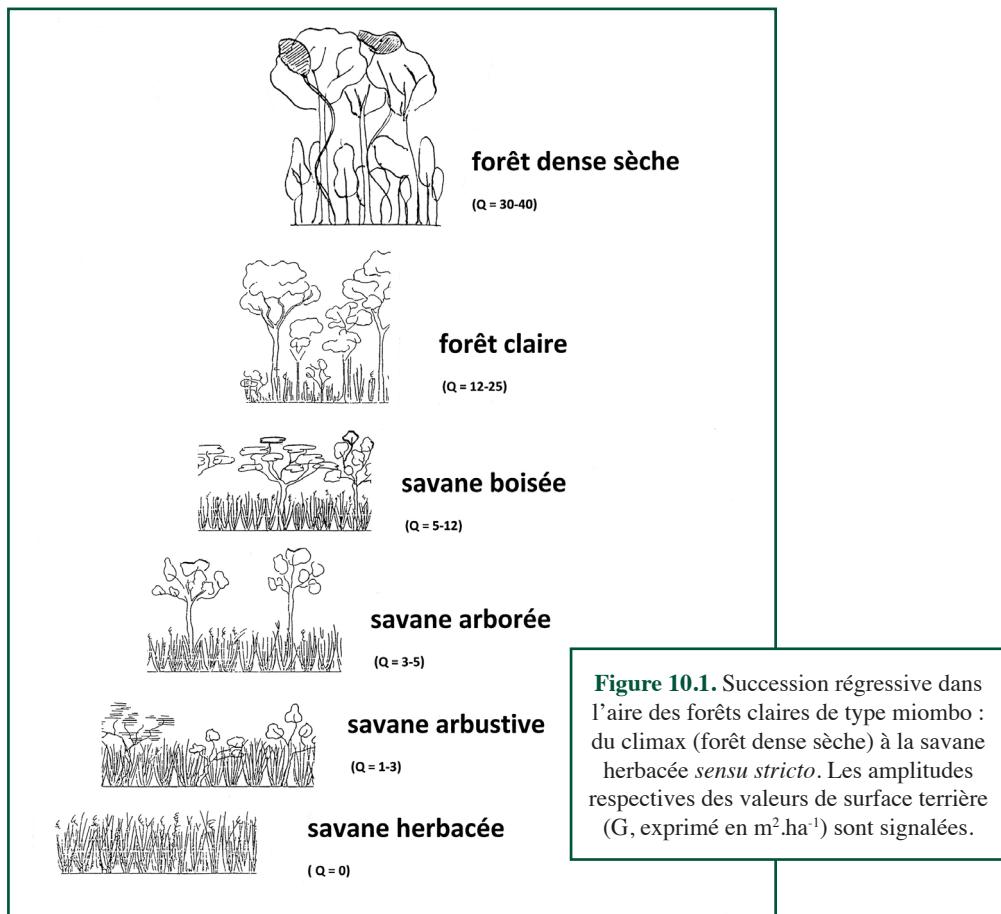
L'importance du *tapia* est multiple. Les fruits mûrs, appelés *voapaka* (Allorge, 2008) ou *voan'tapia* (Kull, 2003), à mésocarpe charnu, sucré et gluant, sont comestibles, récoltés après leur chute – un fort tabou (*fady*) empêcherait les villageois de les récolter sur l'arbre (Kull, 2003) – et font l'objet localement d'un commerce ainsi qu'ils servent à la fabrication d'une boisson alcoolisée (Cabanis et al., 1970). Les feuilles sont l'aliment préférentiel d'un lépidoptère, *Borocera cajani* (Vinson, 1863), le *landibe*, appartenant à la famille des Lasiocampidae (Grangeon, 1910 ; Razafimanantsoa et al., 2013a, chapitre 2). Celui-ci érige un cocon qui est utilisé dans la filière de soies sauvages servant au tissage de linceuls (*lambamena*) (Paulian, 1953 ; Razafimanantsoa et al., 2013a, chapitre 2), de vêtements d'apparat des nobles mais encore de créations destinées à l'exportation et aux marchés touristiques locaux (Razafindrakoto, 2007), telles écharpes, châles, nappes de table et dessus de lit (Vestalys et al., 2008). De plus, la chrysalide est consommée (Gade, 1985 ; Kull, 2003 ; Razafimanantsoa et al., 2013b, chapitre 3). D'autres Chenilles comestibles se nourrissent également de cette essence (Barsics, 2010 ; chapitre 14).

Enfin le *tapia* est une espèce mycorhizique. La présence de mycorhizes arbusculaires et d'ectomycorhizes a été établie (Ramanankierana, 2005). Ces derniers appartiennent aux genres *Afroboletus*, *Amanita*, *Boletus*, *Cantharellus*, *Lactarius*, *Leccinum*, *Rubinoboletus*, *Scleroderma*, *Tricholoma* et *Xerocomus* (Ramanankierana et al., 2007). Il en résulte que *U. bojeri* participe à la production de nombreux carpophores comestibles, notamment des chanterelles, des russules et des lactaires (Barsics, 2010 ; chapitre 14). Du point de vue médicinal, l'écorce est utilisée dans les cas de dysenterie (Cabanis et al., 1970 ; Gade 1985).

Le tronc du *tapia* est utilisé pour la construction d'ouvrages (petits ponts, barrages, enclos pour zébus, etc.) (Rajoelison et al., 2009). L'usage de son bois est fréquent comme source d'énergie domestique, principalement le bois de chauffe (86 à 92 % des familles vivant à proximité y ont recours). Le charbon de bois qui en est produit est principalement destiné à

la commercialisation. Ce combustible est mieux adapté aux contraintes de la cuisine urbaine malgache avec le réchaud à charbon (*fatapera*) (Blanc-Pamard et al., 2003; Minten et al., 2003; Kull et al., 2005; Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8). Le bois est encore utilisé pour des événements familiaux, tels que les *famadihana* (exhumation), au cours desquels des repas communs sont préparés pour une cinquantaine de personnes (voire davantage) pendant quelques (2 à 4) jours, nécessitant beaucoup de bois de feu (Rajoelison et al., 2009).

Parmi les diverses unités de végétation de Madagascar, certaines formations végétales sont à dominance de *tapia* (*U. bojeri*). Elles sont considérées comme une unité de végétation endémique des Hautes Terres malgaches (Humbert, 1965). Elles sont distribuées en quatre ensembles majeurs souvent figurés sous forme d'une carte dans la littérature (Rakotondrasoa et al., 2012 par exemple, chapitre 8); leur cartographie plus détaillée est également disponible (Gade, 1985; Kull et al., 2005) (**Figures 10.1 à 10.3**). Elles ont des fonctions écosystémiques importantes (Rabetaliana et al., 2003; Rakotoniaina Ranaivoson, 2010); elles contribuent à la protection du sol contre l'érosion, au maintien de l'environnement à proximité des cultures et des habitations, à la régulation du cycle de l'eau par le phénomène de la rétention et de l'évapotranspiration (Rajoelison et al., 2009). Elles représentent encore un réservoir de plantes médicinales (Samyn et al., 2001; Kull, 2003; Kull et al., 2005; Barsics, 2010; chapitre 14).



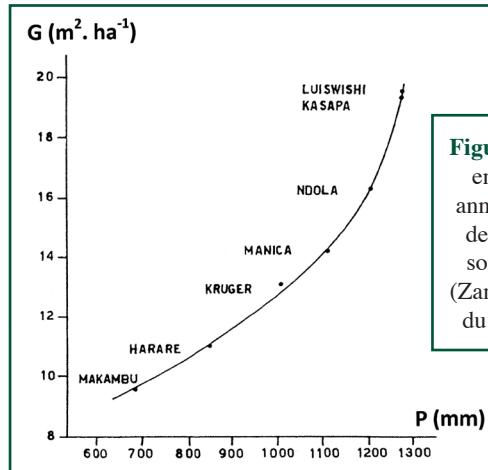


Figure 10.2. Variation de la surface terrière (G, exprimé en $m^2 \cdot ha^{-1}$) en fonction des précipitations moyennes annuelles (P, exprimé en mm) pour divers peuplements de type miombo. Les stations prises en considération sont Luiswishi et Kasapa (Rép. Dém. Congo), Ndola (Zambie), Manica (Mozambique), Kruger (Rép. Afrique du Sud), Harare (Zimbabwe) et Makambu (Namibie).

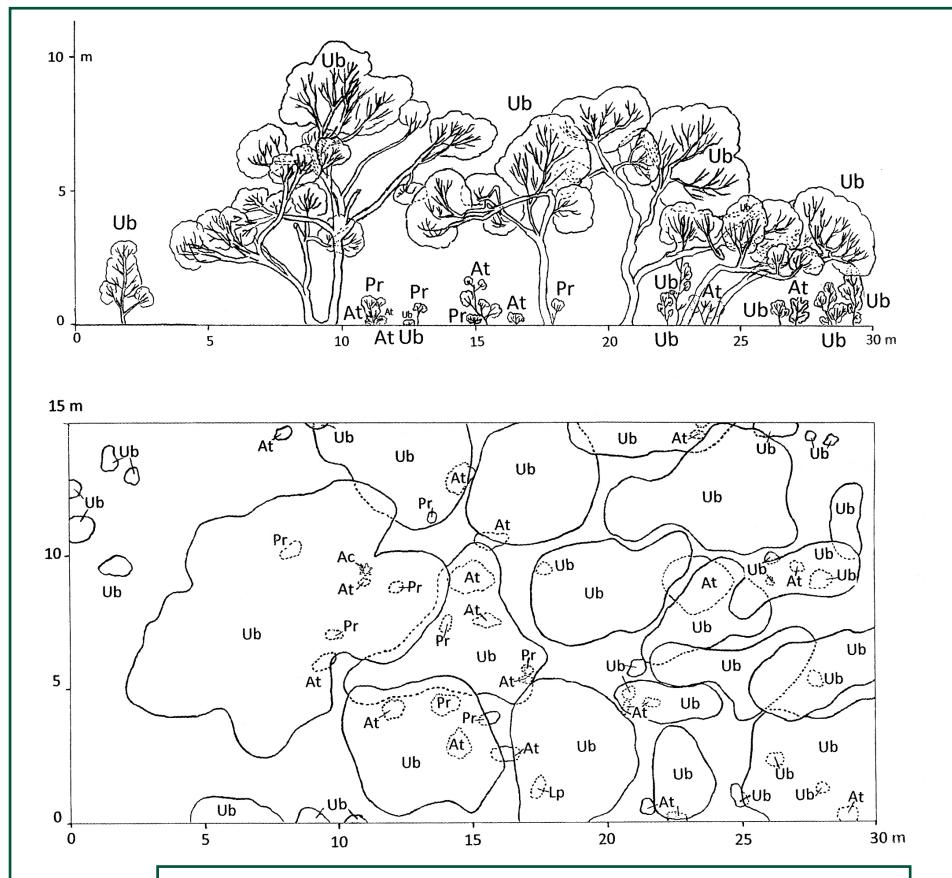


Figure 10.3. Projection verticale et projection horizontale d'un peuplement à dominance de *Uapaca bojeri* (Pinel, 2011).

Ac : *Aloe capitata* var. *capitata*, At : *Aphloia theiformis*, Lp : *Leptolaena pauciflora*, Pr : *Psychotria retiphlebia*, Ub : *Uapaca bojeri*.

La dénomination des formations végétales à dominance de *tapia* varie selon les auteurs, l'appellation « forêt de *tapia* » étant la plus fréquente, mais nous avons également noté une quinzaine d'autres termes (**Tableau 10.1**). Il serait utile de comprendre les raisons de cette divergence terminologique et pertinent de les analyser en vue de suggérer, si possible, un système logique non ambigu. C'est l'objet de cette contribution.

Tableau 10.1. Dénominations des formations végétales à dominance de *tapia*.

Dénomination	Références
Forêt de <i>tapia</i> / <i>Tapia</i> forest	Vignal, 1963 ; Chevrier, 1996 ; Razafintsalam, 1998 ; Ranaivosoa, 2002 ; Rakotoniaina et al., 2003 ; Soloarivelo, 2004 ; Kull et al., 2005 ; Rajolison et al., 2009 ; Pinel, 2011 ; Rakotondrasoa et al, 2012
Forêt dense sclérophylle d'altitude	Blanc-Pamard et al., 2003
Forêt sclérophylle dense de moyenne altitude	Rakotoniaina, 2008 ; Rakotoniaina Ranaivoson, 2010
Forêt sclérophylle moyennement dense de moyenne altitude	Rakotoarivelo, 1993 ; Rakotoniaina Ranaivoson, 2008 ; Rakotoniania Ranaivoson, 2010
Forêt sclérophylle claire de moyenne altitude	Rakotoniaina, 2008 ; Rakotoniaina Ranaivoson, 2010
Forêt sclérophylle à <i>Uapaca bojeri</i>	Rasoafaranaivo, 2005
Bois des pentes occidentales	Perrier de la Bâthie, 1921
Bois de <i>tapia</i>	Grangeon, 1910 ; Perrier de la Bâthie, 1921 ; Vignal, 1963 ; Guillaumet et al., 1971 ; Alavarado, 2012
<i>Uapaca</i> woodland	Kull, 2002 ; Kull, 2003
Montane <i>tapia</i> woodland	Hannah et al., 2008 ; Schatz et al., 2008
Evergreen, sclerophyllous (<i>Uapaca</i>) woodland	Du Puy et al., 1998
Savanna woodland dominated by <i>tapia</i>	Gade, 1985
Forêt d'altitude à <i>tapia</i>	Razafindrakotomamonjy, 2005
Forêt claire de <i>tapia</i>	Cornet et al., 1976 ; Pinel, 2011
Savane parsemée de <i>tapia</i>	Anonyme, 2008
Boqueteau de <i>tapia</i>	Vignal, 1963
Peuplement de <i>tapia</i>	Ravatomanga, 2000

10.2. DES CAUSES DE LA DIVERSITÉ DES DÉNOMINATIONS DES FORMATIONS VÉGÉTALES DOMINÉES PAR LE *TAPIA*

Notre réflexion est phytogéographique. Elle se différencie donc d'autres approches. Elle s'inscrit dans l'axe des études dévolues à la classification des unités de végétation qui a été marqué par les publications de l'UNESCO en 1973 et en 1986 (White, 1986). Le premier ouvrage traduit principalement les conceptions du Professeur H. Gaußen de Toulouse, le second fut rédigé par le Professeur F. White d'Oxford. L'un des auteurs a pu travailler avec ces deux maîtres.

En premier lieu, l'existence d'un continuum d'une forêt dense sclérophylle de moyenne altitude, forêt à *U. bojeri* et Sarcolaenaceae, encore appelée « bois des pentes occidentales » par Perrier de la Bâthie (1921), à des formations herbacées surmontées par des *tapias* ressort de la littérature (Leandri, 1957 ; Cornet et al., 1976). Elle constitue une série évolutive régressive (Rasoafaranaivo, 2005) et est à prendre en considération.

Si, il y a plusieurs siècles, des forêts denses sclérophylles de moyenne altitude n'étaient pas rares, il est difficile aujourd'hui de connaître les nuances floristiques qui s'y observaient, en particulier en réponse à la variabilité du substrat originel. Son importance passée fait l'objet d'avis variés. Au quaternaire, «*a woodland mosaic*» aurait prévalu (Dewar, 1989). Pour d'autres, jusqu'au 12^e siècle la région centrale était couverte d'une forêt très dense (Boiteau, 1958). L'existence d'une série régressive en réponse à une dégradation anthropique multiséculaire est aujourd'hui évidente et les îlots climatiques sont en voie d'extinction et ont cédé la place à des formations végétales ouvertes dominées par le *tapia*. Quelques aires réduites des Hauts-Plateaux disséminées au travers de grandes étendues forestières, comme celles d'Anjozorobe et d'Ambohitantely indiquent la possibilité d'une flore originelle plus diversifiée en termes d'espèces (Goodman et al., 2000). Une conclusion analogue ressort de certains sites des formations végétales à dominance de *tapia* dans la zone d'Anbatofinandrahana. La situation actuelle est probablement le résultat de plusieurs successions impliquant différents stades incluant des formations arborées et d'autres herbacées (Burney, 1996 ; 1997).

L'ouverture du couvert atteint des degrés divers qu'il est peu aisé de quantifier et conséquemment il est difficile de dénommer les unités de végétation concernées. De plus, l'invasion locale par des espèces forestières exotiques (*Eucalyptus* spp., *Pinus* spp. [Stein, 2011]) vient encore compliquer la situation (Carrière et al., 2007).

De fait, divers critères des formations végétales à dominance de *tapia* sont délicats à définir, dont notamment le recouvrement des frondaisons de la strate ligneuse dominante (5 à 60 %), la taille et la dénomination des plantes ligneuses (arbre *versus* arbuste), la composition floristique et le recouvrement de la strate herbacée, enfin le mode d'agrégation des *tapias*.

Des réflexions pertinentes à ce thème ont été effectuées par divers auteurs (Vignal, 1963 ; Guillaumet et al., 1971 ; etc.). Ainsi Vignal (1963) mentionne que les peuplements de *tapia* couvrent environ 115 000 hectares en boqueteaux disséminés sur les pentes ouest des Hauts-Plateaux depuis le nord de Miarinarivo dans la province de Tananarive jusqu'à la vallée de la Matsiatra dans la province de Fianarantsoa ; quelques taches très dégradées existent dans le Massif de l'Isalo. Dans ce même article, deux photos illustrent d'une part une «forêt de *tapia*», d'autre part un «bois de *tapia*». Les peuplements de *tapia* reçoivent donc les noms de «boqueteaux», de «bois» et de «forêts» dans une même publication !

Dès 1956, le vocabulaire phytogéographique des formations végétales tropicales fait l'objet de réflexions de la part du Conseil Scientifique pour l'Afrique au sud du Sahara (C.S.A.) et de la Commission de Coopération Technique en Afrique au sud du Sahara (C.C.T.A.) et un document synthétise les conclusions du Colloque de Yangambi (C.S.A./C.C.T.A., 1956). Onze chercheurs et huit observateurs y participent, mais aucun spécialiste n'est proposé pour Madagascar ! Trochain (1957) commente cet accord ; Guillaumet et Koechlin (1971) examineront les difficultés rencontrées dans l'application de la nomenclature proposée à la réalité malgache.

Il convient de rappeler les traductions français/anglais retenues en 1956 (**Tableau 10.2**), ainsi que l'absence du terme «dense» dans la dénomination anglophone, dans laquelle le terme de *woodland* concerne deux groupements (une formation forestière et une savanique), certes voisins mais différents, ce qui prête à confusion.

Tableau 10.2. Nomenclatures francophone et anglophone des formations végétales tropicales apparentées à celles à dominance de *tapia*.

Nomenclature francophone	Nomenclature anglophone
Forêt dense sèche	Dry forest
Forêt claire	Woodland
Savane boisée	Savanna woodland
Savane arborée	Tree savanna
Savane arbustive	Shrub savanna
Savane herbeuse	Grass savanna

Cette terminologie va évoluer au cours du temps. Ainsi le terme d'« arbre » a reçu au moins 149 définitions et celui de « forêt » est encore plus compliqué, comme explicité par Lund (2002), « *When is a forest not a forest ?* ». Les définitions de « forêt » à finalités légales, administratives ou concernant le type d'usage d'un territoire ne sont pas ici concernées. Dans l'ouvrage « *International classification and mapping of vegetation* » (UNESCO, 1973) les forêts denses sont définies comme formées d'arbres de plus de 5 m de hauteur et à cimes jointives ; dans les forêts claires les cimes ne se touchent pas, mais leur couvert est supérieur à 40 %. Les formations végétales à dominance de *tapia* relèvent notamment de l'unité II A1, à savoir les « forêts claires surtout sempervirentes de feuillus ».

Le terme *woodland* – traduit par « forêt claire » – est discuté par White (1986). Pour lui cette formation végétale se présente sous forme d'un peuplement ouvert d'arbres dont les cimes culminent entre 8 et 20 m de hauteur ou davantage et dont le recouvrement atteint au moins 40 %. Les cimes des arbres contigus sont souvent en contact mais ne s'entremêlent pas intensément. Souvent encore les arbres sont plus largement espacés, jusqu'à une distance équivalente au diamètre de leur cime. En sous-bois, l'ombrage est léger et la strate herbacée généralement assez continue, cette dernière étant constituée principalement de touffes de graminées héliophiles herbacées. White (1986) note encore que plusieurs espèces dominantes de la forêt claire n'atteignent pas la hauteur minimale susmentionnée de 8 m dans des conditions défavorables. On est alors en présence d'une forêt claire broussailleuse (sic).

Une première valeur de cette définition nous interpelle, à savoir 8 m de hauteur minimale, puisqu'elle dépasse la hauteur commune des « forêts de *tapia* ». La valeur de la hauteur permettant de distinguer un arbre d'un arbuste varie selon les normes (Da Lage et al., 2000 ; Lund, 2002 ; Sasaki et al., 2009). D'une part, un arbre est défini comme une plante vivace, ligneuse et dressée, qui dépasse au moins 5 m à l'âge adulte et dont la tige appelée tronc est dépourvue de ramifications à la base et à une certaine hauteur ; d'autre part des valeurs minimales de 4, 6 et 7 m sont encore proposées selon les auteurs. Il convient encore que le tronc ne soit pas ramifié sur au moins 1 m de hauteur. Nous retiendrons la valeur de 5 m étant donné que cette hauteur est atteinte dans presque tous les peuplements de *tapia*. L'adjectif arbustif est dès lors définitivement écarté.

10.3. LA DÉNOMINATION DES FORMATIONS VÉGÉTALES À DOMINANCE DE *BRACHYSTEGIA*, *JULBERNARDIA* ET *ISOBERLINIA* (*MIOMBO*) : UN CAS ANALOGUE ET SA SOLUTION

En région zambézienne, des formations végétales de type miombo sont reconnues depuis longtemps (Burtt Davy, 1938 ; White, 1965 ; Boaler, 1966 ; Grandvaux Barbosa, 1970).

Elles portent différents noms, notamment «*Brachystegia-Julbernardia moist savanna and woodland miombo*» (Huntley, 1978), «forêt claire» (Duvigneaud, 1958 ; Schmitz, 1963 ; Schnell, 1976 ; Malaisse, 1973), «forêt claire katangaise» (Symoens et al., 1959), «forêt claire zambézienne» (Malaisse, 1979), «forêt claire zambézienne de type *miombo*» (White, 1986), «*miombo*» (Fanshawe, 1969 ; Ernst, 1971 ; Lawton, 1972 ; 1978 ; Freson et al., 1974 ; Malaisse, 1973 ; 1974 ; 1976, Malaisse et al., 1975 ; Malaisse, 1978 ; 1979 ; Timberlake et al., 2011), «*miombo dry forest*» (Desanker, 1996), «*miombo woodland*» éventuellement précédé par un adjectif indiquant la zone géographique concernée : *Angolan*, *Central*, *Central Zambezian*, *Zambian*, *Zambezian* (Chidumayo, 1987 ; Frost, 1996 ; Hogan, 2012 ; Lawton, 1978 ; Rodgers, 1996), «*myombo* [hiémilignides]» (Duvigneaud, 1958), «savane boisée» (Delevoy, 1938), «*savanna woodland of the Zambezian domain*» (White, 1965), «*Zambezian open forest of wetter miombo type*» (Malaisse, 1988).

Elles présentent du Nord au Sud, un continuum de groupements s'étalant de groupements ligneux fermés à des savanes herbacées *sensu stricto*. Dès 1983, White reconnaît des «*wetter miombo type*» et des «*drier miombo type*». Ces deux unités sont distinguées sur base de l'isohyète des précipitations moyennes annuelles, celui de 1 000 mm est choisi par Habyaremye (1986), celui de 1 100 mm par Chidumayo (1987). Malaisse (1974) distingue, sur base de l'importance du couvert de la strate arborée, des forêts claires et des savanes boisées ; les premières présentent un couvert arboré supérieur à 65 %, les secondes un couvert arboré inférieur à 65 % (65 % et non 40 % comme proposé par White (1983), ce dernier traitant de «*woodland*»). Ce dernier critère, plutôt empirique ou même intuitif, est parfois difficilement généralisable.

Le concept de surface terrière est, lui aussi, chargé d'ambiguïté. Cette dernière provient de trois critères. D'une part la hauteur de la mesure de la circonférence ou du diamètre, ensuite les dimensions des tiges prises en considération, enfin l'unité dans laquelle la valeur de la surface terrière est exprimée ($m^2.ha^{-1}$ ou $ft.acre^{-1}$). La hauteur de 130 cm fait quasi-unanimité ; la hauteur de 100 cm est parfois utilisée, rarement celle de 135 cm ; celle de 150 cm jadis utilisée en Belgique est aujourd'hui abandonnée. En second lieu, les faibles catégories de grosseur sont fréquemment négligées. Les inventaires, principalement forestiers, visant la commercialisation de grumes limitent les mesures aux arbres ≥ 20 cm, parfois 60 cm ! Les limites des classes de grosseurs sont exprimées en cm ou en *inches*. La prise en considération des tiges supérieures ou égales à 10 et 5 cm de diamètre sont fréquentes. Néanmoins, pour certains types de peuplements, l'effectif et la surface terrière des tiges inférieures à 5 cm présentent un grand intérêt.

Malaisse (1982) a recours à la surface terrière pour diverses formations végétales de la région zambézienne (**Tableau 10.3**).

Les valeurs comprises entre 25 et 35 s'observent pour des peuplements de forêt claire en voie d'évolution vers la forêt dense sèche – localement appelée «*muhulu*» – ; pour le Haut-Katanga le terme de «forêt claire *muhuluteuse*» avait été employé par Malaisse (1982) et Shuku Onemba (2011).

Tableau 10.3. Nomenclature des formations végétales de la série évolutive régressive sur sols ferrallitiques en région zambézienne (Malaisse, 1982).

Formations végétales	Surface terrière (en $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$)
Savane herbeuse	< 1
Savanes arbustive et arborée	1 à 5
Savane boisée (<i>wooded savanna</i>)	5 à 15
Forêt claire (<i>open forest</i>)	15 à 25
Forêt claire « <i>muhuluteuse</i> »	25 à 30
Forêt dense sèche	30 à 40

L'apport positif du recours aux valeurs de la surface terrière pour la distinction de formations végétales a été démontré pour plusieurs régions du monde, notamment en région zambézienne (Malaisse, 1982 ; Frost, 1996).

Le critère de surface terrière s'y affirme comme pertinent, d'autant plus que l'existence d'un continuum, d'une série évolutive régressive, se voit confirmée (**Figure 10.1**) et répond principalement au facteur de la pluvirosité annuelle dans le cas des miombo zambéziens (**Figure 10.2**). Frost (1996) a établi que pour les miombo, il existe une relation $Q = 6,571 \text{ e}^{13,885/X}$, liant la surface terrière (Q) avec X (le rapport T/P, avec T la température moyenne annuelle exprimée en °C et P les précipitations moyennes annuelles exprimée en mm).

Le **tableau 10.4** présente quelques valeurs de surface terrière pour divers peuplements d'Afrique continentale qui ont été dénommés «forêt claire» par les auteurs respectifs. Un ensemble principal, homogène, concerne des groupements végétaux dont les valeurs de surface terrière sont comprises entre 15 et 25 m^2 par hectare. Les forêts claires du «*wetter miombo type*» y sont comprises. Leur écologie a fait l'objet de nombreuses études (voir entre autres Malaisse, 1997 ; 2010).

Une réflexion concernant ce thème s'avère donc souhaitable et de grand intérêt. Nous examinons ci-dessous la pertinence et l'apport du concept de surface terrière pour une dénomination précise et correcte des formations végétales dominées par *U. bojeri*.

Tableau 10.4. Surface terrière et caractéristiques de diverses «forêts claires» africaines.

Formation végétale (espèces caractéristiques)	Localisation PAYS	Surface terrière ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$)	Hauteur et/ ou diamètre	Nombre de tiges > 5 cm	Nombre de tiges > 10 cm	Nombre de tiges > 20 cm	Références
Forêt claire (<i>Isoberlinia doka</i>)	Ouémé BENIN	36,4	Dhp > 10 cm		349-376		Sokpon et al., 2006
Forêt claire (<i>Daniellia oliveri</i>)	Pendjari BENIN	27,9	Dhp > 10 cm		186		Sokpon et al., 2006
Forêt claire (<i>Isoberlinia doka</i> , <i>Daniellia oliveri</i>)	Alédjo TOGO	23,8	Dhp > 10 cm		645		Wala et al., 2012
Forêt claire (<i>Anogeissus leiocarpus</i> , <i>Pterocarpus erinaceus</i>)	Oti-Kéran TOGO	20,29	Dhp (1,3 m) si h > 5 m Dhp (0,25 m) si h < 5 m	788	± 470	± 170	Adjonou et al., 2009
Forêt claire (<i>Afzelia africana</i>)	Kundara GUINÉE	19,53	Dhp > 5 cm		241	137	Cordonnier, 1991

Tableau 10.4. Suite.

Formation végétale (espèces caractéristiques)	Localisation PAYS	Surface terrière (m ² .ha ⁻¹)	Hauteur et/ou diamètre	Nombre de tiges > 5 cm	Nombre de tiges > 10 cm	Nombre de tiges > 20 cm	Références
Forêt claire (Miombo) (<i>Marquesia macroura</i>)	Luiswishi R.D. CONGO	19,26	Dhp > 5 cm	552	344	145	Malaisse, 1982
Forêt claire (Miombo) (<i>Julbernardia paniculata</i>)	Kasapa R.D. CONGO	19,15	Dhp > 5 cm				Malaisse, 1978
Forêt claire (<i>Isoberlinia doka</i>)	Ouénou-Bénou BÉNIN	14,7	Dhp > 10 cm		349-376		Sokpon et al., 2006
Forêt claire (<i>Anogeissus leiocarpus</i>)	Pendjari BÉNIN	14,1	Dhp > 10 cm		279		Sokpon et al., 2006
Forêt claire (<i>Isoberlinia doka</i>)	Wari-Maro BÉNIN	11,0	Dhp > 10 cm		224		Glele Kakai et al., 2007
Miombo «wetter type» (<i>Brachystegia boehmii</i>)	Chongoni MALAWI	10,67 ± 0,58	Dhp > 5 cm				Lowore et al., 1994
Miombo «woodland» (<i>Julbernardia globiflora</i>)	Kitulangalo TANZANIE	8,3 ± 1	Dhp > 4 cm	352 ± 52	181		Malimbwi, 2007
Miombo «drier type» (<i>Brachystegia floribunda</i>)	Phuyu MALAWI	7,26 ± 0,34	Dhp > 5 cm				Lowore et al., 1994

10.4. LES DÉNOMINATIONS DES FORMATIONS VÉGÉTALES À DOMINANCE DE *TAPIA* ET LEUR STRUCTURE

Les appellations relevées dans la littérature concernant les formations végétales à dominance de *tapia* ont déjà été signalées au **tableau 10.1**.

Différentes approches sont observées concernant la structure de ces formations. Une première approche fait référence à des projections verticales et horizontales des plantes ligneuses. Les représentations de transect dont nous disposons correspondent à des formations végétales à couvert arboré ouvert (**Figure 10.3**). Cependant il n'est pas aisés d'en déduire une dénomination performante. Une seconde approche prend en considération d'autres indicateurs, principalement concernant l'état de dégradation des formations à dominance de *tapia*. Il s'agit de la densité des pieds, la hauteur moyenne, la densité de la régénération et celle du sous-bois. La forêt dégradée se caractérise notamment par une agrégation très significativement plus forte des *tapias* et par une forte présence de *Leptolaena pauciflora* et *Erica* sp. dans le sous-bois (Rakotondrasoa et al., com. pers.; chapitre 9).

Nous nous sommes efforcés de rassembler les données publiées relatives à la surface terrière et à l'effectif des tiges concernant les formations végétales à dominance de *tapia* à Madagascar (**Tableau 10.5**).

Tableau 10.5. Surface terrière et caractéristiques de diverses formations végétales à dominance de *tapia*.

Formation végétale (espèce caractéristique)	Localisation PAYS	Surface terrière (m ² .ha ⁻¹)	Hauteur et/ou diamètre	Nombre de tiges >1 cm	Nombre de tiges >5 cm	Nombre de tiges >10 cm	Nombre de tiges >20 cm	Références
Peuplement à <i>tapia</i> (<i>Uapaca bojeri</i>)	Arivonimano II MADAGASCAR	14,14	Dph>5 cm		653			Rakoton-drasoa, 2012
Forêt sclérophylle dense (<i>Uapaca bojeri</i>)	Arivonimamo II MADAGASCAR	14,06	Dph>1 cm	1 208	660	404	122	Rakoton-iaina Ranaivoson, 2010
Forêt de <i>tapia</i> (<i>Uapaca bojeri</i>)	Ambatofandriana MADAGASCAR	-	Dph>1 cm	12 059	941	423		Kull et al., 2005
Forêt de <i>tapia</i> (<i>Uapaca bojeri</i>)	Ambatofinandrahana	13,94	Dph>5 cm		596	404	142	Pinel, 2011
Forêt sclérophylle moyennement dense (<i>Uapaca bojeri</i>)	Arivonimamo II MADAGASCAR	11,84	Dph>1 cm	1 421	555	280	88	Rakoton-iaina Ranaivoson, 2010
Forêt sclérophylle claire (<i>Uapaca bojeri</i>)	Arivonimamo II MADAGASCAR	1,32	Dph>1 cm	1 224	182	80	5	Rakoton-iaina Ranaivoson, 2010

Les formations végétales à dominance de *tapia* présentent des valeurs de surface terrière qui se répartissent en un éventail relativement large. Une première source de cette variabilité résulte de la superficie réellement inventorierée. Fréquemment ces surfaces concernent seulement 250 m² (à savoir 50 m × 5 m, ou encore 10 placettes de 5 m × 5 m réparties dans une parcelle rectangulaire de 100 m × 10 m), ce qui implique que les valeurs sont multipliées par quarante pour les exprimer en valeurs à l'hectare. Il est évident que des mini-faciès plus denses ou plus clairs peuvent ainsi avoir été étudiés, et qui rendent mal les valeurs moyennes réelles. Les cumuls de plusieurs parcelles dans un même district résultent en des valeurs de surfaces terrières inférieures à 15 m².ha⁻¹. Le **tableau 10.5** indique que les peuplements les mieux fournis en *U. bojeri* présentent des surfaces terrière de l'ordre de 11 (en fait 11,84) à 15 (en fait 14,14) m².ha⁻¹. La **figure 10.4** (voir cahier couleur) correspond à une placette de 15,1 m².ha⁻¹; elle illustre donc parfaitement le stade intermédiaire entre «savane boisée» et «forêt claire». Les **figures 10.5** et **10.6** (voir cahier couleur) illustrent des valeurs moins fréquentes correspondant d'une part à un faciès de régénération, d'autre part à un faciès plus dense. La **figure 10.7** (voir cahier couleur) montre une placette évoluant vers une forêt encore plus dense, un stade rarement atteint.

10.5. DISCUSSION

Il existe un éventail de dénominations pour les formations à *tapia*, mais il est peu évident *a priori* de définir le(s) terme(s) correct(s).

En premier lieu, plusieurs appellations sont à éviter. Nous avons déjà exclu le terme de «savane arbustive». Les termes de «boqueteau» correspondant à un bois de petite étendue, entouré d'espaces non forestiers et de «savane à boqueteau» faisant référence à une mosaïque d'étendues herbeuses, dominantes, et de bosquets, sont également à rejeter. La dernière expression est considérée comme une évolution régressive d'un couvert forestier, d'une forêt

claire ou d'une forêt sèche et son emploi devrait être limité à des cas particuliers (Da Lage et al., 2000).

Il existe une multitude de dénominations de formations végétales différentes qui peuvent posséder des valeurs voisines de surface terrière et *a contrario* une largeur de l'intervalle des surfaces terrières pour une soi-disant même unité de végétation. Le concept de forêt claire en fournit un excellent exemple (**Tableau 10.4**).

D'autre part, il existe un continuum des valeurs de densité du couvert ligneux pour les diverses formations à *tapia*. Il n'apparaît pas que l'étalement des valeurs soit lié à la pluviosité moyenne annuelle comme pour le *miombo*, mais il semble qu'il réponde d'une part à l'édaphotope, d'autre part à la dégradation.

Concernant l'édaphotope des substrats divers sont reconnus : éboulis granitique, gneissique ou quartzitique, ou sol brut d'érosion (sols squelettiques à la roche mère fragmentée sur place) (Koechlin et al., 1974).

La dégradation des formations végétales dominées par le *tapia* est fréquente. Elle a fait l'objet de nombreuses études. Plusieurs approches peuvent être distinguées et sont discutées au chapitre 11. La surface terrière permet notamment de disposer d'une information pertinente sur l'état naturel ou anthropisé du site concerné et renforce les informations déduites des autres approches.

Par conséquent, nous proposons d'utiliser les valeurs de la surface terrière, pour autant que celles-ci soient obtenues sur des placettes suffisamment étendues (au moins 0,5 ha). Sous cette condition, nous constatons que le plus souvent il convient de rejeter le terme de « forêt claire ». Il est par conséquent logique d'examiner celui de « savane boisée », voire de « savane arborée ». Les valeurs de surface terrière de l'ordre de 11 à 15 m².ha⁻¹ suggèrent le choix du terme de savane boisée (à *U. bojeri*), qui est donc plus fréquemment à retenir. L'appellation locale de « bois de *tapia* » conviendrait dès lors également, en s'intégrant toutefois de façon moins évidente dans l'arsenal des dénominations tropicales habituelles.

10.6. CONCLUSION

L'établissement de la surface terrière, autant que possible en prenant en considération au moins les tiges supérieures ou égales à 5 cm de diamètre à 1,30 m de hauteur, constitue un outil pertinent et nécessaire pour toute réflexion écologique concernant les peuplements végétaux à dominance d'*Uapaca bojeri*. Il conviendrait de dénommer ces peuplements « savane boisée à *Uapaca bojeri* » ou éventuellement « bois de *tapia* ». Les autres dénominations sont à utiliser avec prudence. Pour l'anglais on retiendra la dénomination de « *Uapaca bojeri woodland* », soit encore de « *tapia woodland* », rappelons que ces deux dénominations sont plus larges et donc moins précises que leurs correspondants français.

10.7. BIBLIOGRAPHIE

Adjonou K., Bellefontaine R. & Kokou K., 2009. Les forêts claires du Parc national Oti-Kéran au Nord-Togo : Structure, dynamique et impacts des modifications récentes. *Sécheresse*, 20(1), 1-10.

- Alavarado S.T., 2012. *Évaluation du rôle des feux de brousse sur la composition, la structure, la phénologie, et la résistance de la végétation des bois de tapia (Upaca bojeri) du massif d'Itiby, Nouvelle Aire Protégée, en vue de sa gestion durable*. Thèse. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse (France)/Université d'Antananarivo (Madagascar).
- Allorge L., 2008. *Plantes de Madagascar*. Atlas. Paris : Eugen Ulmer.
- Anonyme, 2008. *Guide de la Rn7*. Antananarivo : Carambole.
- Barsics F., 2010. *L'alimentation des populations locales de Madagascar productrice de vers à soie*. Mémoire de Master. Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège (Belgique).
- Blanc-Pamard C. & Rakoto Ramiarantsoa H., 2003. Madagascar : les enjeux environnementaux. In : Lesourd M. (éd.). *L'Afrique. Vulnérabilité et défis*. Nantes, France : Éditions du temps, 354-376.
- Boaler S., 1966. Ecology of a miombo site, Lupa North Forest Reserve, Tanzania. II. Plant communities and seasonal variation in the vegetation. *J. Ecol.*, **54**, 465-479.
- Boiteau P., 1958. *Madagascar. Contribution à l'histoire de la nation malgache*. Paris : Éditions sociales.
- Burney D.A., 1996. Climate change and fire ecology as factors in the Quaternary biogeography of Madagascar. In: Lourenço W.R. (ed.). *Biogéographie de Madagascar*. Paris: ORSTOM, 49-58.
- Burney D.A., 1997. Theories and facts regarding Holocene environmental change before and after human colonization. In: Patterson B.D. & Goodman S.M. (eds). *Natural and Human-induced Change in Madagascar*. Washington: Smithsonian Press, 75-89.
- Butt Davy J., 1938. The classification of tropical woody vegetation-types. *Imperial F. Inst. Pap.*, **13**, 1-85.
- Cabanis Y., Chabouis L. & Chabouis F., 1970. *Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Mascareignes*. Tome 2. Tananarive : Bureau pour le Développement de la Production Agricole.
- Carrière S.M. & Randriambanona H., 2007. Biodiversité introduite et autochtone : antagonisme ou complémentarité ? Le cas de l'eucalyptus à Madagascar. *Bois For. Trop.*, **292**(2), 5-21.
- Chevrier P., 1996. *Problématique des forêts de « tapia »*. Mission d'appui du 21 mai au 7 juin 1996. Tananarive : Intercoopération, 28 p.
- Chidumayo E.N., 1987. Species structure in Zambian miombo woodland. *J. Trop. Ecol.*, **3**(2), 109-118.
- C.S.A., 1956. *Special meeting on Phytogeography (1956, Yangambi)*. London: C.C.T.A. Publication n° 22.
- Cordonnier J.B., 1991. *Étude comparée de la structure de trois types de forêts de Moyenne Guinée. République de Guinée*. Travail de fin d'études. Gembloux, Faculté Universitaire des Sciences agronomiques (Belgique).
- Cornet A. & Guillaumet J.L., 1976. Divisions floristiques et étages de végétation à Madagascar. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, **XI**(1), 35-40.
- Da Lage A. & Métaillé G. (Coord.), 2000. *Dictionnaire de Biogéographie végétale*. Paris : CNRS Éditions, 579 p.
- Delevoy G., 1938. À propos de la régénération des savanes boisées. *Inst. R. Col. Belg.*, **IX**, 363-379.
- Desanker P.V., 1996. Development of a Miombo woodland dynamics model in Zambezian Africa using Malawi as a case study. *Clim. Change*, **34**(2), 279-288.
- Dewar R., 1989. Recent research in the paleoecology of the Hautes Terres and its implications for prehistory. In : *Colloque International d'Histoire*, Tananarive, juillet-août.
- Du Puy D.J. & Moat J., 1998. Vegetation mapping and classification in Madagascar (using GIS): Implications and recommendations for the conservation of biodiversity. In: Huxley C.R., Lock J.M. & Cutler D.F. (eds). *Chorology, taxonomy and ecology of the floras of Africa and Madagascar*. Kew, UK: Royal Botanic Gardens, 97-117.

- Duvigneaud P., 1958. La végétation du Katanga et de ses sols métallifères. *Bull. Soc. R. Bot. Belg.*, **90**, 127-296.
- Ernst W., 1971. Zur Ökologie der Miombo-Wälder. *Flora*, **160**, 317-331.
- Fanshawe D.B., 1969. *The vegetation of Zambia*. Lusaka, Zambia: Ministry of Lands and Natural Resources. Forest Research Bulletin 7.
- Freson R., Goffinet G. & Malaisse F., 1974. Ecological effects of the regression succession Muhulu-Miombo-Savannah in Upper-Shaba (Zaïre). In: *Proceedings of the First International Congress of Ecology. The Hague, 8-14 September 1974*. Wageningen, The Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 365-371.
- Frost P.G.H., 1996. The ecology of miombo woodlands. In: Campbell B. (ed.). *The Miombo in transition: Woodlands and Welfare in Africa*. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- Gade D.W., 1985. Savanna woodland, fire, protein and silk in highland Madagascar. *J. Ethnobiol.*, **5**(2), 109-122.
- Gade D.W., 1996. Deforestation and its effects in highlands Madagascar. *Mt Res. Dev.*, **16**(2), 101-116.
- Gaye J., 2009. *Analyse de la dégradation des forêts endémiques de Tapia, Uapaca bojeri, dans la région d'Itasy, Madagascar*. Mémoire de Master. Université libre de Bruxelles, École Interfacultaire de Bioingénieurs (Belgique).
- Glele Kakaï R. & Sinsin A.B., 2007. Structural study of *Isoberlinia* spp. natural stands of Wari-Maro reserved forest. *Bull. Rech. Agron. Bénin*, **55**, 1-7.
- Goodman S.M & Ratsirarson J., 2000. Écologie des Hauts Plateaux : changement de la communauté, biogéographie et les effets de l'isolation et de la fragmentation. In : Ratsirarson J. & Goodman S.M. (éds). *Monographie de la Forêt d'Ambohitantely*. Antananarivo : Ministère de la Recherche Scientifique.
- Grandvaux Barbosa L.A., 1970. *Carta fitogeográfica de Angola*. Luanda: Instituto de Investigação Cinetífica de Angola, XII.
- Grangeon M., 1910. Les bois de *tapia*. *Bull. Écon. Madagascar*, **10**(2), 181-185.
- Guillaumet J.L. & Koechlin J., 1971. Contribution à la définition des types de végétation dans les régions tropicales (exemple de Madagascar). *Candollea*, **26**(2), 263-267.
- Habiyaremye M.K., 1986. A review of Miombo research not published in English. <ftp://168.167.30.140/vanderpost/miombo/MIOMBOCD> (15.09.2011).
- Hannah L. et al., 2008. Climate change adaptation for conservation in Madagascar. *Biol. Lett.*, **2008**(4), 590-594.
- Hogan C.M. & W.W.F., 2012. *Ecoregions: Central Zambezian Miombo woodlands*. www.eoearth.org/view/article/151033 (15.04.2013).
- Humbert H., 1965. Description des types de végétation. In : Humbert H. & Cours Darne G. (éds). *Notice de la carte de la végétation de Madagascar. Trav. Sect. Sci. Tech. Inst. Français. Pondichéry*, hors série **3**, 46-78.
- Huntley J.B., 1978. Ecosystem conservation in Southern Africa. In: Werger M.J.A. (ed.). *Biogeography and Ecology of Southern Africa*. The Hague: W. Junk, *Monogr. Biol.*, **31**, 1333-1384.
- Klein J., 2002. Deforestation in the Madagascar Highlands – Established ‘truth’ and scientific uncertainty. *GeoJournal*, **56**(3), 191-199.
- Koechlin J., Guillaumet J. & Morat P., 1974. *Flore et végétation de Madagascar*. Vaduz : J. Cramer.
- Kull C.A., 2002. The « degraded » *Tapia* woodlands of highland Madagascar: Rural economy, fire ecology, and forest conservation. *J. Cult. Geogr.*, **19**(2), 95-128.
- Kull C.A., 2003. *Uapaca* woodland. In: Goodman S.M. & Benstaeed J.P. (eds). *The natural history of Madagascar*. Chicago, USA: The University of Chicago Press, 393-398.
- Kull C.A., Ratsirarson J. & Randriambaoavonjy G., 2005. Les forêts de *tapia* des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, **24**, 22-54.

- Kull C.A., 2012. Air photo evidence of historical land cover change in the highlands: Wetlands and grasslands give way to crops and woodlots. *Madagascar Conserv. Dev.*, **7**(3), 144-152.
- Lawton R.M., 1972. *An ecological study of miombo and chipyá woodland with particular reference to Zambia*. Thesis Ph.D. Oxford University (UK).
- Lawton R.M., 1978. A study of the dynamic ecology of Zambezian vegetation. *J. Ecol.*, **66**, 175-198.
- Leandri J., 1957. Sur quelques témoins de la végétation primitive du versant occidental des Hauts-Plateaux malgaches (partie centrale). *Bull. Jardin Bot. État Bruxelles*, **27**(2), 209-216.
- Lisan B., 2013. Fiche présentation arbre: *Uapaca bojeri* (Baill.). www.benjamin.lisan.free.fr/projetsreforestation/Malagasy-trees-candidates.pdf (15.06.2013).
- Lowore J.D., Abbot P.G. & Werren M., 1994. Stackwood volume estimations for miombo woodlands in Malawi. *Commonw. For. Rev.*, **73**, 193-197.
- Lund H.G., 2002. When is a forest not a forest ? *J. For.*, **100**(8), 21-27.
- Malaisse F., 1973. Contribution à l'étude de l'écosystème forêt claire (Miombo). Note 8 : Le projet Miombo. *Ann. Fac. Sci. Abidjan*, série Écologie, **6**, 227-250.
- Malaisse F., 1974. Phenology of the Zambezian woodland area with emphasis on the miombo ecosystem. In: Lieth H. (ed.). *Phenology and seasonality modeling*. Berlin: Springer Verlag. *Ecol. Stud.*, **8**, 269-286.
- Malaisse F., 1976. Quelques méthodes d'étude de la structure en forêt. Exemple d'application au miombo zairois, écosystème tropical. In : *La pratique de l'Écologie – Ecologiepratijk*, Bruxelles : A.G.C.D., 104-118.
- Malaisse F., 1978. The miombo ecosystem. In: *Tropical forest ecosystems, a state-of-knowledge report prepared by UNESCO/UNEP/FAO*. Paris: Unesco. *Nat. Resour. Res.*, **16**, 589-606.
- Malaisse F., 1979. L'homme dans la forêt claire zambézienne. In : Jewsiewicki B. (éd.). *Diversification et appauvrissement des anciens systèmes africains de production alimentaire. Afr. Econ. Hist.*, **7**, 38-64.
- Malaisse F., 1982. Comparison of the woody structure in a regressive Zambezian succession: dry evergreen forest – open forest – wooded savanna (Luiswishi, Shaba, Zaire). *Geo-Eco-Trop*, **6**(4), 309-350.
- Malaisse F., 1984. Structure d'une forêt dense sèche zambézienne des environs de Lubumbashi (Zaire). *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, **117**, 428-458.
- Malaisse F., 1988. Variation in time and space of leaf area index in a Zambezian open forest of wetter Miombo type (Lubumbashi, Zaire). *Geo-Eco-Trop*, **12**, 143-163.
- Malaisse F., 1997. *Se nourrir en forêt claire africaine. Approche écologique et nutritionnelle*. Gembloux, Belgique : Les Presses agronomiques de Gembloux.
- Malaisse F., 2010. *How to live and survive in Zambezian open forest (Miombo Ecoregion)*. Gembloux, Belgium: Les Presses agronomiques de Gembloux.
- Malaisse F., Freson R., Goffinet G. & Malaisse-Mousset M., 1975. Litterfall and litter breakdown in miombo. In: Golley F. & Medina E. (eds). *Tropical ecological Systems, trends in terrestrial and aquatic research*. Berlin: Springer Verlag. *Ecol. Stud.*, **11**, 137-152.
- Malimbwi R.E., 2007. *Kitulangalo Forest Reserve: an overview*. The Mitmiombo Project Planning W/Shop, 6-13th Feb. 2007. www.metla.fi/hanke/8512/esitelmat-tansania-2007/9-malimbwi-kitulangalo.pdf (15.06.2013).
- Minten B. & Moser C., 2003. Forêts : usages et menaces sur une ressource. In : Minten B., Randrianarisoa J.C. & Randrianarison L. (éds). *Agriculture, pauvreté rurale et politiques économiques à Madagascar*. Ithaca, USA : Cornell University, 86-89.
- Paulian R., 1953. Observation sur les *Boroceras* de Madagascar, papillons séricigènes. *Nat. Malgache*, **5**(1), 69-86.
- Perrier de la Bâthie H., 1921. La végétation malgache. *Ann. Mus. Colon. Marseille*, sér. **3**(9), 1-268.

- Pinel R., 2011. *Étude des relations entre la flore et l'entomofaune au sein des forêts de tapia à Madagascar*. Mémoire de Master. Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège (Belgique).
- Rabetaliana H., Bertrand A., Razafimamonjy N. & Rabemananjara E., 2003. Dynamique des forêts naturelles de montagne à Madagascar. *Bois For. Trop.*, **276**(2), 59-72.
- Rajoelison L.G. et al., 2009. *Inventaire de biomasse dans les forêts de tapia. Régions d'Itasy (Miarinarivo) et d'Amoron'I Mania (Ambatofinandrahana) Madagascar*. Antananarivo : Laboratoire de Recherches appliquées, Foresterie – Développement.
- Rakotoarivelo L.A., 1993. *Analyse sylvicole d'une forêt sclérophylle de moyenne altitude à Uapaca bojeri (Tapia) de la région d'Avravonimano*. Mémoire de fin d'études. Département des Eaux et Forêts. École supérieure des sciences agronomiques, Université d'Antananarivo (Madagascar).
- Rakotondrasoa O.L. et al., 2012. La forêt de *tapia*, écosystème endémique de Madagascar : écologie, fonctions, causes de dégradation et de transformation (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(4), 541-552.
- Rakotoniaina N.S., Andriajohany E. & Rambeloarisoa R., 2003. *Appui à la valorisation des produits issus des forêts de « Tapia » dans la région d'Arivonimamo*. Antananarivo : Service d'appui à la gestion de l'environnement. Projet MAG 96G31/MAG 97003 – PNUD.
- Rakotoniaina N.S., 2008. La gestion communautaire des forêts sclérophylles de moyenne altitude à *Uapaca bojeri* d'Arivonimano. In : *Colloque international « Les parties prenantes de la gestion communautaire des ressources naturelles » : coopération, contradictions et conflits*. Antananarivo : Université d'Antananarivo, ESSA.
- Rakotoniaina Ranaivoson N., 2010. *Vers une démarche de gestion durable des ressources de la forêt sclérophylle de moyenne altitude d'Arivonimamo II – Madagascar*. Thèse de doctorat ingénieur en Sciences agronomiques. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Ramanankierana N., 2005. *La symbiose mycorhizienne dans la domestication de Uapaca bojeri (Euphorbiaceae) plante endémique de Madagascar*. Thèse de doctorat en Biochimie. Université d'Antananarivo (Madagascar).
- Ramanankierana N. et al., 2007. Arbuscular mycorrhizas and ectomycorrhizas of *Uapaca bojeri* L. (Euphorbiaceae): sporophore diversity, patterns of root colonization, and effects on seedling growth and soil microbial catabolic diversity. *Mycorrhiza*, **17**(3), 195-208.
- Ranaivosoa M.B., 2002. *Contribution à l'étude des impacts environnementaux de la mise en œuvre du plan d'aménagement de la forêt de « Tapia » (Uapaca bojeri). Cas de Kianjanarivo- Arivonimano*. D.E.S.S. Université d'Antananarivo, École Supérieure Polytechnique (Madagascar).
- Rasoafaranaivo M.H., 2005. *Évaluation des impacts du feu sur la biologie de quelques espèces végétales du Massif d'Ibity (Antsirabe)*. Diplôme d'Études approfondies en Écologie végétale. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Département Biologie et Écologie végétales (Madagascar).
- Ravatomanga E., 2000. *Monographie socio-économique des zones de peuplements de « Tapia » dans la province d'Antananarivo*. Antananarivo : Ministère des Eaux et Forêts.
- Razafimanantsoa T.M. et al., 2013a. Silk moths inventory in their natural tapia forest habitat (Madagascar): diversity, population dynamics and host plants. *Afr. Entomol.*, **21**(1), 137-150.
- Razafimanantsoa T.M. et al., 2013b. Influence de la plante hôte sur les stades de développement de *Borocera cajani* (Lepidoptera : Lasiocampidae). *Entomol. faunistique – Faunistic Entomol.*, **66**, 39-46.
- Razafindrakoto T.E., 2007. La valorisation des ressources naturelles pour le développement local. In : « *Madagascar face aux enjeux du développement durable* ». Paris : Karthala, 259-276.
- Razafindrakotomamonjy A., 2005. *L'entomofaune d'une forêt d'altitude (Forêt de Tapia d'Arivonimamo) ; d'une forêt sèche de basse altitude (Ampijoroa) et d'une forêt humide*

- ombrophile (Makira et Masoala) : étude préliminaire.* Mémoire de DEA. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Département d'Entomologie (Madagascar).
- Razafintsalama A.S., 1998. *Processus de transfert de gestion des forêts de « Tapia » (Uapaca bojeri) aux communautés : Analyses technique et méthodologique. Cas de Kianjanarivo et Antsapanimahazo.* Mémoire de fin d'études d'ingénierat. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- REDD-FORECA, 2010. *Forêts engagées comme Réservoirs de Carbone à Madagascar.* Document de synthèse. Tananarive.
- Rodgers W.A., 1996. The miombo woodlands. In: McClanahan T.R. & Young T.P. (eds). *East African ecosystems and their management.* Oxford, UK: Oxford University Press, 299-326.
- Samyn J.M. & Petitjean A., 2001. *Plantes utiles des hautes terres de Madagascar.* 2^e éd. Antananarivo : Intercoopération.
- Sasaki N. & Putz F.E., 2009. Critical need for new definitions of 'forest' and 'forest degradation' in global change agreements. *Conserv. Lett.*, **2**, 226-232.
- Schatz G.E., Cameron A. & Raminosoa T. 2008. Modeling of endemic plant species of Madagascar under climate change. In: *Assessing the impact of climate change on Madagascar's livelihoods and biodiversity. Conference, Antananarivo, Madagascar, 28 January 2008.* St-Louis, USA: Missouri Botanical Garden.
- Schmitz A., 1963. Aperçu sur les groupements végétaux du Katanga. *Bull. Soc. R. Bot. Belg.*, **96**, 233-447.
- Schnell R., 1976. *Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Volume 3. La flore et la végétation de l'Afrique tropicale* (1^{re} partie). Paris : Bordas.
- Shuku Onemba N., 2011. *Impact de l'utilisation de l'énergie-bois dans la ville province de Kinshasa en République démocratique du Congo (RDC).* Mémoire maîtrise en géographie, Univ. du Québec, 168 p.
- Sokpon N., Biaou S.H., Ouinsavi C. & Hunhyet O., 2006. Bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin : rotation, diamètre minimal d'exploitabilité et régénération. *Bois For. Trop.*, **287**(1), 45-57.
- Soloarivelo Z.T., 2004. *Contribution à la conservation de la forêt de tapia – Arivonimano II : Études de la régénération naturelle de Uapaca bojeri H. Baillon (Euphorbiaceae) et de la valorisation des sous-bois.* Mémoire de fin d'études. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Stein J., 2011. *La régénération de Pinus kesiya et d'Eucalyptus robusta met-elle en danger le renouvellement de la forêt de tapia (Uapaca bojeri) à Madagascar ? Cas de la commune d'Arivonimamo II.* Mémoire en master de bioingénieur en gestion des forêts et des espaces naturels. Université catholique de Louvain, Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale (Belgique).
- Symoens J.J. & Bingen G., 1959. L'action humaine (coupes et feux) sur la végétation de la forêt claire katangaise. *Biol. Jaarb.*, **27**, 200-213.
- Timberlake J. & Chidumayo E., 2011. *Miombo Ecoregion. Vision Report.* Famona, Bulawayo, Zimbabwe: Biodiversity Foundation for Africa. Occasional Publications in Biodiversity 20.
- Trochain J.L., 1957. Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale. *Bull. Int. Étud. Centrafricaines*, **13-14**, 556-593.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), 1973. *International classification and mapping of vegetation.* Paris: Unesco. Ecology and Conservation 6.
- Vestalys H. & Andrianarivelo A.M.S., 2008. *Analyse de la filière soie dans les régions Analamanga, Itasy et Haute Matsiatra. Programme de soutien aux pôles de micro-entreprises rurales et aux économies régionales (PROSPERER).* Antananarivo : Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche.

- Vignal R., 1963. Les phénomènes de météorologie dynamique et la disparition des formations forestières malgaches d'altitude. *Bois For. Trop.*, **89**, 31-35.
- Wala K. et al., 2012. Assessment of vegetation structure and human impacts in the protected area of Alédjo (Togo). *Afr. J. Ecol.*, **50**, 355-366.
- White F., 1965. The savanna woodlands of the Zambezian and Sudanian domains: an ecological and phytogeographical comparison. *Webbia*, **19**, 651-681.
- White F., 1983. *The vegetation of Africa*. A descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNISO vegetation map of Africa.
- White F., 1986. *La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique*. Paris : ORSTOM/UNESCO.

11 — Analyse des facteurs anthropiques de dégradation des bois de *tapia* (*Uapaca bojeri*) d’Arivonimamo

Olivia L. RAKOTONDRAZOA, Astrid AYRAL, Julien STEIN,
Gabrielle L. RAJOELISON, Quentin PONETTE, François MALAISSE,
Bruno S. RAMAMONJISOA, Noromalala RAMINOSOA, François J. VERHEGGEN,
Marc PONCELET, Éric HAUBRUGE, Jan BOGAERT

Les bois de *tapia*, écosystème endémique de Madagascar, joue des rôles importants dans l’économie des ménages de la communauté locale de base. La dépendance de la population locale sur les bois de *tapia* a engendré la perturbation et la dégradation de cet écosystème. Dans ce cadre, la présente étude avait pour but d’identifier et d’analyser les facteurs anthropiques de dégradation des bois de *tapia* dans la zone d’Arivonimamo. L’hypothèse de travail était qu’actuellement les feux représentent la principale perturbation des bois de *tapia* d’Arivonimamo entraînant la déforestation et la dégradation continue de cette formation végétale. L’approche méthodologique a consisté en l’élaboration d’une typologie des indicateurs de perturbation de cette formation végétale sur base de la littérature, suivie par un inventaire de ces signes de perturbation dans des transects dirigés dans quatre directions perpendiculaires aux alentours des six villages du site d’étude. De cette étude, il est ressorti que le feu ne constitue plus la principale cause de déforestation et de dégradation des bois de *tapia* d’Arivonimamo. La dégradation continue de cet écosystème est surtout occasionnée par des coupes illicites effectuées par la population riveraine. Ces résultats constituent une information de base importante pour l’amélioration de la gestion des bois de *tapia* d’Arivonimamo.

Analysis of the anthropogenic degradation factors of the *tapia* woodlands (*Uapaca bojeri*) of Arivonimamo

The *tapia* woodland, an endemic ecosystem of Madagascar, plays an important role in the household economy of the local communities. The dependence of local people on the *tapia* woodland has led to the disturbance and degradation of this ecosystem. In this context, the current study aimed to identify and analyze the anthropogenic factors leading to the degradation of the *tapia* woodland in Arivonimamo. The working hypothesis was that fire constitutes today the main disturbance factor of the *tapia* woodland in Arivonimamo, leading to the deforestation and to a continuous degradation of this ecosystem. A typology of indicators of vegetation disturbance was established based upon literature; it was followed by an inventory of these indicators along four transects situated orthogonally around the six villages of the study site. This study showed that fire is no longer the main cause of deforestation and degradation of *tapia* woodlands in Arivonimamo. The continuing degradation of the woodland is mainly caused by illegal logging by the local population. These results provide key information to improve the management of the *tapia* woodlands in Arivonimamo.

11.1. INTRODUCTION

Depuis quelques décennies, la dégradation croissante des paysages, notamment sous les tropiques, est un des problèmes environnementaux les plus cruciaux auxquels nous sommes confrontés (Puig, 2001). La forêt tropicale est soumise à une forte action destructrice à des fins d'exploitation du sol pour l'élevage et l'agriculture, des bois d'œuvre tropicaux ou du bois de chauffe (Chave, 2000). La FAO (2009) a estimé que 10,4 millions d'hectares de forêt tropicale ont été définitivement détruits chaque année dans la période 2000 à 2005, une valeur en augmentation par rapport à la période 1990-2000, au cours de laquelle environ 10,2 millions d'hectares de forêt étaient détruits annuellement. La déforestation est certes un phénomène local et régional, mais ses répercussions sont mondiales. À Madagascar, la couverture forestière qui atteignait 25 % de la superficie nationale en 1950 ne représentait plus que 16 % de la superficie nationale en 2000. Entre 2000 et 2005, le taux de déforestation annuelle malgache est évalué à 0,30 %, contre un taux mondial de 0,18 % (FAO, 2009). Les principales causes en sont le défrichement et/ou la pratique de cultures itinérantes sur brûlis pour les cultures commerciales et vivrières, les feux de brousse allumés par les éleveurs pour l'extension des aires de pâturages et l'exploitation forestière en vue de fournir les besoins en bois d'œuvre et de construction ainsi que la production de bois d'énergie (Barrett, 1999 ; McConnell, 2002 ; Blanc-Pamard et al., 2003 ; Styger et al., 2007 ; Programme Global Changement Climatique de la Direction de Développement et de la Coopération, 2011 ; Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8).

Il est à remarquer que la déforestation peut être définie comme «la conversion de la forêt pour une utilisation différente du terrain ou la réduction à long terme de la canopée arboricole en dessous du seuil minimum de 10 %» (FAO, 2000). La déforestation n'arrive pas subitement, mais résulte d'un processus qui passe par des étapes successives de dégradation, et qui finalement va déboucher sur une déforestation nette et visible à partir de l'imagerie satellitaire (Kamungandu, 2009). En outre, la dégradation des forêts se définit comme les changements au sein des catégories forestières (exemple d'une forêt dense à une forêt claire), qui affectent négativement le peuplement ou le site en abaissant, en particulier, la capacité de production (FAO, 2000). Elle se réfère à la réduction de la capacité d'une forêt de produire des biens et des services (OIBT, 2002). La dégradation forestière est généralement causée par des perturbations dont l'ampleur, la sévérité, la qualité, l'origine et la fréquence sont variables (FAO, 2006 ; Schoene et al., 2007). La perturbation est définie comme une fluctuation environnementale et un événement destructeur qui affecte la santé, la structure des forêts, et/ou modifie les ressources ou l'environnement physique à n'importe quelle échelle spatiale ou temporelle (Simula, 2009). La présente recherche a pour objectif d'identifier et d'analyser les facteurs anthropiques de déforestation et de dégradation des bois de *tapia*, qui est un écosystème endémique de Madagascar. Cette formation végétale se localise uniquement sur les Hautes Terres malgaches et est dominée par l'espèce *Uapaca bojeri* Baill. (Phyllantaceae). Le taux de déboisement annuel des bois de *tapia* de la région d'Itasy est estimé à 7,41 % entre 2000 et 2005 (Programme Global Changement Climatique de la Direction de Développement et de la Coopération, 2011). Les peuplements de *tapia* sont des formations très ouvertes, qui sont parcourues fréquemment par les feux de brousse (Vignal, 1963 ; Koechlin et al., 1974).

Le présent travail cherche à savoir si actuellement les feux représentent la principale perturbation des bois de *tapia* d'Arivonimamo entraînant la dégradation continue de cette formation végétale conduisant à un déboisement. Les superficies forestières décimées par les

feux à Madagascar avoisinent 200 000 ha/an. Selon Rabarison et al. (2010), le feu de brousse constitue le principal facteur de dégradation des massifs de *tapia*; bien que ces arbres tolèrent le feu, les feux répétés peuvent les détruire et dégraderaient la capacité de régénération des *tapias* (Gade, 1996). Afin d'atteindre l'objectif de la recherche, les trois hypothèses suivantes sont à vérifier : (1) les différents types de perturbation n'ont pas les mêmes fréquences dans le peuplement de *tapia*; (2) l'abondance des perturbations est fonction de la distance par rapport au village, les fréquences des perturbations diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du village; (3) la fréquence du type de perturbation «agriculture» est en relation avec celles des autres types de dégradation; à titre d'exemple les feux et le reboisement semblent être en relation avec l'agriculture car ces types de perturbation peuvent constituer un mode d'affectation de terre à des fins de culture dans les années suivantes.

11.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

11.2.1. Milieu d'étude

L'étude a été réalisée au sein de la commune rurale d'Arivonimamo, dans la partie centrale de Madagascar. Située à 47°10' E et 19°02' S, la zone d'étude se localise à environ 50 km à l'ouest d'Antananarivo et fait partie intégrante du district d'Arivonimamo, dans la région d'Itasy. La topographie y est très variée avec des collines, de grandes plaines, des cônes volcaniques et d'étroites vallées (Klein, 2002). La région est soumise à un climat de type tropical d'altitude caractérisé par deux saisons contrastées : une saison sèche et fraîche qui s'étale d'avril jusqu'à octobre et une saison chaude de novembre à mars; la température moyenne annuelle est de 17,7°C et les précipitations annuelles atteignent 1 474 mm par an; elles sont réparties sur six mois.

La forêt naturelle consiste en une forêt sclérophylle de moyenne altitude: la série à *U. bojeri* et Chlaenaceae (cette famille est aujourd'hui dénomée Sarcolaenaceae). Cette formation se caractérise par un feuillage fortement sclérophylle, une hauteur de la voûte d'environ 10 m et des arbres à troncs tortueux. Elle est composée en majorité d'*U. bojeri*, espèce endémique de Madagascar, connue pour être le biotope du ver à soie malgache *Borocera cajani* (Razafimanantsoa et al., 2013, chapitre 2). À ces formations naturelles s'ajoutent des reboisements d'*Eucalyptus* sp. et de *Pinus* sp.

11.2.2. Méthodologie

La dégradation des forêts est un phénomène complexe qui ne se prête guère à des généralisations (Simula, 2009). De ce fait, une approche multidisciplinaire a été menée. La première étape a consisté à construire une typologie des indicateurs de perturbation de la forêt sur base de la littérature (Chevrier, 1996; Blanc-Pamard et al., 2003; Kull et al., 2005; Programme Global Changement Climatique de la Direction de Développement et de la Coopération, 2011). Par la suite, les différents types de perturbation ont été caractérisés à partir de ces indicateurs, énumérés par des personnes locales ressources lors des entretiens informels (**Figure 11.1**, voir cahier couleur et **Tableau 11.1**). En gestion forestière, les indicateurs sont des paramètres quantitatifs et qualitatifs d'un critère qui fournissent une base pour évaluer un statut ou des tendances dans la forêt (Orsi et al., 2011).

Tableau 11.1. Liste des types et des indicateurs de perturbation recensés au sein des bois de *tapia* d'Arivonimamo.

Type de perturbation	Indicateurs
Coups	Présence de souches d'arbres ou de troncs avec rejets
Feux de végétation	Observation de traces noires ou de troncs calcinés
Invasion des espèces de reboisement	Recensement <i>d'Eucalyptus</i> sp. ou de <i>Pinus</i> sp.
Agriculture	Présence de rizières, champs de culture, jachères
Carbonisation des arbres	Existence de meules de charbon de bois, d'aires de faulde

La dernière étape a consisté en un inventaire des différents types de perturbation du peuplement de *tapia*. Pour ce faire, quatre transects dirigés dans quatre directions perpendiculaires ont chacun été installés aux alentours de six villages du site d'étude, à savoir : Ankalalahana, Amby, Antsamanimahazo, Fandalovana, Manarantsoa, Morarano. Ces transects avaient chacun une longueur prédéfinie de 500 m et une largeur de 10 m. Chaque transect a été divisé en des placettes rectangulaires de 50 m de long, dans lequel on a effectué le comptage des indicateurs de perturbations. Au total 24 transects ont été définis, soit 240 parcelles de 500 m² correspondant à une superficie totale de 12 ha. La période de récolte des données a eu lieu du 31 janvier 2011 au 16 avril 2011 à Arivonimamo.

Deux ensembles de données distinctes ont été récoltés. Le premier correspondait aux fréquences absolues, c'est-à-dire au nombre de fois qu'un indicateur a été observé dans un intervalle de 50 m, et le second concernait le paramètre «absence-présence» dans ce même intervalle. L'analyse des données s'est basée sur le modèle développé par Noon et Dale (2002) qui décrit les processus de perturbation selon un ensemble de caractéristiques, notamment le type (classification des événements ou observations), la fréquence (le retour d'intervalle), la structure spatiale (la configuration des effets des événements), la synergie (l'interaction avec d'autres perturbations), la sévérité (les effets biologiques), la sélectivité (les composantes qui sont sujettes au changement), le temps et la saisonnalité (période pendant laquelle les événements se produisent) et le temps de latence (période entre les événements et leur expression). Certains de ces critères n'ont pas été pris en compte dans le cadre de cette étude du fait qu'ils nécessitaient des observations répétées pendant plusieurs années. Afin de vérifier l'hypothèse 1, la fréquence des placettes touchées par chaque type de perturbation a été caractérisée à travers l'indice d'équitabilité de Shannon (Shannon, 1948 ; Shannon et al., 1963). Le test de Friedman a été réalisé pour évaluer s'il existait une différence significative entre les types de perturbation en termes de fréquence. Pour plusieurs échantillons appariés, il permet de déterminer si les valeurs des échantillons sont significativement différentes de celles des autres échantillons (Dagnelie, 1975). Un test post-hoc de comparaison par paire a été effectué pour identifier quels types de perturbation étaient différents les uns des autres. L'hypothèse 2 a été analysée via la structure spatiale qui a été étudiée à travers la corrélation entre la distance par rapport aux villages et la densité de chaque type de perturbation, en utilisant le coefficient de corrélation de Pearson. L'association des types de perturbation a été évaluée à l'aide du test χ^2 d'indépendance, permettant de vérifier l'hypothèse 3.

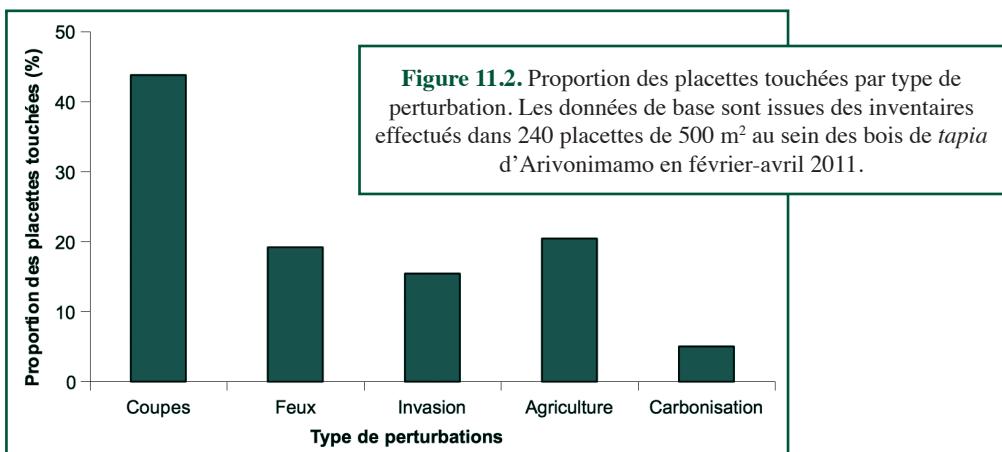
11.3. RÉSULTATS

Les résultats des inventaires des types de perturbation au sein des peuplements de *tapia* d'Arivonimamo sont résumés dans le **tableau 11.2**.

Tableau 11.2. Résultats des inventaires des types de perturbation au sein des peuplements de *tapia* d'Arivonimamo. Les données de base sont issues des inventaires effectués dans 240 placettes de 500 m² au sein des bois de *tapia* d'Arivonimamo.

Perturbation	Absence-Présence	Fréquence absolue
Coupes	105	1 182
Feux	46	258
Invasion	37	757
Agriculture	49	53
Carbonisation	12	12

Le pourcentage de placettes concernées par la présence de chaque type de perturbation est présenté dans la **figure 11.2**. Les coupes constituent le type de perturbation le plus fréquent, avec une proportion d'environ 44% du total des placettes inventoriées. La carbonisation montre la fréquence la plus faible. Les trois autres types de perturbation semblent représenter des fréquences intermédiaires.



L'indice d'équitabilité de Shannon calculé est égal à 0,88 ; les différents types de perturbation recensés dans le peuplement de *tapia* d'Arivonimamo présentent donc des fréquences assez équitables. En outre, les tests de Friedman, permettant d'évaluer s'il existe une différence significative entre les types de perturbation en termes de fréquence, ont affichés les valeurs $\chi^2 = 100,97$ ($p < 0,001$) pour le paramètre absence-présence et $\chi^2 = 107,67$ ($p < 0,001$) pour la fréquence absolue. Ces valeurs confirment que les fréquences des cinq types de perturbation sont bien différentes.

Par la suite, pour identifier quels types de perturbation sont différents les uns des autres, on a réalisé des tests post-hoc. Ces derniers, qui consistent en une comparaison par paire, indiquent que

seul le type de perturbation « coupes » présente des différences significatives ($p < 0,05$) par rapport aux autres types de perturbation en termes d'absence-présence et de fréquence absolue. Pour les fréquences d'observation de traces de feux, des espèces de reboisement, des cultures et des meules de charbon dans le peuplement, des différences significatives n'ont pas été observées.

La structure spatiale de chaque type de dégradation est appréciée à travers l'évolution de leurs fréquences en fonction de la distance au village (Figure 11.3), les paysans préfèrent pratiquer une activité dans un lieu plus proche du village faute de disponibilité en temps. Les coefficients de corrélation r de Pearson ont montré que seules les coupes ($r = -0,90$; $p < 0,05$) et l'invasion des espèces de reboisement ($r = 0,80$; $p < 0,05$) présentent des corrélations significatives avec la distance par rapport au village. La densité des souches diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne du village. Par contre, les espèces de reboisement, notamment les *Eucalyptus* sp. et les *Pinus* sp., sont de plus en plus recensées en s'éloignant du village. Les abondances des traces de feux, de l'agriculture, des meules de charbon de bois sont très variables et ne semblent pas être en relation avec la distance par rapport au village ($p > 0,05$).

D'après le tableau 11.3, l'agriculture est liée significativement avec tous les autres types de perturbation. Les coupes, les feux et la carbonisation présentent chacun une association avec les autres types de perturbation, excepté avec l'invasion des espèces de reboisement. Cette dernière est en interaction seulement avec l'agriculture.

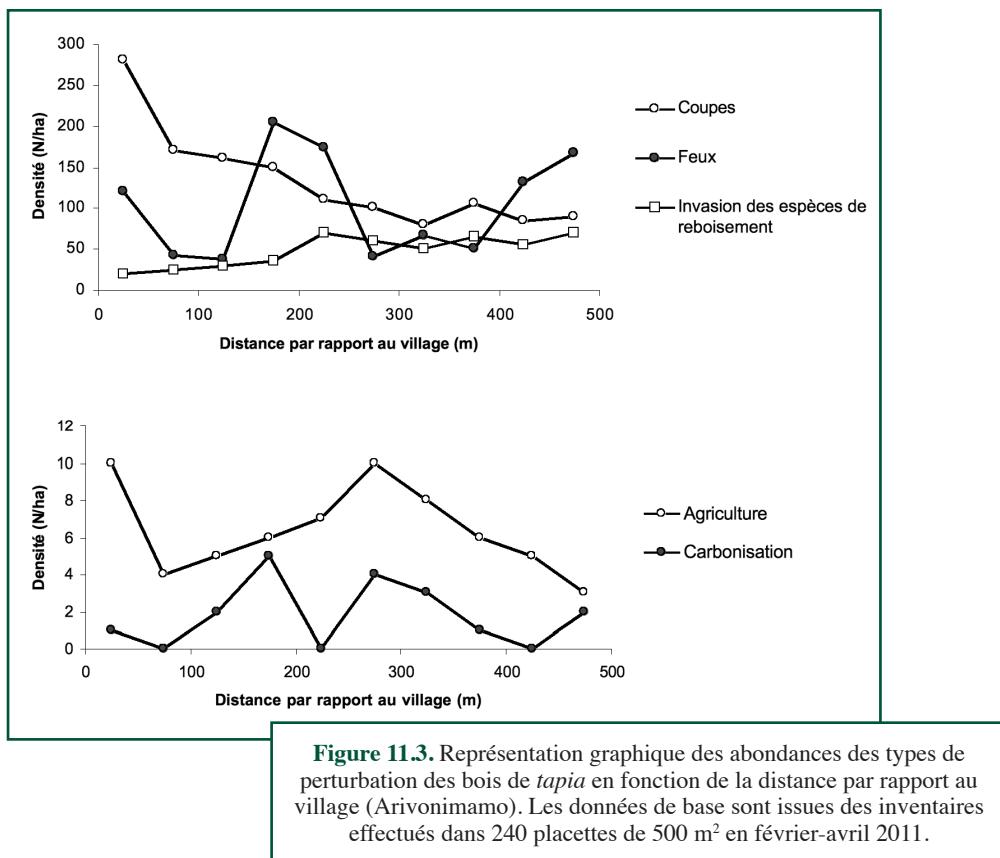


Tableau 11.3. Résultats des tests χ^2 d'indépendance pour les associations des types de perturbation des bois de *tapia* d'Arivonimamo (Madagascar). NS : Non significatif ; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$.

	Feux	Invasion	Agriculture	Carbonisation
Coupes	13,7 **	0,22 NS	21,1 **	5,0 *
Feux	-	0,50 NS	11,0 **	3,9 *
Invasion	-	-	21,6 **	0,1 NS
Agriculture	-	-	-	7,6 *

11.4. DISCUSSION

L'hypothèse 1 que les différents types de perturbation n'ont pas les mêmes fréquences d'observation dans les peuplements de *tapia* est acceptée. Il est ressorti également que les coupes constituent le type de perturbation le plus fréquent. Les *tapia* sont coupés à des fins de production de bois d'énergie quotidienne et de bois de construction (Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8). Les populations locales utilisent le bois de *tapia* comme matériel de construction pour leur maison (échelles, piliers de véranda), comme matériel et accessoire d'usage quotidien (pilon, brouette [*rambaramba*]) ainsi que pour les poteaux de clôture du bétail (Rakotondrasoa et al., 2013, chapitre 12). Les formations ligneuses fournissent la totalité des besoins en énergie domestique dans les zones rurales et plus de 70 % du total de la consommation en énergie de la Grande Île (Programme Global Changement Climatique de la Direction de Développement et de la Coopération, 2011). L'usage de bois de *tapia* comme source d'énergie domestique, à savoir bois de chauffe et charbon de bois, est fréquent dans la région riveraine. Les bois de la forêt de *tapia* (*U. bojeri*, *Sarcolaena* sp., *Leptolaena* sp.) sont nettement plus appréciés que le bois des essences exotiques, pins et eucalyptus, pour cet usage (Kull et al., 2005).

La perturbation due à la carbonisation des arbres a été difficile à évaluer sur le terrain, mais en réalité ce type de perturbation est intégré dans celui des coupes. En effet, la technique de production du charbon de bois repose sur une carbonisation lente des bois alignés et mis en tas, la meule étant complètement recouverte de paille et de terre. Elle exige donc l'abattage d'arbres ce qui entraîne une réduction de la couverture ligneuse (Blanc-Pamard et al., 2003). La production de charbon de bois est désormais une activité génératrice de revenus (Rakotondrasoa et al., 2012 ; 2013, chapitres 8 et 12). Il semble que le charbon de bois est principalement destiné à la commercialisation étant donné qu'il est plus dense et plus facile à transporter que le bois de chauffe (Minten et al., 2003). De plus, ce combustible est mieux adapté aux contraintes de la cuisine urbaine malgache avec la généralisation du réchaud à charbon (*fatapera*) (Blanc-Pamard et al., 2003).

L'étude de la structure spatiale a montré que la densité des souches est en corrélation négative avec l'éloignement par rapport au village. Cette situation s'explique par le fait qu'environ 86 % des ménages collectent eux-mêmes leur bois de chauffe et la commercialisation du bois de chauffe est relativement faible (Minten et al., 2003). De plus, l'importance de la production de charbon de *tapia* dépend de plusieurs facteurs notamment la praticabilité des pistes, la distance du lieu de production au marché d'écoulement des produits (Programme Global Changement Climatique de la Direction de Développement et de la Coopération, 2011). Ainsi, la population pratique la coupe aux environs de leur village.

L'hypothèse 2 selon laquelle l'abondance des perturbations est fonction de la distance par rapport au village est acceptée seulement partiellement car seules les fréquences des coupes et de l'invasion des espèces de reboisement présentent une corrélation avec l'éloignement du village. Actuellement, l'envahissement par les espèces introduites comme *Pinus* sp. et *Eucalyptus* sp. constitue une autre menace sur le bois de *tapia* (Kull et al., 2005). La plantation d'eucalyptus et de pin dans les espaces vides dans cette formation marque le début de la conquête des terrains cultivables (Programme Global Changement Climatique de la Direction de Développement et de la Coopération, 2011 ; Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8). Le choix de ces deux espèces repose sur le fait qu'elles présentent une haute capacité d'adaptation à différentes conditions bioclimatiques (Chaix et al., 2001 ; chapitre 13). En effet les eucalyptus et les pins peuvent être plantés sur les savanes, qui sont en abondance sur les Hautes Terres malgaches (Trouve et al., 1994). Ces plantations satisfont aux enjeux de production de bois de chauffage (Chaix et al., 2001). Cependant, ces espèces introduites, de tempérament héliophile à croissance rapide, ont la capacité de changer les micro-habitats y compris la qualité du sol, pouvant ainsi défavoriser les espèces endémiques notamment le *tapia* (Kull et al., 2005).

À Madagascar, l'agriculture représente l'activité principale des populations rurales dont 73,5 % vivent encore en-dessous du seuil de pauvreté (Ramohavelo, 2009). Avec une pression démographique accrue, une saturation foncière des terres les plus fertiles, les espaces forestiers sont menacés d'être convertis en superficies agricoles (Blanc-Pamard et al., 2003). Cette situation est également observée dans les formations de *tapia*. Les communautés riveraines ne disposent que de très peu de terrains agricoles, aussi bien dans les bas-fonds que sur les versants (Randrianarisoa et al., 2008). Les terrains forestiers de *tapia* convertis sont affectés aux cultures de manioc, de haricot, de maïs, d'ananas, etc. (Programme Global Changement Climatique de la Direction de Développement et de la Coopération, 2011). L'agriculture est liée significativement avec tous les autres types de perturbation ; l'hypothèse 3 est alors confirmée.

Les feux comptent parmi les principales causes de la déforestation à Madagascar avec en moyenne 364 320 ha de forêt dévastés par an pour la période de 2005 à 2009 (Ministère de l'Environnement et des Forêts de Madagascar, 2008). Les feux détruisent les régénéérations des essences indigènes et favorisent la colonisation par des espèces exotiques de reboisement (Styger, 2007). La fréquence des traces de feux dans le peuplement de *tapia* d'Arivonimamo est assez faible comparativement à celle des coupes ; seulement 32 % des placettes inventoriées présentent des traces de feux contre 73 % pour les souches. De plus, l'écosystème en question semble ne pas avoir été touché par le feu depuis une dizaine d'années, car aucun tronc récemment calciné n'a été inventorié. Seules des traces de feux ont été recensées sur des arbres qui présentent des rejets de souche, le passage de feu datant depuis longtemps au point que l'arbre brûlé a repris son cycle de développement.

La réponse à la question de base de ce travail est donc que les feux ne constituent pas la principale cause de dégradation des bois de *tapia* d'Arivonimamo actuellement. Cette situation peut être liée à la mise en place du transfert de gestion de la forêt aux communautés locales de base, notamment la Gestion Locale Securisée ou GELOSE. L'objectif d'un transfert de gestion est de « permettre la participation effective des populations rurales à la conservation durable des ressources naturelles renouvelables [...] comprises dans les limites de leur terroir » (République de Madagascar, 1996). Dans ce cadre, les initiatives locales pour lutter contre les feux de brousse ont engendré des effets positifs sur la préservation des peuplements de *tapia*. (Randrianarisoa et al., 2008).

Les feux de brousse sont souvent la conséquence des meules de charbon de bois mal surveillées et de défrichements mal maîtrisés qui dégénèrent (Minten et al., 2003). Pour les paysans, le feu est un outil facile et pratique pour défricher et conquérir l'espace dans la forêt. Le feu active la préparation des champs et le renouvellement du pâturage en saison des pluies et apporte par les cendres la matière fertilisante pour la culture de la parcelle (Blanc-Pamard et al., 2003). Dans certains cas, les voleurs de zébus (appelés localement *dahalo*) utilisent les feux pour se protéger contre la population qui se lance à leur poursuite ; ou à l'inverse, la population met le feu aux forêts pour leur permettre de mieux apercevoir les *dahalo* et, par voie de conséquence, les aider à se protéger contre des attaques imminentes de ces *dahalo* (Minten et al., 2003).

À part les différents types de perturbation énoncés ci-dessus, la présence de perturbations mineures, comme les coups de hache et les branches arrachées, est aussi à noter, au sein du bois de *tapia* d'Arivonimamo. Les populations riveraines prélèvent les branches de *tapia*. Ces dernières fournissent le meilleur produit à mêler au tabac pour augmenter ses propriétés sternutatoires (Samyn, 2001). Les coups de haches peuvent résulter d'actes non délibérés lors des collectes des cocons, des fruits et des chenilles (Razafimanantsoa et al., 2013, chapitre 2). Ils peuvent être également des traces d'enlèvement d'écorce de *tapia*. Les écorces de *tapia* sont utilisées par la population locale en cas de dysenterie (Samyn, 2001). Les perturbations mineures sont fréquentes mais elles n'ont pas d'impacts vitaux sur le *tapia* et n'entraînent pas une tendance à la dégradation de l'écosystème.

Dans de nombreux autres contextes, la perturbation sert de terme générique couvrant à la fois les phénomènes naturels et anthropiques (OIBT, 2002). Dans notre étude, les perturbations naturelles n'étaient pas prises en compte du fait qu'elles sont quasi-absentes. Les perturbations naturelles peuvent se distinguer par leur nature, leur gravité et leur fréquence, et sont observées à diverses échelles temporelles et spatiales (Simula, 2009). Les catastrophes qui menacent Madagascar sont essentiellement les dépressions tropicales et les cyclones (Groupe des Spécialistes des Plantes de Madagascar, 2011), qui n'affectent que rarement la zone compte-tenu de sa localisation au cœur de Madagascar.

Il existe d'autres causes profondes indirectes de dégradation telles que la pression démographique, la pauvreté et le manque d'opportunités économiques alternatives, des politiques inappropriées, le manque de droits fonciers clairement établis, un déficit de ressources financières, la corruption, et divers facteurs économiques (Simula, 2009 ; Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8). Pour Madagascar, la pression démographique est en grande partie responsable de l'intensification des activités conduisant à la dégradation forestière dans certaines régions du pays (Mercier, 1991) par la consommation importante de charbon de bois et l'extension des champs de culture. Cette situation s'accorde avec la conception des experts de la Banque Mondiale qui établissent une forte corrélation entre accroissement démographique, pauvreté et dégradation de l'environnement (Cleaver et al., 1994).

11.5. CONCLUSIONS

La déforestation et la dégradation des forêts constituent une préoccupation majeure dans la mesure où la présence des forêts représente des multiples avantages. Leurs causes peuvent être d'ordres naturels (feux, orages, neige, ravageurs, maladies, changement de températures, etc.)

ou anthropiques (exploitation forestière non durable, collecte excessive de bois de feu, cultures itinérantes, surpâturage). Notre étude a fait ressortir que le feu ne constitue plus la principale cause de déforestation et de dégradation des bois de *tapia* d'Arivonimamo comme communément attendu. Le mode de gestion actuelle de cet écosystème en est probablement la raison. Cependant, la dégradation continue du *tapia* est occasionnée par des coupes illicites effectuées par la population riveraine. Les pressions et/ou menaces d'origines naturelles sont quasi-absentes dans la zone d'étude. La détection des effets anthropiques sur les paysages, ainsi que leur quantification sont considérées comme des thématiques essentielles des écologues du paysage.

Remerciements

Nous remercions la Commission universitaire pour le Développement (CUD) pour le soutien financier du projet GeVaBo («Gestion et Valorisation durable du ver à soie endémique *Borocera cajani* en milieu forestier dans la région d'Antananarivo») dans lequel s'est insérée la présente étude. Nos remerciements s'adressent à toute l'équipe du projet GeVaBo ainsi qu'à la population d'Arivonimamo, notre zone d'étude.

11.6. BIBLIOGRAPHIE

- Barrett C.B., 1999. Stochastic food prices and slash-and-burn agriculture. *Environ. Dev. Econ.*, **4**(2), 161-176.
- Blanc-Pamard C. & Rakoto Ramiarantsoa H., 2003. Madagascar : Les enjeux environnementaux. In : Lesourd M. (éd.). *L'Afrique. Vulnérabilité et défis*. Nantes, France : Éditions du Temps, 354-376.
- Chaix G. & Ramamonjisoa L., 2001. Production de semences pour les reboisements malgaches. *Bois For. Trop.*, **269**(3), 49-63.
- Chave J., 2000. Dynamique spatio-temporelle de la forêt tropicale. *Ann. Phys. Fr.*, **25**(6), 1-184.
- Chevrier P., 1996. *Opération Malaza : problématique de la forêt de tapia*. Berne : Programme FDP, Intercoopération Suisse.
- Cleaver A. & Shreiber G., 1994. *Reversing the spiral. The population, agriculture and environment nexus in Sub-Saharan Africa*. Washington: The World Bank, 293 p.
- Dagnelie P., 1975. *Théorie et méthode statistique, volume 2*. Gembloux, Belgique : Presses agronomiques de Gembloux.
- FAO, 2000. *On Definitions of Forest and Forest Change*. Rome: FAO. Forest Resources Assessment. *Working Paper*, **33**, 13 p.
- FAO, 2006. *Évaluation des ressources forestières mondiales 2005*. Rome : FAO.
- FAO, 2009. *Situation des forêts du monde 2009*. Rome : FAO.
- Gade D.W., 1996. Deforestation and its effects in highlands Madagascar. *Mt Res. Dev.*, **16**(2), 101-116.
- Groupe des Spécialistes des Plantes de Madagascar, 2011. *Liste rouge des plantes vasculaires endémiques de Madagascar*. Antananarivo : I.U.C.N./S.S.C.
- Kamungandu C.M., 2009. *Études de cas sur l'évaluation de la dégradation des forêts : La dégradation des forêts en République Démocratique du Congo. Évaluation des ressources forestières*. Document de travail 169, Rome : FAO.
- Klein J., 2002. Deforestation in the Madagascar Highlands- Established 'truth' and scientific uncertainty. *GeoJournal*, **56**(3), 191-199.
- Koechlin J., Guillaumet J. & Morat P., 1974. *Flore et végétation de Madagascar*. Vaduz : J. Cramer.

- Kull C.A., Ratsirarson J. & Randriamboavonjy G., 2005. Les forêts de *tapia* des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, **24**(2), 22-58.
- McConnell W.J., 2002. Madagascar: Emerald isle or paradise lost ? *Environment*, **44**(8), 10-14.
- Mercier J.R., 1991. *La déforestation en Afrique*. Saint-Rémy-de-Provence, France : Edisud.
- Ministère de l'Environnement et des Forêts de Madagascar, 2008. www.meeft.gov.mg/index.php?option=com_content&task=view&id=7&Itemid=8 (28.11.2011).
- Minten B. & Moser C., 2003. Forêts : usages et menaces sur une ressource. In : Minten B., Randrianarisoa J.C. & Randrianarison L. (éds). *Agriculture, pauvreté rurale et politiques économiques à Madagascar*. Ithaca, USA : Cornell University.
- Noon B.R. & Dale V.H., 2002. Broad-scale ecological science and its application. In: Gutzwiller K.J. (ed.). *Applying landscape ecology in biological conservation*. 34-52. New York: Springer-Verlag.
- OIBT (Organisation Internationale des Bois Tropicaux), 2002. *Directives OIBT/UICN pour la restauration, l'aménagement et la réhabilitation des forêts tropicales dégradées et secondaires*. Série OIBT : Politique forestière n° 13. Yokohama : OIBT. http://219.127.136.74/live/Live_Server/154/ps13e.pdf
- Orsi F., Geneletti D. & Newton A., 2011. Towards a common set of criteria and indicators to identify forest restoration priorities: an expert panel-based approach. *Ecol. Indic.*, **11**, 337-347.
- Programme Global Changement Climatique de la Direction de Développement et de la Coopération, 2011. *Forêts engagés comme Reservoirs de Carbone à Madagascar*. Freiburg, Allemagne : REDD-FORECA.
- Puig H., 2001. Diversité spécifique et déforestation : l'exemple des forêts tropicales humides du Mexique. *Bois For. Trop.*, **268**(2), 41-56.
- Rabarison H., Rajeriarison C., Birkinshaw C. & Lowry II P., 2010. *Résilience des plantules de tapia (Uapaca bojeri) et de quelques espèces ligneuses associées face au feu, en vue de leur réintroduction et du renforcement des populations menacées dans le massif d'Ibity*. Poster au Colloque Nationale d'Écologie Scientifique 2010, Montpellier-France. www.ecologie2010.fr/gescolloque/lesactes/resume.php?ids=168 (10.08.2010).
- Rakotondrasoa O.L. et al., 2012. La forêt de *tapia*, écosystème endémique de Madagascar : écologie, fonctions, causes de dégradation et de transformation (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(4), 541-552.
- Rakotondrasoa O.L. et al., 2013. Identification des indicateurs de dégradation de la forêt de *tapia* (*Uapaca bojeri*) par une analyse sylvicole. *Tropicultura*, **31**(1), 10-19.
- Ramohavelo D.C., 2009. *Stratégies villageoises pour la gestion des paysages forestiers du Menabe Central, Madagascar*. Thèse de doctorat. Faculté Environnement naturel, Architectural et Construit, École Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Randrianarisoa A., Raharinaivosoa E. & Kollf H.H., 2008. *Des effets de la gestion forestière par les communautés locales de base à Madagascar : cas d'Arivonimamo et de Merikanjaka dans les Hautes Terres malgaches*. Workshop on Forest Governance & Decentralization in Africa. Durban, South Africa.
- Razafimanantsoa T.M. et al., 2013. Silkworm moths inventory in their natural *tapia* forest habitat (Madagascar): diversity, population dynamics and host plants. *Afr. Entomol.*, **21**(1), 137-150.
- République de Madagascar, 1996. *Loi N°96/025 du 30 septembre 1996 relative à la gestion locale des ressources renouvelables*. www.droit-afrigue.com/images/textes/Madagascar/Mada%20-%20Loi%20gestion%20ressources%20naturelles%20renouvelables.pdf (28.11.2011).
- Samyn J.M. & Petitjean A., 2001. *Plantes utiles des hautes terres de Madagascar*. 2^e éd. Antananarivo : Intercoopération.

- Schoene D., Killmann W., von Luepke H. & Loyche Wilkie M., 2007. *Definitional issues related to reducing emissions from deforestation in developing countries*. Forests and Climate Change Working Paper 5. Rome: FAO. www.fao.org/docrep/009/j9345e/j9345e00.htm
- Shannon C.E., 1948. A Mathematical Theory of Communication. *Bell Syst. Tech. J.*, **27**, 379-423, 623-656.
- Shannon C.E. & Weaver W., 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Champaign, USA: University of Illinois Press.
- Simula M., 2009. *Vers une définition de la dégradation des forêts : analyse comparative des définitions existantes*. Programme d'évaluation des ressources forestières. Document de travail 154. Rome : FAO.
- Styger E, Rakotondramasy H.M., Pfeffer M.J., Fernandes E.C.M. & Bates D.M., 2007. Influence of slash-and-burn farming practices on fallow succession and land degradation in the rainforest region of Madagascar. *Agric., Ecosyst. Environ.*, **119**, 257–269.
- Trouve C., Mariotti A., Schwartz D. & Guillet B., 1994. Soil organic carbon dynamics under *Eucalyptus* and *Pinus* planted on savannas in the Congo. *Soil Biol. Biochem.*, **26**(2), 287-295.
- Vignal Z., 1963. Les phénomènes de météorologie dynamique et la disparition des formations forestières malgaches d'altitude. *Bois For. Trop.*, **89**, 31-35.

12 —

Identification des indicateurs de dégradation de la forêt de *tapia* (*Uapaca bojeri*) par une analyse sylvicole

Olivia L. RAKOTONDRAZOA, François MALAISSE, Gabrielle L. RAJOELISON, Julie GAYE,
Tsiresy M. RAZAFIMANANTSOA, Misha R. RABEARISOA,
Bruno S. RAMAMONJISOA, Noromalala RAMINOSOA, François J. VERHEGGEN,
Marc PONCELET, Éric HAUBRUGE, Jan BOGAERT

La déforestation constitue un grave problème à Madagascar amenant à une dégradation recrudescente des ressources naturelles. Dans ce cadre, la présente étude a pour objectif d'identifier des indicateurs de dégradation de la forêt de *tapia* dans la zone d'Arivonimamo. Une carte forestière de la zone a servi de document de base; la forêt y est stratifiée en deux types: forêt de *tapia* peu dégradée et forêt de *tapia* dégradée. L'approche a consisté à comparer ces deux types de forêt; la forêt peu dégradée étant la forêt de référence. La récolte de données s'est basée sur un inventaire forestier par le biais des transects discontinus, liés à la structure de la forêt de *tapia*, de longueur totale de 1 500 m par type. De cette étude, il ressort que la densité des arbres, la hauteur moyenne, le diamètre moyen des arbres, la surface terrière et la densité de la régénération et du sous-bois, constituent des indicateurs pour l'identification de l'état de dégradation de la forêt de *tapia*. La distribution des ligneux y est agrégée; cependant l'agrégation des arbres est très significativement plus forte au sein de la forêt dégradée en réponse à la faible densité d'*U. bojeri*. *Leptolaena pauciflora* et *Erica* sp. constituent les espèces principales de sous-bois indicatrices de dégradation. Leur forte abondance indique un état de dégradation plus accentué. La connaissance de ces indicateurs de dégradation permettra de formuler des directives et de préciser des outils techniques pour contribuer à évaluer et à surveiller la dégradation de la forêt de *tapia*.

Identification of degradation indicators of *tapia* forest (*Uapaca bojeri*) by sylvicultural analysis

Deforestation is a serious problem in Madagascar leading to natural resource degradation. In this context, this study aims to identify indicators of forest degradation for the *tapia* forest of Arivonimamo. A forest map of the area consists of a document in which the forest is stratified into two types: degraded *tapia* forest and highly degraded *tapia* forest. The approach consisted of the comparison of these two types of forest, the degraded *tapia* being the reference. Data collection was based on a forest inventory through discontinuous transects related to the structure of the *tapia* forest, with a total length of 1,500 m per type. It appears that tree density, average tree height, average tree diameter, basal area and density of regeneration and undergrowth, are indicators for the identification of the state of degradation of the *tapia* forest. The distribution of *U. bojeri* is aggregated in both sites; however, the degree of aggregation is significantly higher in the highly degraded forest in response to the lower tree density. *Leptolaena pauciflora* and *Erica* sp. are the main undergrowth indicator species of degradation; their abundance is correlated with degradation. Knowledge of these indicators of *tapia* degradation will provide guidance and technical tools to improve evaluation and monitoring of the degradation of the *tapia* forest.

Cet article a déjà fait l'objet d'une publication en 2013 dans *Tropicultura*, 31(1), 10-19.
Reproduit avec l'autorisation de l'éditeur.

12.1. INTRODUCTION

La déforestation constitue un des problèmes majeurs de nombreux pays tropicaux, notamment de Madagascar. D'après l'Office National pour l'Environnement (2003), la forêt naturelle ne couvre plus que 16 à 17 % du territoire malgache alors qu'elle y était encore de 24 à 28 % en 1950. À Madagascar, le taux de déforestation annuel était de 0,3 % entre 1950 et 1970 ; 1,7 % entre 1970 et 1990 et 0,7 % entre 1990 et 2000 (Harper et al., 2007). L'agriculture sur abattis-brûlis, la fabrication de charbon de bois, la commercialisation de produits ligneux, les prélevements abusifs de produits non ligneux et les feux de brousse y constituent les principales causes de déforestation (Blanc-Pamard et al., 2003). L'agriculture y représente l'activité principale des populations rurales dont 73,5 % vivent encore en-dessous du seuil de pauvreté (Ramohavelo, 2009). La flore malgache présente un taux d'endémisme élevé ; des valeurs de 82 % à 90 % ont été citées (Blanc-Pamard et al., 2003 ; Gautier et al., 2003 ; Groupe de Spécialistes des Plantes, 2011). Le *tapia* (*Uapaca bojeri* Baill. [Phyllantaceae]), qui est un petit arbre à feuillage dense de 10 à 12 m de hauteur au maximum, fait partie de ces espèces endémiques. C'est une essence sempervirente, sclérophylle, héliophile et pyrophyte (Gade, 1985 ; Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8).

Les peuplements de *tapia* sont des formations très ouvertes, qui sont parcourues fréquemment par les feux de brousse (Vignal, 1963), se présentant sous-forme d'une forêt claire (Rakoto-Ramiarantsoa, 1995). Les forêts de *tapia*, localisées uniquement dans les Hautes Terres malgaches (800 à 1 600 m), jouent un rôle très important dans l'économie des populations riveraines grâce aux produits qui peuvent en être prélevés, tels les fruits de *tapia*, les champignons, le bois de chauffe, les plantes médicinales, les cocons de vers à soie (Kull et al., 2005 ; Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8). Cependant, avec l'accroissement des besoins liés à la pression démographique (avec un taux de croissance annuel national de 2,8 % contre 1,2 % pour le monde en 2006 (FAO, 2009), les communautés riveraines sont devenues très dépendantes de ces produits engendrant des pressions et des menaces sur l'écosystème en question (Randrianarisoa et al., 2008). Les forêts de *tapia* ont perdu ces dernières décennies une part importante de leur superficie. Pour la région d'Itasy, dans laquelle les forêts de *tapia* représentent les derniers vestiges de la végétation forestière primaire (Barale, 2010), le taux de déforestation annuel est de 7,41 % entre 2000 et 2005 (Rajoelison et al., 2009). Ces taux sont relativement élevés comparés à celui de la Grande Île toute entière qui est de 0,3 % pour la même période (FAO, 2009).

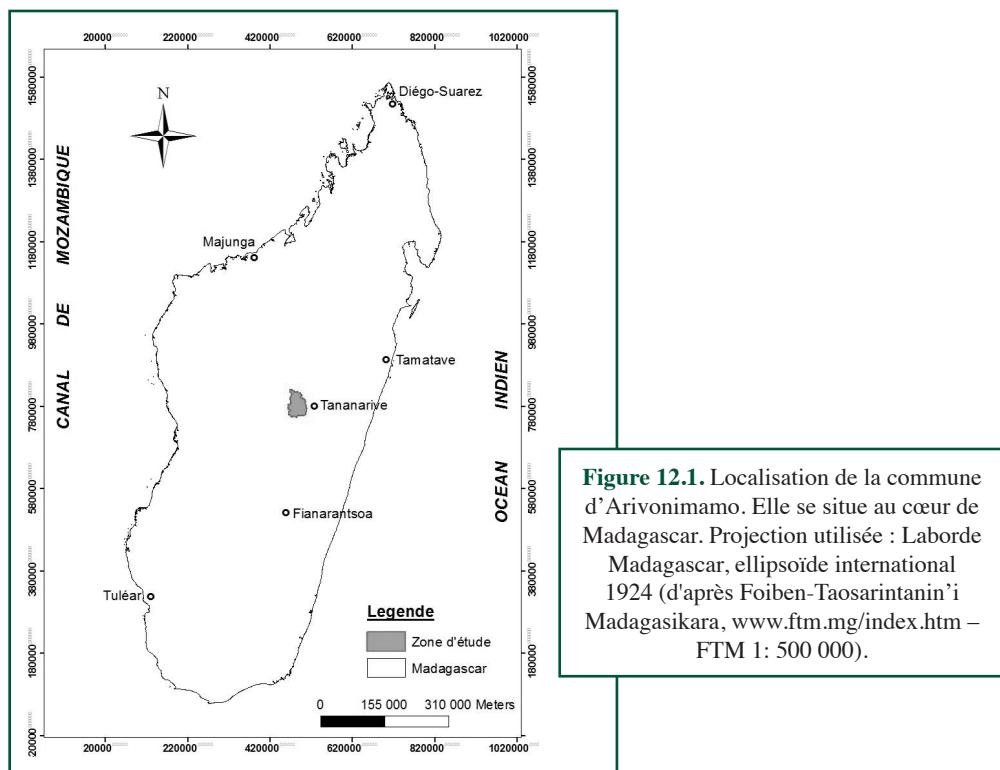
Le présent article a pour objectif d'identifier des indicateurs de dégradation de la forêt de *tapia* à travers la comparaison de deux types de forêt à différents stades de dégradation ; l'hypothèse de travail est que les caractéristiques sylvicoles de la forêt dégradée sont différentes de celles d'une autre moins dégradée appelée « forêt de référence », même si les forêts de *tapia* sont déjà des témoins dégradés de la forêt dense sclérophylle des Hautes Terres malgaches. Cette hypothèse peut être subdivisée en cinq sous-hypothèses, à savoir (1) la densité des arbres de la forêt dégradée est inférieure à celle de la forêt de référence, une diminution du nombre d'arbres étant attendue sous l'influence de la dégradation (Al-amin et al., 2005) ; (2) les valeurs et les distributions des paramètres dendrométriques (diamètre moyen et hauteur moyenne des arbres) ainsi que la surface terrière sont plus élevées au sein de la forêt de référence que dans la forêt dégradée ; (3) les rapports diamètre/hauteur des *U. bojeri* sont différents dans les deux types de forêt, les perturbations anthropiques influant sur les caractéristiques des arbres (Zida, 2007) ; (4) les pieds d'*U. bojeri* sont plus agrégés au sein de la forêt dégradée : une forêt

dégradée pouvant avoir perdu sa structure d'origine à la suite des activités humaines (Simula, 2009); (5) l'abondance de la régénération naturelle de *tapia* et du sous-bois est plus importante dans la forêt dégradée : les forêts dégradées présentent une plus grande abondance en sous-bois en réponse à la plus grande ouverture de la canopée (Hubbell et al., 1999).

12.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

12.2.1. Milieu d'étude

L'étude a été réalisée au sein de la commune rurale d'Arivonimamo (**Figure 12.1**), dans la partie centrale de Madagascar. Située à 47°10' E et 19°02' S, la zone d'investigation se localise à environ 50 km à l'ouest d'Antananarivo et fait partie intégrante du district d'Arivonimamo, dans la région d'Itasy. La région est soumise à un climat de type tropical d'altitude caractérisé par deux saisons contrastées : une saison sèche et fraîche qui s'étale d'avril jusqu'à octobre et une saison chaude de novembre à mars. La température moyenne est de 17,7 °C et les précipitations moyennes atteignent 1 474 mm par an, réparties sur 6 mois (saison chaude). Les forêts de *tapia* représentent les derniers vestiges de la végétation forestière primaire à Arivonimamo (Barale, 2010). Elles se présentent sous la forme de forêts claires dominées par le *tapia*. À cette formation forestière naturelle s'ajoutent des forêts de reboisement d'*Eucalyptus* spp. et de *Pinus* spp., qui ont pour vocation de remplacer la forêt de *tapia* dans leur rôle de production de bois d'énergie.



12.2.2. Récolte des données

Afin d'atteindre l'objectif assigné à l'étude, une carte forestière d'Arivonimamo (**Figure 12.2**, voir cahier couleur), élaborée antérieurement, a constitué le document de base. Dans ce dernier, la forêt a été stratifiée en deux types : forêt peu dégradée formant la forêt de référence et forêt dégradée. La forêt de *tapia* est une formation végétale endémique dont la structure actuelle est liée à l'exploitation humaine (Kull et al., 2005). Par conséquent, sa stratification en termes de dégradation s'est limitée en deux types de forêt. Parallèlement, la concertation avec la population locale a permis de confirmer l'existence de ces deux types de forêt : d'une part, la forêt dégradée regroupant les espaces forestiers dans lesquels les activités humaines sont fréquentes et d'autre part, la forêt de référence qui est formée par une forêt dans laquelle l'exploitation par les riverains est considérée comme négligeable.

La récolte des données s'est basée sur un inventaire forestier d'un site de 28,59 km² formé par les *fokontany* d'Ankalalahana, d'Amby et de Kianamarina (**Figure 12.2**, voir cahier couleur). L'échantillonnage a été effectué au moyen de transects subdivisés en des parcelles carrées contigües de 10 m de côté. Huit transects ont été implantés par type de forêt. Les longueurs des transects sont variables, selon la disponibilité de la forêt (**Figure 12.3**, voir cahier couleur). La longueur totale des divers transects est de 1 500 m par type de forêt, correspondant à une surface de 1,5 ha.

L'inventaire a consisté à mesurer le diamètre à hauteur de poitrine (dhp), soit à 1,30 m du sol, la hauteur totale des arbres (individus ayant un dhp \geq 5 cm) ainsi que la distance au plus proche voisin. Pour le comptage de la régénération naturelle et des autres espèces du sous-bois, quatre petites placettes carrées de 4 m² (2 m \times 2 m) ont été délimitées dans les quatre coins de la grande placette de 100 m². La régénération est l'ensemble des ligneux (semis naturels, rejets de souche et drageons) ayant un diamètre à hauteur de poitrine inférieur à 5 cm et un diamètre au collet supérieur ou égal à 1 cm. Les autres espèces de sous-bois ont été également inventoriées. La densité relative du sous-bois au niveau de la grande placette a été également évaluée. Pour cette estimation relative, un encodage a été utilisé : 1 = absent (0 %); 2 = peu (< 35 %); 3 = moyen (entre 35 et 70 %); 4 = important (> 70 % de recouvrement du sol).

12.2.3. Traitement des données

Les données d'inventaire récoltées ont été traitées à travers l'analyse sylvicole. L'analyse sylvicole a été axée sur la structure forestière (composition, abondance, surface terrière, distribution des diamètres et des hauteurs, relation hauteur/diamètre), et l'étude du sous-bois (composition et abondance).

Afin de tester les hypothèses de travail, plusieurs tests statistiques ont été utilisés, entre autres le test *U* de Mann-Whitney pour la comparaison de moyennes de façon non-paramétrique, le test *t* de Student pour la comparaison de pentes des deux droites générées par une régression linéaire du diamètre sur la hauteur totale de chaque individu de *tapia*, et le test χ^2 pour la comparaison de distributions de fréquence. Par ailleurs, la méthode du plus proche voisin via l'indice *R* de Clark et Evans (1954) a été utilisée dans la caractérisation de la distribution spatiale de la strate arborée. La significativité de l'éloignement par rapport à la distribution aléatoire a été appréhendée à travers le calcul du standard de déviation normale.

12.3. RÉSULTATS

12.3.1. Strate arborée

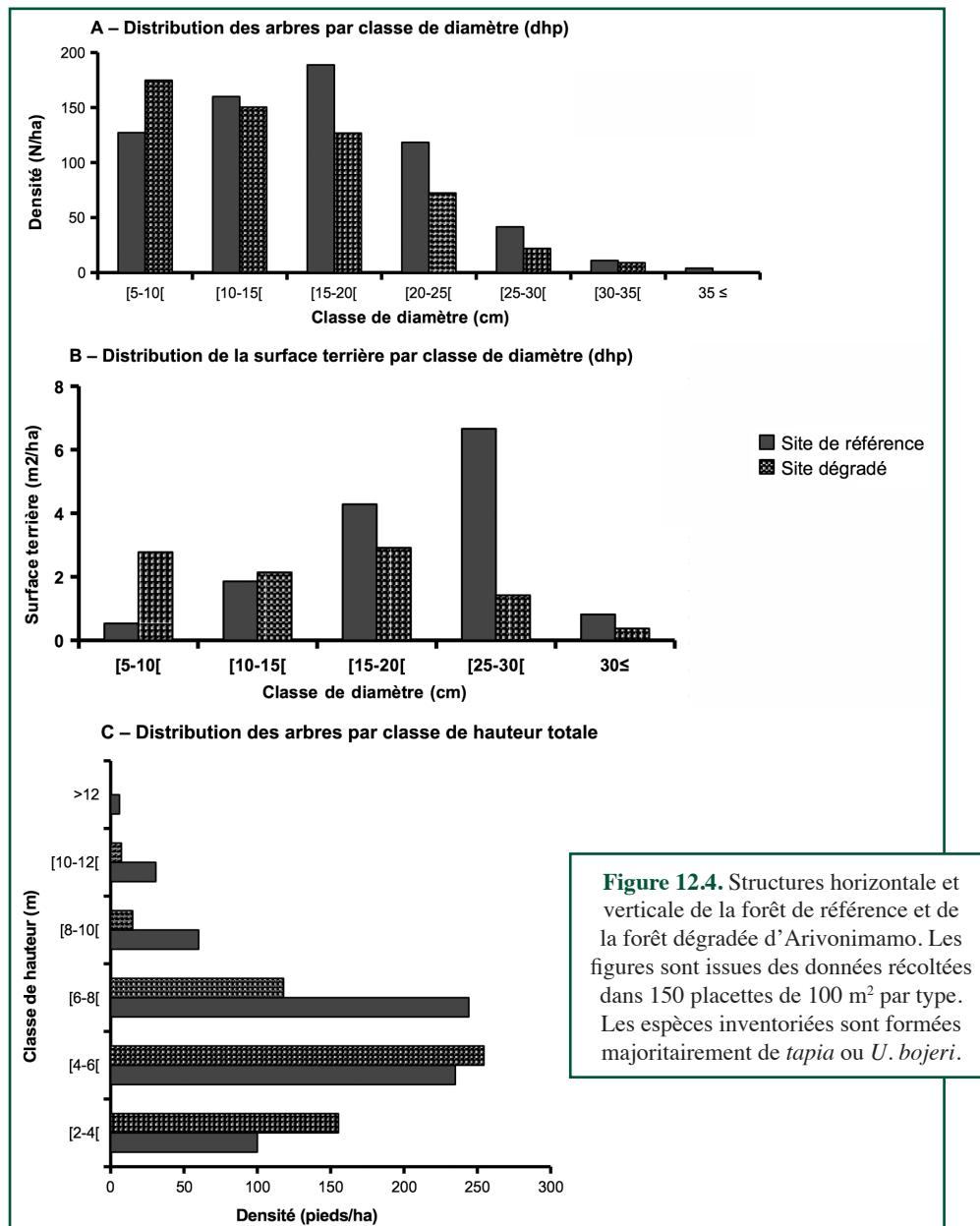
Les inventaires forestiers effectués dans les deux types de forêt d'Arivonimamo ont permis de recenser trois espèces dans la strate arborée, à savoir *U. bojeri*, *Eucalyptus robusta* Smith (Myrtaceae), *Pinus kesiya* Royle ex Gordon (Pinaceae). *U. bojeri* présente un pourcentage élevé atteignant 99 % (1810 sur 1830 arbres inventoriés dans les deux types de 1,5 ha chacun).

D'après le **tableau 12.1**, la densité des arbres dans la forêt de référence est supérieure à celle de la forêt dégradée. La différence s'observe au niveau de la densité d'*U. bojeri*, l'espèce la plus dominante. Les autres espèces apparaissent négligeables en densité. Les écarts-types sont élevés pour les deux densités traduisant une forte variabilité interne de l'abondance des arbres tant dans le site de référence que celui dégradé. Par ailleurs, le diamètre moyen des arbres est relativement élevé au sein de la forêt de référence. Cette différence est liée au mode de distribution des arbres par classe de diamètre. En effet, une différence significative est observée entre les distributions des diamètres pour les deux forêts échantillonnées ($\chi^2 = 32,26$; $p < 0,05$). Selon la **figure 12.4A**, la forêt dégradée présente une abondance de tiges plus élevée que celle de la forêt de référence, notamment au niveau des tiges de petit diamètre (entre 5 et 10 cm). La différence en abondance de tiges s'observe nettement à partir des arbres ayant un diamètre supérieur ou égal à 15 cm. En outre, la surface terrière est significativement plus élevée au sein de la forêt de référence comparée à celle de la forêt dégradée. Également, les distributions des surfaces terrières ne sont pas identiques ($\chi^2 = 11,51$; $p < 0,05$) dans les deux types de forêt (**Figure 12.4B**). Les classes de diamètre favorisant la plus forte participation au recouvrement basal total de la forêt de référence sont celles de [15-20] et [20-25] donnant une forme de cloche à la distribution (distribution normale); cependant celles de la forêt dégradée comprennent les classes de petites diamètres inférieures à 20 cm.

Quant à la hauteur moyenne des arbres, la forêt de référence présente une hauteur moyenne significativement plus élevée par rapport à celle de la forêt dégradée. Par ailleurs, la structure des hauteurs des deux types de forêts (**Figure 12.4C**) dénote une tendance à deux strates au niveau de la forêt de référence, à savoir une strate supérieure composée d'arbres ayant une hauteur totale plus de 8 m, et une strate moyenne de 2 à 8 m de hauteur. Par contre, la forêt

Tableau 12.1. Caractéristiques structurales des peuplements de *Uapaca bojeri* de la forêt de référence et de la forêt dégradée d'Arivonimamo. Les résultats sont basés sur les relevés effectués sur 150 placettes de 100 m² par type. La dernière colonne représente les résultats des tests *U* de comparaison de moyennes de Mann-Whitney. Il n'y a pas de différence significative (NS) entre les deux moyennes comparées si $p > 0,05$.

	Forêt de référence (moyenne ± écart-type)	Forêt dégradée (moyenne ± écart-type)	Comparaison (test <i>U</i>)
Nombre de placettes inventoriées	150	150	
<i>Uapaca bojeri</i> (pieds/ha)	648 ± 266	559 ± 237	p < 0,01
<i>Eucalyptus robusta</i> (pieds/ha)	3 ± 2	5 ± 2	NS
<i>Pinus kesiya</i> (pieds/ha)	2 ± 1	3 ± 2	NS
Densité totale (pieds/ha)	653 ± 254	567 ± 209	p < 0,01
Diamètre moyen (cm)	15,52 ± 6,17	13,69 ± 6,44	p < 0,01
Surface terrière (m ² /ha)	14,14 ± 6,14	10,43 ± 7,09	p < 0,01
Hauteur moyenne (m)	5,57 ± 1,94	4,63 ± 1,77	p < 0,01
Distance du plus proche voisin (m)	1,99 ± 1,36	1,55 ± 1,21	p < 0,01



dégradée est constituée seulement d'une seule strate, environ 95 % des arbres ne dépassant pas la hauteur de 8 m. Le test χ^2 a affiché un résultat traduisant la significativité de la différence des deux distributions par classe de hauteur des deux forêts étudiées ($\chi^2 = 32,26$; $p < 0,001$). La régression linéaire « diamètre-hauteur » des arbres pour les deux types de forêt de *tapia* est présentée à la **figure 12.5**. Les deux régressions ont affiché des valeurs similaires pour le coefficient de détermination ($r^2 \approx 0,52$) ainsi que pour les coefficients de corrélation de

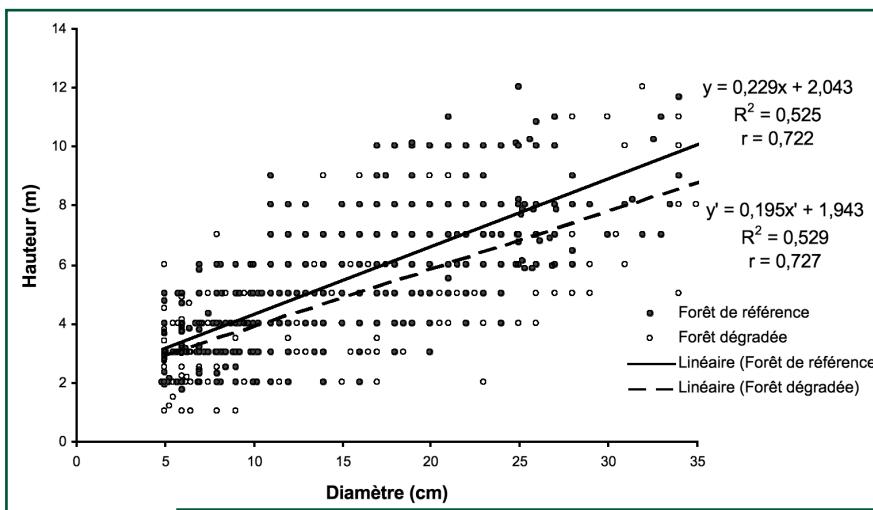


Figure 12.5. Courbes de régression linéaire «diamètre-hauteur» d'*U. bojeri* au sein de la forêt dégradée et de la forêt de référence d'Arivonimamo. Les données utilisées proviennent des relevés effectués sur 700 individus d'*U. bojeri* par type.

Pearson ($r \approx 0,72$). En outre, le résultat du test t de Student ($t = 3,198$; $p < 0,001$) montre que la différence entre les deux pentes est hautement significative. La droite appartenant à la forêt dégradée présente une pente plus faible. Autrement dit, pour un même diamètre, un arbre inventorié dans la forêt de référence est plus haut que celui de la forêt dégradée. Cette situation peut être causée par différents facteurs, entre autres le tempérament d'*U. bojeri* qui est une espèce héliophile. Avec une faible densité, la concurrence pour la luminosité n'est pas très poussée au sein de la forêt dégradée en comparaison avec celle de la forêt de référence.

Les indices R de Clark et Evans calculés pour les deux types de forêt sont inférieurs à 1, respectivement de 0,72 et de 0,54. Les distributions d'*U. bojeri* sont donc agrégées tant au sein de la forêt de référence qu'au sein de la forêt dégradée. Ces agrégations sont significatives selon les valeurs des déviations standard Z , qui sont supérieures à 1,96; respectivement de 9,04 et de 12,42 pour la forêt de référence et pour la forêt dégradée. Or, d'après le **tableau 12.1**, une différence significative est observée au niveau des moyennes de la distance du plus proche voisin des arbres des deux forêts étudiées. Malgré le fait que la densité est plus faible au sein de la forêt dégradée, les arbres y sont plus agrégés en comparaison avec ceux de la forêt de référence. Les profils structuraux (**Figure 12.6**) permettent de visualiser l'agrégation des arbres dans la forêt de *tapia*. Ils illustrent également l'existence d'une tendance à deux strates au niveau de la forêt de référence et par une seule strate dans la forêt dégradée, comme déjà présenté dans la **figure 12.4C**.

12.3.2. Sous-bois

Les trois espèces inventoriées dans la strate arborée (*U. bojeri*, *E. robusta*, *P. kesiya*) ont été également recensées dans la régénération naturelle. Cette dernière est dominée par *U. bojeri*, espèce principale de la strate supérieure. Les abondances de la régénération naturelle sont significativement différentes au sein des deux types de forêt. La forêt dégradée présente une densité en régénération naturelle plus élevée (**Tableau 12.2**).

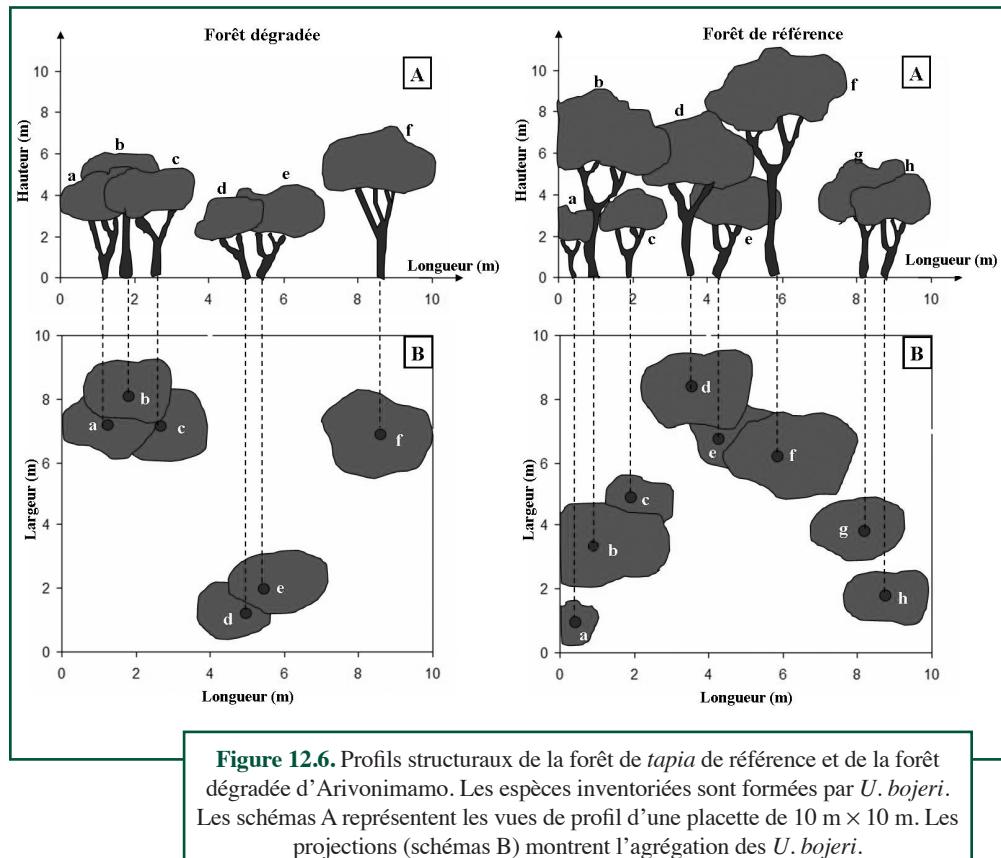


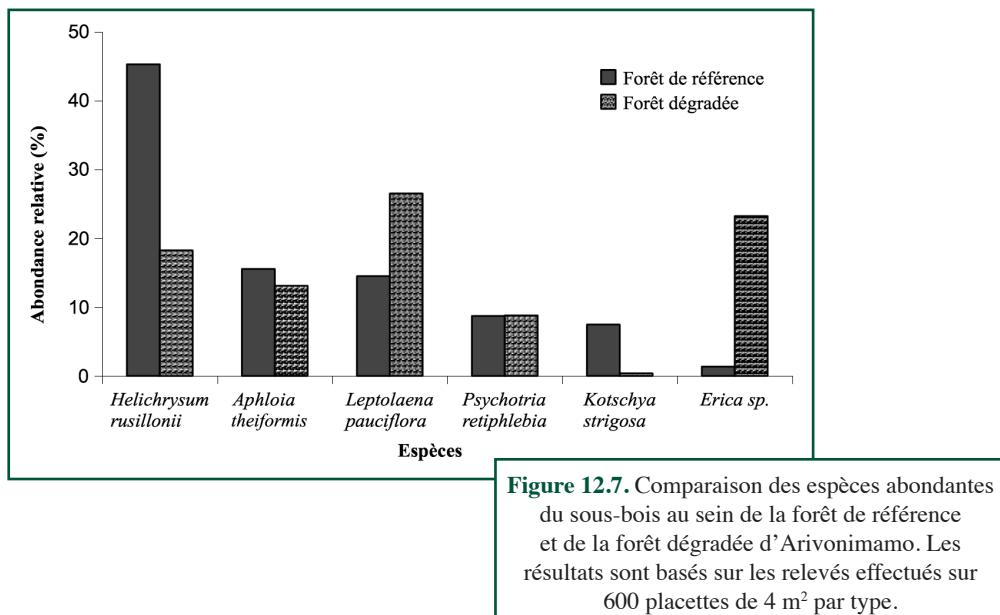
Figure 12.6. Profils structuraux de la forêt de *tapia* de référence et de la forêt dégradée d'Arivonimamo. Les espèces inventoriées sont formées par *U. bojeri*. Les schémas A représentent les vues de profil d'une placette de 10 m × 10 m. Les projections (schémas B) montrent l'agrégation des *U. bojeri*.

Tableau 12.2. Abondance de la régénération naturelle des deux types de *tapia* à Arivonimamo. Les résultats sont basés sur les relevés effectués sur 600 placettes de 4 m² par type. La dernière colonne représente les résultats des tests *U* de comparaison de moyennes de Mann-Whitney. Il n'y a pas de différence significative (NS) entre les deux moyennes comparées si *p* > 0,05.

	Forêt de référence (moyenne ± écart-type)	Forêt dégradée (moyenne ± écart-type)	Significativité (test <i>U</i>)
Nombre de placettes inventoriées	600	600	
<i>Uapaca bojeri</i>	565 ± 460	742 ± 623	p < 0,01
<i>Eucalyptus robusta</i>	4 ± 3	6 ± 4	NS
<i>Pinus kesiya</i>	11 ± 3	15 ± 5	NS
Total régénération	580 ± 254	763 ± 209	p < 0,01

La composition floristique du sous-bois est identique dans les deux forêts étudiées : 29 espèces ont été recensées. Tant au sein de la forêt de référence qu'au sein de la forêt dégradée, plus de 90 % des individus inventoriés sont formés par les espèces suivantes : *Helichrysum rusillonii* Hocr. (Asteraceae), *Aphloia theiformis* (Vahl) Benn. (Aphloiaceae), *Leptolaena pauciflora* Baker (Sarcolaenaceae), *Psychotria retiphlebia* Baker (Rubiaceae), *Kotschya strigosa* (Benth.) Dewit & P.A.Duvign. (Leguminosae), *Erica* sp. (ex-*Philippia* sp.) (Ericaceae). Les estimations faites

sur la densité du sous-bois, testées par le test *U* de Mann-Whitney ($p < 0,01$), ont montré que la forêt de référence présente un sous-bois peu abondant comparé à la forêt dégradée. En outre, la comparaison des abondances des espèces principales du sous-bois (Figure 12.7) entre les deux forêts étudiées ont montré que *Aphloia theiformis* et *Psychotria retiphlebia* présentent une même abondance ($p > 0,05$); la forêt de référence présente une abondance plus élevée de *Helichrysum rusillonii* et de *Kotschy strigosa* ($p < 0,01$); *Leptolaena pauciflora* et *Erica sp.* sont plus abondants au sein de la forêt dégradée ($p < 0,01$).



12.4. DISCUSSION

La présente recherche s'est basée sur la comparaison de deux types de forêt de *tapia* d'Arivonimamo : une forêt de référence *versus* une forêt dégradée. Cette subdivision en deux types semble appropriée pour une telle étude, car les forêts de *tapia* sont des formations ouvertes. Les forêts de *tapia* font partie des rares exceptions de forêt naturelle des Hautes Terres malgaches (Barale, 2010). En effet, elles sont considérées comme un des exemples terrifiants des conséquences de la déforestation des Hauts-Plateaux malgaches (Klein, 2002). Subséquemment, la stratification de la forêt de *tapia* en plusieurs types (plus que 2) en termes de dégradation n'a pas été évidente. La strate arborée dans les deux types est quasi monospécifique, composée majoritairement d'*U. bojeri*. Avant l'intervention humaine, *U. bojeri* n'était qu'une parmi les diverses essences qui composent la forêt dense sclérophylle (Gade, 1985). Par ailleurs, la présence d'*E. robusta* et de *P. kesiya*, espèces de tempérament héliophile à croissance rapide, y sont notées. Ces plantations satisfont aux enjeux de production de bois de chauffe (Chaix et al., 2001). Cependant, ces espèces introduites ont la capacité de changer les micro-habitats y compris la qualité du sol, pouvant défavoriser les espèces endémiques (Kull et al., 2005).

Pour le Col des Tapia de Madagascar (zone située au Sud de la capitale entre Antsirabe et Ambositra), la densité des arbres est de 941 pieds/ha pour la forêt dense et 597 pieds/ha pour la forêt claire (Kull et al., 2005). Les résultats issus de cette recherche, respectivement 648 pieds/ha et 559 pieds/ha pour la forêt de référence et la forêt dégradée, se rapprochent de ceux trouvés par Rakotonaina (2010), dans la même zone d'étude, à savoir 660 pieds/ha pour la forêt dense et 555 pieds/ha pour la forêt moyennement dense. La forêt dégradée présente une densité d'arbres significativement inférieure comparée à celle de la forêt de référence. Les fortes pressions anthropiques rencontrées dans la forêt dégradée, telle la production excessive de bois d'énergie (Rakoto-Ramiarantsoa, 1995), entraînent la réduction drastique du peuplement (Slik et al., 2003). Les diamètres moyens de *tapia* de la forêt de référence et de la forêt dégradée, respectivement de 15,5 et de 13,6 cm sont plus élevés que ceux trouvés dans d'autres forêts claires en Afrique, comme par exemple la forêt du parc national de Oti-Ke'ran au Nord-Togo qui a un diamètre moyen de 13,1 cm (Adjonou et al., 2009). Cependant, la hauteur moyenne de la forêt de *tapia* est relativement basse comparée à celle trouvée au même site de comparaison, c'est-à-dire, au sein de la forêt claire du Nord-Togo, qui est de $9,97 \pm 5,2$ m (Adjonou et al., 2009). En outre, des différences significatives ont été observées entre les deux forêts sur le diamètre moyen et la hauteur moyenne des arbres. Étant en relation avec le diamètre des arbres, la surface terrière de la forêt de référence est relativement élevée par rapport à celle de la forêt dégradée. En effet, une réduction de la surface terrière est attendue au sein de zones très dégradées (Scharnweber et al., 2007). Les facteurs qui influencent les caractéristiques forestières incluent les conditions naturelles (pluviosité, types de sol) et les perturbations anthropiques (feux de brousse, pâturage, coupe sélective d'arbres) (Zida, 2007). Par ailleurs, les surfaces terrières obtenues dans cette étude sont comprises dans la gamme de valeurs correspondant à une savane boisée ($5 \text{ m}^2/\text{ha}$ et $15 \text{ m}^2/\text{ha}$) selon la classification des formations végétales effectuée par Malaisse (1982). Les peuplements de *tapia* ont été parcourus fréquemment par les feux de brousse (Vignal, 1963) et se présentent sous-forme d'une forêt claire ou savane boisée (Rakoto-Ramiarantsoa, 1995).

L'estimation du développement d'un peuplement au fil du temps repose sur des données de relation entre hauteur et diamètre (Temesgen et al., 2004). Dans cette recherche, les régressions linéaires ont permis d'établir une relation entre les variables diamètre et hauteur. Cependant, les valeurs du coefficient de détermination sont plutôt médiocres ; il existe donc d'autres facteurs qui influent sur les hauteurs des arbres, notamment des facteurs abiotiques (type de sol, pente, etc.). En outre, les droites de régression des deux forêts étudiées présentent une différence significative. Une pente plus forte est observée au sein de la forêt de référence, traduisant que pour un même diamètre, il présente un arbre plus haut que celui de la forêt dégradée. Effectivement, le caractère héliophile des *tapias* (Guillaumet, 1983) engendre une compétition au sein de la forêt plus dense. Or, il a été démontré auparavant que la forêt dégradée présente une densité plus faible, subséquemment la compétition y est plus faible ; les hauteurs des *tapias* y sont moins élevées comparées à celles de la forêt de référence. Une distribution agrégée des arbres est observée au sein des deux forêts. Dans ses études, Guillaumet (1983) a mis en évidence également le caractère fortement grégaire des *U. bojeri*. Les processus de régénération des arbres peuvent être influencés par certains facteurs tels que le mode de dissémination, la viabilité, la dormance et la prédatation des semences (Condit et al., 2000). La régénération d'*U. bojeri* se fait surtout par germination des graines, mais accessoirement aussi par rejet de souche (Gade, 1985). Cependant, la distance moyenne du plus proche voisin est différente dans les deux types de forêt. Les arbres sont plus agrégés au sein de la forêt dégradée, suite aux coupes sélectives des pieds isolés, par ailleurs fréquemment plus épais.

L'abondance de la régénération de la forêt de *tapia* d'Arivonimamao (580 individus pour la forêt de référence et 763 individus pour la forêt dégradée) est relativement faible comparée à celle du Col des Tapia dont les valeurs sont respectivement de 12 059 et 8 813 individus pour la forêt dense et la forêt claire (Kull et al., 2005). Les feux répétés dans la région peuvent être à l'origine de cette situation. Les forêts claires sont régulièrement parcourues par des feux de brousse (Adjonou et al., 2009). Les Hauts-Plateaux font partie des zones les plus touchées par les feux de brousse à Madagascar (Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts et al., 2003). Bien que *U. bojeri* soit une espèce pyrophyte, les feux répétitifs peuvent détruire les arbres et diminuent leur capacité de régénération (Gade, 1996). Le double effet combiné des feux et du pâturage induit une mortalité très élevée, compromettant sérieusement le recrutement des espèces dans le peuplement (Sawadogo et al., 2002). Il est à souligner que pour la régénération du Col des Tapia, 61 % des jeunes tiges sont des rejets de souche, 24 % sont issus de drageonnement et 15 % seulement sont issus de la germination des graines (Kull et al., 2005).

Le sous-bois et la régénération naturelle d'*U. bojeri* sont plus abondants au sein de la forêt dégradée. La mise en lumière provoquée par l'exploitation aurait favorisé le développement des semis et du sous-bois. Toutes les espèces relevées au sein du sous-bois se trouvent intégralement dans les inventaires de Guillaumet (1983) relatifs aux plantes associées à l'habitat de la forêt sclérophylle de montagne à Madagascar, telles qu'*Aphloia theiformis* et *Psychotria retiphlebia*. Ces deux dernières espèces présentent une même abondance dans les deux types de forêt. Ce sont des espèces endémiques qui accompagnent très souvent *U. bojeri*. Les deux espèces, *Helichrysum rusilloni* et *Kotschya strigosa*, sont plus abondantes au sein de la forêt de référence que de la forêt dégradée. Cette situation peut être liée au fort développement des deux espèces *Leptolaena pauciflora* et *Erica* sp. au niveau de la forêt dégradée. *L. pauciflora* et *Erica* sp. sont spécifiques aux sols pauvres, s'installant après le passage de feux (Rakoto-Ramiarantsoa, 1995), ce qui est le cas de la forêt dégradée.

12.5. CONCLUSION

La présente étude a fourni en premier lieu une connaissance de la flore et des caractéristiques structurales de la forêt de *tapia*, formation végétale endémique de Madagascar. Cette dernière est dominée par *U. bojeri*, la distribution des ligneux y étant agrégée. La recherche a également permis d'identifier les indicateurs de dégradation de la forêt de *tapia*, à savoir la densité, le diamètre moyen, la hauteur moyenne, la relation diamètre-hauteur et la distance du plus proche voisin des arbres. Pour ces paramètres, la forêt de référence présente des valeurs plus élevées comparées à celles de la forêt dégradée. La régénération naturelle et le sous-bois sont plus denses au sein de la forêt dégradée, à cause de l'ouverture de la canopée. Les espèces de sous-bois recensées sont principalement des espèces acidophiles bien représentées en forêt secondaire et en savane. Une forte abondance de *Leptolaena* sp. et *Erica* sp. indique une dégradation plus marquée de la forêt. Ces indicateurs de dégradation constituent des données de base qui permettront par la suite de formuler des directives et des outils techniques pour contribuer à évaluer et à surveiller la dégradation de la forêt de *tapia*.

12.6. BIBLIOGRAPHIE

- Adjonou K., Bellefontaine R. & Kokou K., 2009. Les forêts claires du Parc national Oti-Kéran au Nord-Togo : structure, dynamique et impacts des modifications climatiques récentes. *Sécheresse*, **20**, 1-10.
- Al-amin M., Alamgir M. & Bhuiyan M., 2005. Structural composition based on diameter and height class distribution of deforested area of Chittagong Bangladesh. *J. Appl. Sci.*, **5**, 227-231.
- Barale C., 2010. Madagascar : protection et reboisement de *tapia* dans la région d'Itasy. Planète Urgence (France). www.planete-urgence.org (03.08.2011).
- Blanc-Pamard C. & Rakoto Ramiarantsoa H., 2003. Madagascar : Les enjeux environnementaux. In : Lesourd M. (éd.). *L'Afrique. Vulnérabilité et défis*. Nantes, France : Éditions du Temps, 354-376.
- Chaix G. & Ramamonjisoa L., 2001. Production de semences pour les reboisements malgaches. *Bois For. Trop.*, **269**, 49-63.
- Clark P.J. & Evans C.F., 1954. Distance to Nearest Neighbor as a Measure of Spatial Relationships in Populations. *Ecology*, **35**, 445-453.
- Condit R., Ashton P.S. & Baker P., 2000. Spatial Patterns in the Distribution of Tropical Tree Species. *Science*, **288**, 1414-8.
- FAO, 2009. *Situation des forêts du monde 2009*. Rome : FAO.
- Gade D.W., 1985. Savanna Woodland, fire, protein and silk in highlands Madagascar. *J. Ethnobiol.*, **5**, 109-122.
- Gade D.W., 1996. Deforestation and its effects in highlands Madagascar. *Mt Res. Dev.*, **16**(2), 101-116.
- Gautier L. & Goodman S.M., 2003. Introduction to the flora of Madagascar. In: Goodman S.M. & Benstead J.P. (eds). *The Natural History of Madagascar*. Chicago, USA: University of Chicago Press, 229–250.
- Groupe des Spécialistes des Plantes de Madagascar, 2011. *Liste rouge des plantes vasculaires endémiques de Madagascar*. Antananarivo : IUCN/SSC.
- Guillaumet J.L., 1983. Forests and mountain'thickets of Malagasy. *Candollea*, **38**, 481-502.
- Harper G.J., Steininger M.K., Tucker C.J., Juhn D. & Hawkins F., 2007. Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Environ. Conserv.*, **34**, 325–333.
- Hubbell S.P. et al., 1999. Light-gap disturbances, recruitment limitation and tree diversity in a neotropical forest. *Science*, **283**, 554-557.
- Klein J., 2002. Deforestation in the Madagascar Highlands – Established ‘truth’ and scientific uncertainty. *GeoJournal*, **56**, 191-199.
- Kull A.C., Ratsirarson J. & Randriambaoavonjy G., 2005. Les forêts de *tapia* des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, **24**, 22-58.
- Malaisse F., 1982. Comparison of the woody structure in a regressive zambezian succession: dry evergreen forest – open forest – wooded savana (Luiswishi, Shaba, Zaire). *Geo-Eco-Trop*, **6**, 309-350.
- Ministère de l’Environnement, des Eaux et Forêts & Agence japonaise de Coopération Internationale, 2003. *Manuel sur la lutte contre les feux de végétation : compilation du savoir-faire actuel*. Antananarivo.
- Office National pour l’Environnement, 2003. *Les problèmes environnementaux de Madagascar, les contraintes au niveau du milieu naturel*. Antananarivo.
- Rajoelison L.G. et al., 2009. *Inventaire de biomasse dans les forêts de tapia régions d'Itasy (Miarinarivo) et Amoron'i Mania (Ambatofinandrahana) Madagascar*. Rapport final. Antananarivo : Projet FORECA/REDD.

- Rakotondrasoa O.L. et al., 2012. La forêt de *tapia*, écosystème endémique de Madagascar : écologie, fonctions, causes de dégradation et de transformation (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**, 541-552.
- Rakotoniaina N.S., 2010. *Vers une démarche de gestion durable des ressources de la forêt sclérophylle de moyenne altitude d'Arivonimamo II-Madagascar*. Thèse de doctorat. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Rakoto-Ramiarantsoa H., 1995. *Chair de la terre, œil de l'eau : paysanneries et recompositions des campagnes en Imerina (Madagascar)*. Thèse de doctorat. Université Paris X-Nanterre (France).
- Ramohavelo D.C., 2009. *Stratégies villageoises pour la gestion des paysages forestiers du Menabe Central, Madagascar*. Thèse de doctorat. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Faculté Environnement naturel, architectural et construit (Suisse).
- Randrianarisoa A., Raharinaivosoa E. & Kollf H.H., 2008. *Des effets de la gestion forestière par les communautés locales de base à Madagascar : cas d'Arivonimamo et de Merikanjaka dans les Hautes Terres malgaches*. Workshop on Forest Governance & Decentralization in Africa. Durban, South Africa.
- Sawadogo L., Nygard R. & Pallo F., 2002. Effects of livestock and prescribed fire on coppice growth after selective cutting of Sudanian savannah in Burkina Faso. *Ann. For. Sci.*, **59**, 185-95.
- Scharnweber T., Rietschel M. & Manthey M., 2007. Degradation stages of the Hyrcanian forests in southern Azerbaijan. *Arch. Naturschutz Landschaftsforsch.*, **46**, 133- 156.
- Simula M., 2009. *Vers une définition de la dégradation des forêts: analyse comparative des définitions existantes. Programme d'évaluation des ressources forestières*. Document de travail 154. Rome : FAO.
- Slik J.W.F. & Eichhorn K.A.O., 2003. Fire survival of lowland tropical rain forest trees in relation to stem diameter and topographic. *Oecologia*, **37**, 446-455.
- Temesgen H. & Gadow K.V., 2004. Generalized height -diameter models an application for major tree species in complex stands of interior British Columbia. *Eur. J. For. Res.*, **123**, 45-51.
- Vignal Z., 1963. Les phénomènes de météorologie dynamique et la disparition des formations forestières malgaches d'altitude. *Bois For. Trop.*, **89**, 31-35.
- Zida D., 2007. *Impact of Forest Management Regimes on Ligneous Regeneration in the Sudanian Savanna of Burkina Faso*. Ph.D. Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Forest Sciences. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Umeå (Sweden).

13 — Influence des reboisements d'eucalyptus (*Eucalyptus robusta*) et de pin (*Pinus kesiya*) sur la régénération naturelle de *tapia* (*Uapaca bojeri*) en forêt d'Arivonimamo

Olivia L. RAKOTONDRAZOA, Julien STEIN, Astrid AYRAL, Quentin PONETTE,
Gabrielle L. RAJOELISON, François MALAISSE, Bruno S. RAMAMONJISOA,
Noromalala RAMINOSOA, François J. VERHEGGEN, Marc PONCELET, Éric HAUBRUGE, Jan BOGAERT

Face à la dégradation continue des formations de *tapia* (*Uapaca bojeri*), le reboisement en *Pinus* sp. et en *Eucalyptus* sp. a figuré parmi les alternatives adoptées à Arivonimamo pour substituer le *tapia* dans la production de bois de chauffage. Or, actuellement, l'envahissement par ces espèces exotiques constitue une des menaces qui pèsent sur la forêt de *tapia* à Madagascar. Dans ce cadre, cette étude avait pour objectif d'analyser la régénération de la forêt de *tapia* d'Arivonimamo. Pour ce faire, l'approche a consisté en l'identification des « zones de contact » entre des peuplements d'espèces exotiques, *Pinus kesiya* ou *Eucalyptus robusta*, et des peuplements d'*U. bojeri* permettant d'étudier la régénération le long de transects partant des peuplements exotiques et se dirigeant dans les peuplements indigènes, et ceci dans chaque direction cardinale. De cette étude, il ressort que la densité de la régénération de *tapia* varie d'un site à un autre. Il apparaît également que les capacités d'envahissement par *P. kesiya* sont bien plus importantes que celles de *E. robusta*. Par ailleurs, la densité des semis de pin sous les plantations correspondantes est faible. En outre, il est ressorti également que le taux d'ouverture du couvert ligneux n'influait pas significativement le développement de la régénération des trois essences. Ce taux d'ouverture est lié à différentes activités anthropiques telles que les collectes des produits forestiers non-ligneux (*tapia*), les opérations sylvicoles de nettoiement (pin) et la coupe précoce (eucalyptus).

Influence of afforestation with eucalyptus (*Eucalyptus robusta*) and pin (*Pinus kesiya*) on the natural regeneration of *tapia* (*Uapaca bojeri*) in the forest of Arivonimamo

Confronted with the ongoing degradation of the *tapia* woodlands (*Uapaca bojeri*), reforestation by *Pinus* sp. and *Eucalyptus* sp. was considered as an alternative in Arivonimamo to substitute *tapia* for the production of firewood. However, the invasion by these alien species is actually considered as one of the threats to the *tapia* woodland in Madagascar. In this context, this study aimed to analyze the regeneration of the *tapia* woodlands in Arivonimamo. Consequently, “contact zones” between stands of exotic species, *Pinus kesiya* or *Eucalyptus robusta*, and *U. bojeri* were identified, in order to study tree regeneration along transects in each cardinal direction starting inside the exotic forests and continuing into the native populations. This study showed that the density of *tapia* regeneration varied between sites. It also appeared that the capacity of *P. kesiya* to invade the *tapia* woodland is much higher than for *E. robusta*. Moreover, the regeneration of pine inside the pine's plantations was rather low. In addition, it was observed that the canopy opening rate had no significant influence on the development of the regeneration of the three species involved. Differences in canopy opening are due to various human activities such as the collection of non-timber forest products (*tapia*), the forestry operation of cleaning (pine) and early cutting (eucalyptus).

13.1. INTRODUCTION

La forêt de *tapia* (*Uapaca bojeri* Baill.), formation végétale endémique de Madagascar, constitue une ressource naturelle de première importance pour les populations villageoises avoisinantes. En effet, pour ces dernières, les produits forestiers issus de cette formation végétale contribuent de manière importante au revenu des ménages (Kull et al., 2005). De ce fait, une forte dépendance des communautés riveraines vis-à-vis de cette formation végétale a engendré des pressions et des menaces sur l'écosystème en question (Randrianarisoa et al., 2008). Un des dangers menaçant cet habitat est l'introduction d'essences exotiques à des fins sylvicoles. En effet, depuis plus d'un siècle, les reboisements de pins et d'eucalyptus se multiplient à Madagascar (Bertrand, 1999; Carrière et al., 2007). Or, depuis quelques années, le risque d'invasion biologique des forêts naturelles malgaches par ces essences exotiques, est pointé du doigt (Kull et al., 2005; Carrière et al., 2007). En effet, selon Kull et al. (2005), la menace principale des forêts de *tapia* n'est ni la coupe, ni le feu, mais semble être liée à l'envahissement par des espèces exotiques, en lien avec la dispersion de plantations d'eucalyptus et de pin à l'intérieur de cette formation. La colonisation spontanée par ces espèces pourrait nuire aux peuplements de *tapia*, car elles sont caractérisées par un tempérament héliophile et une croissance rapide. Dans ce cadre, cette recherche avait pour objectif d'étudier la régénération des espèces exotiques (*Eucalyptus robusta* Royle ex Gordon, *Pinus kesiya* Smith) et indigène (*U. bojeri*) dans les zones de contact entre plantations et forêt naturelle de *tapia*, dans la commune d'Arivonimamo. Ainsi, trois hypothèses étaient à vérifier : (1) il y a envahissement de l'espèce indigène par les espèces exotiques : les densités de semis d'*E. robusta* et de *P. kesiya* sont supérieures ou égales à celle d'*U. bojeri* au sein du peuplement *tapia*; (2) il existe une relation entre la densité de la régénération de *tapia* et celle des essences exotiques au sein du peuplement de *tapia*; (3) l'abondance de la régénération est en relation avec l'ouverture du couvert; la mise en lumière favoriserait le développement des semis et du sous-bois.

13.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

13.2.1. Milieu d'étude

L'étude a été réalisée au sein de la commune rurale d'Arivonimamo, dans la partie centrale de Madagascar. Située à 47°10E et 19°02S, la zone d'étude se localise à environ 50 km à l'Ouest d'Antananarivo et fait partie intégrante du district d'Arivonimamo, dans la région d'Itasy. La topographie y très variée avec des collines, de grandes plaines, des cônes volcaniques et d'étroites vallées (Klein, 2002). La région est soumise à un climat de type tropical d'altitude caractérisé par deux saisons contrastées : une saison sèche et fraîche qui s'étale d'avril jusqu'à octobre suivie par une saison chaude de novembre à mars. La température moyenne est de 17,7°C et les précipitations moyennes atteignent 1474 mm par an, réparties sur six mois.

Dans la région d'Arivonimamo, les forêts de *tapia* représentent les derniers vestiges d'une végétation forestière primaire (Barale, 2010; Rakotondrasoa et al., 2013, chapitre 12). Elles se présentent sous la forme de forêts claires ou de savanes arbustives dominées par le *tapia* ou *U. bojeri* appartenant à la famille des Phyllanthaceae selon le système APG III. Le *tapia* est une espèce endémique de petite taille et sclérophylle (Kull et al., 2005; Rakotondrasoa et

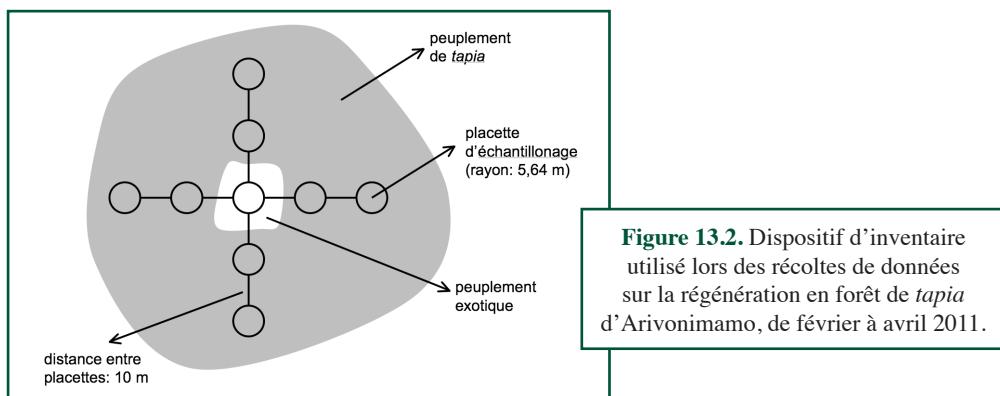
al., 2012; 2013, chapitre 8 ; chapitre 12). À cette formation naturelle s'ajoutent des plantations d'*Eucalyptus* sp. et de *Pinus* sp., qui ont pour vocation de se substituer au bois de *tapia* pour la production de bois d'énergie (**Figure 13.1**, voir cahier couleur).

13.2.2. Collecte des données

Le choix des sites d'inventaire s'est basé sur l'identification de « zones de contact » entre des peuplements d'espèces exotiques, *P. kesiya* ou *E. robusta*, et des peuplements d'*U. bojeri*; on a considéré donc deux types de sites : sites « *eucalyptus-tapia* » et sites « *pin-tapia* ». Cette approche a permis d'étudier la régénération le long de transects partant des peuplements exotiques dans chaque direction cardinale et se dirigeant dans les peuplements indigènes ; le nombre de transects a toutefois varié de 1 à 4 par site selon la configuration du paysage d'Arivonimamo. Pour ce faire, une première placette circulaire d'échantillonnage de 1 are, soit 5,64 m de rayon, était placée à l'intérieur du peuplement de pin ou d'eucalyptus ; ensuite, deux placettes circulaires, de même surface que la précédente et distantes de 10 m (périmètre à périmètre), ont été implantées le long de chaque transect. Dans chaque site, les inventaires ont ainsi été réalisés dans une placette unique pour les espèces exotiques et dans plusieurs placettes pour le peuplement de *tapia* (**Figure 13.2**). Les caractéristiques suivantes ont été relevées pour chaque placette : la pente, le pH du sol en utilisant un pH-mètre, le taux d'ouverture du couvert au moyen d'un densiomètre sphérique convexe, la densité du sous-bois et les traces de feu. Pour chaque individu ayant une hauteur totale supérieure à 2 m, les paramètres suivants ont été relevés : le nom vernaculaire, la circonférence à hauteur de poitrine et la hauteur totale. Pour chaque placette de mesure, une étude de la régénération a été effectuée. La régénération regroupe tous les individus des essences arborées ayant une hauteur totale inférieure à 2 m, y compris les semis de quelques centimètres de hauteur. Pour ces individus, nous avons déterminé l'espèce en question ainsi que la hauteur totale et la circonférence au collet.

Au total, les données ont été récoltées sur 9 sites de type « *eucalyptus-tapia* » (47 placettes) et 11 sites de type « *pin-tapia* » (56 placettes). La période de récolte des données était située entre le 1 février et le 16 avril 2011 à Arivonimamo.

Afin de tester les hypothèses de travail, nous avons recouru à la réalisation des tests statistiques : le test *U* de Mann-Whitney pour la comparaison de moyennes de façon non-paramétrique et le test de corrélation pour étudier la relation entre deux variables.



13.3. RÉSULTATS

13.3.1. Caractéristiques des peuplements

Les résultats obtenus après traitement des différentes données recueillies sont synthétisés dans les **tableaux 13.1 et 13.2**.

Tableau 13.1. Caractéristiques des sites «*eucalyptus-tapia*». Les résultats sont basés sur les données recueillies dans 47 placettes de 1 are au sein de la forêt d'Arivonimamo.

Sites <i>eucalyptus-tapia</i>				Densité (N/ha)		Circonférence moyenne (cm)		Hauteur moyenne (m)		Surface terrière (m ² /ha)		Taux d'ouverture (%)	
N°	Altitude (m)	Pente (°)	pH	eucalyptus	tapia	eucalyptus	tapia	eucalyptus	tapia	eucalyptus	tapia	eucalyptus	tapia
1	1 409	11,4	6,3	2 000	2 100	17,3	26,1	6,5	5,8	5,7	17,6	33,2	38,4
2	1 385	8,6	6,2	3 100	1 975	26,0	26,5	12,0	7,8	20,4	16,6	6,8	33,2
3	1 400	10,1	6,1	3 500	1 700	19,6	32,1	12,0	7,0	20,1	16,6	14,2	31,7
4	1 438	15,7	6,1	900	1 650	17,3	32,5	7,5	7,8	3,1	17,5	73,1	33,4
5	1 416	14,3	6,2	1 700	900	21,9	37,5	6,5	6,5	8,5	12,5	23,8	63,9
6	1 394	10,0	6,2	2 600	800	15,4	39,7	8,0	6,5	7,7	14,0	34,3	38,1
7	1 407	6,8	6,1	3 700	2 200	13,6	27,1	5,0	6,8	7,1	21,1	66,6	28,9
8	1 382	16,4	6,0	2 600	2 200	13,7	24,5	12,0	11,7	5,8	20,0	40,2	33,5
9	1 380	14,3	6,1	2 900	2 350	24,6	27,0	13,0	6,5	15,6	19,9	28,8	37,1
Moyenne				2 556	1 764	18,8	30,3	9,2	7,4	10,4	17,3	35,7	37,6
Test U Mann-Whitney				p<0,05		p<0,001		p>0,05		p>0,05		p<0,05	

Tableau 13.2. Caractéristiques des sites «*pin-tapia*». Les résultats sont basés sur les données recueillies dans 56 placettes de 1 are au sein de la forêt d'Arivonimamo. ND = non-disponible.

Sites <i>pin-tapia</i>				Densité (N/ha)		Circonférence moyenne (cm)		Hauteur moyenne (m)		Surface terrière (m ² /ha)		Taux d'ouverture (%)	
N°	Altitude (m)	Pente (°)	pH	pin	tapia	pin	tapia	pin	tapia	pin	tapia	pin	tapia
1	1 403	6,8	6,2	4 300	2 025	45,4	23,4	16,5	6,0	33,2	14,5	6,3	40,5
2	1 393	13,6	ND	2 500	2 150	57,9	27,3	20,0	7,3	43,1	22,0	5,1	29,2
3	1 369	15,0	6,2	2 000	1 450	54,2	28,9	14,0	6,0	33,5	13,0	36,4	56,8
4	1 349	13,7	6,2	1 800	1 800	35,8	39,2	14,0	6,5	21,4	28,8	30,7	23,3
5	1 344	13,4	6,3	2 000	1 383	55,8	29,9	12,0	7,0	37,3	15,9	11,5	58,5
6	1 345	18,4	6,2	2 300	1 075	32,5	37,7	11,0	6,8	21,5	21,2	34,6	58,2
7	1 363	16,3	ND	2 500	1 860	25,9	29,9	12,0	6,8	26,7	19,4	14,4	42,5
8	1 390	14,4	ND	3 600	2 100	55,8	41,1	17,0	7,0	46,1	20,9	3,2	17,0
9	1 338	14,3	ND	1 900	1 650	55,8	30,8	15,0	6,8	37,8	15,6	6,4	26,0
10	1 371	9,8	ND	3 500	1 150	44,4	24,5	15,5	5,1	48,7	17,0	12,6	65,8
11	1 370	12,6	ND	3 300	2 375	37,4	24,7	15,0	6,3	39,5	7,7	15,3	43,6
Moyenne				2 700	1 729	45,6	30,7	14,7	6,5	35,4	17,8	16,1	42,0
Test U Mann-Whitney				p<0,01		p<0,01		p<0,001		p<0,001		p<0,01	

Les valeurs de pH sont relativement proches ; la moyenne de toutes ces valeurs est de 6,2 avec un écart-type de 0,2 ; ce qui correspond à un coefficient de variation faible de 0,03 %. Ces différences non-significatives des valeurs de pH ne permettent pas d'expliquer les différences de densités de semis entre sites. De même, l'altitude est relativement constante de site en site. Les valeurs minimales et maximales sont respectivement de 1 338 m et de 1 438 m.

Le nombre de tiges par hectare dans les peuplements exotiques varie entre 900 et 3 700 pour les peuplements d'*Eucalyptus* et entre 1 800 et 4 300 pour les peuplements sources de *Pinus*. Ces densités présentent des différences significatives comparées à celle du peuplement de *tapia*.

Pour les sites «pin-*tapia*», une différence significative est observée pour les différents paramètres, à savoir la circonférence moyenne des arbres, la hauteur moyenne des arbres, la surface terrière et le taux d'ouverture du couvert ; le peuplement de pin présente des valeurs plus élevées pour tous ces paramètres. Par contre, les hauteurs moyennes des eucalyptus et des *tapias* ne sont pas significativement différentes. Cette situation pourrait traduire que ces plantations d'eucalyptus sont relativement récentes. Par ailleurs, le taux d'ouverture du couvert n'est pas significativement différent de celui du peuplement de *tapia*, qui est également une formation ouverte.

13.3.2. Analyse de la régénération naturelle

En premier lieu, nous avons caractérisé la régénération de *tapia* et la régénération exotique observée dans les peuplements de *tapia*. Le **tableau 13.3** reprend la proportion de placettes localisées dans les peuplements de *tapia* qui contiennent (1) des semis de *tapia* et (2) des semis d'essences exotiques.

Tableau 13.3. Proportion des placettes présentant une régénération. Les données sont basées sur des relevés effectués sur 38 placettes au sein de sites «eucalyptus-*tapia*» et 45 placettes au sein de sites «pin-*tapia*» à Arivonimamo. La surface d'une placette est de 1 are.

	Proportion de placettes présentant de la régénération de <i>tapia</i> (%)	Proportion de placettes présentant de la régénération d'une espèce exotique (%)
Sites «eucalyptus- <i>tapia</i> »	100	21
Sites «pin- <i>tapia</i> »	71	76

Le **tableau 13.3** montre qu'au sein des sites du type «eucalyptus-*tapia*», toutes les placettes *tapia* présentent de la régénération de *tapia*. Cette dernière est présente dans 71 % des placettes inventoriées à l'intérieur des sites «pin-*tapia*». Quant à la régénération des essences exotiques dans les peuplements de *tapia*, on constate que les placettes contenant des semis de pins sont beaucoup plus fréquentes que les placettes contenant des semis d'eucalyptus. En effet, environ 75 % des placettes situées dans un peuplement de *tapia* entourant un peuplement de pin contiennent des semis de pin, alors que ce taux n'atteint pas 25 % pour le cas de l'eucalyptus. En outre, 50 % des placettes situées dans les peuplements de *tapia* contiennent des semis d'espèces exotiques pour toutes espèces confondues.

Le **tableau 13.4** montre que la régénération de *tapia* est relativement homogène, que ce soit à proximité d'un peuplement de pin ou d'eucalyptus (respectivement 1 444 et 1 900 semis/ha).

La régénération d'eucalyptus est relativement faible en termes de densité par rapport à celle de *tapia*. Par contre, la régénération de pin est beaucoup plus abondante que celle de l'eucalyptus au sein du peuplement de *tapia*. Il est également important de remarquer que, pour les sites de type «pin-*tapia*», les densités de la régénération des deux espèces ne présentent pas de différences significatives.

Tableau 13.4. Effectif et densité des semis (*tapia*, *Eucalyptus* ou *Pinus*) dans les peuplements de *tapia*. Les données sont basées sur des relevés effectués sur 38 placettes au sein de sites «eucalyptus-*tapia*» et 45 placettes au sein de sites «pin-*tapia*» à Arivonimamo. La surface d'une placette est de 1 are. Le semis ou régénération regroupe tous les individus ligneux ayant une hauteur inférieure à 2 m.

	Surface cumulée des placettes (ha)	<i>Tapia</i>		Espèce exotique		Test <i>U</i> de Mann-Whitney
		Nombre de semis	Densité (N/ha)	Nombre de semis	Densité (N/ha)	
Sites «eucalyptus- <i>tapia</i> »	0,38	722	1900	41	108	p<0,001
	1	0,04	86	2150	0	
	2	0,04	76	1900	0	
	3	0,06	56	933	3	
	4	0,04	54	1350	15	
	5	0,04	63	1575	12	
	6	0,04	133	3325	0	
	7	0,04	67	1675	0	
	8	0,06	115	1917	3	
	9	0,02	72	3600	8	
Sites «pin- <i>tapia</i> »	0,45	650	1444	752	1671	p>0,05
	1	0,04	31	775	0	
	2	0,04	101	2525	0	
	3	0,04	44	1100	26	
	4	0,02	111	5550	7	
	5	0,06	176	2933	331	
	6	0,04	58	1450	75	
	7	0,05	23	460	71	
	8	0,04	92	2300	36	
	9	0,04	11	275	59	
	10	0,04	2	50	84	
	11	0,04	1	25	63	

Les résultats des tests de corrélation entre la densité de la régénération du *tapia* et la densité des deux autres espèces par placette sont présentés dans le **tableau 13.5**. Pour les deux types de sites considérés, les résultats sont similaires ; une corrélation significative existe entre le nombre de semis de *tapia* et le nombre de semis des espèces exotiques. Cette corrélation est négative ; ce qui signifie que plus la régénération de *tapia* est abondante plus celle des autres espèces est réduite, ou inversement.

Tableau 13.5. Nombre cumulé de semis (*tapia*, *Eucalyptus*, *Pinus*) par site, et corrélation entre densité des semis de *tapia* et densité des essences exotiques pour les deux types de sites. Les données sont basées sur des relevés effectués dans 47 placettes au sein de sites « *eucalyptus-tapia* » et dans 56 placettes au sein de sites « *pin-tapia* » à Arivonimamo. La surface d'une placette est de 1 are. Le semis ou régénération regroupe tous les individus ligneux ayant une hauteur inférieure à 2 m.

	Nombre cumulé de semis			Coefficient de corrélation <i>r</i> (<i>p</i> valeur)
	<i>Tapia</i>	<i>Eucalyptus</i>	<i>Pin</i>	
Sites « <i>eucalyptus-tapia</i> »	791	177	22	
1	91	5	0	
2	83	0	1	
3	56	6	5	
4	59	104	0	
5	65	18	3	-0,39 (<i>p</i> <0,01)
6	137	15	2	
7	67	2	0	
8	134	10	0	
9	99	17	11	
Sites « <i>pin-tapia</i> »	841	0	817	
1	32	0	3	
2	101	0	6	
3	45	0	47	
4	140	0	7	
5	217	0	334	
6	72	0	100	-0,38 (<i>p</i> <0,01)
7	50	0	71	
8	147	0	36	
9	31	0	66	
10	2	0	84	
11	4	0	63	

Le tableau 13.6 présente les résultats des tests de corrélation entre le nombre de semis d'espèces exotiques dans les peuplements exotiques mêmes et dans les peuplements de *tapia*. Il indique qu'il n'existe pas de corrélation significative entre ces deux variables pour les deux espèces exotiques, que sont *P. kesiya* et *E. robusta*.

L'analyse des relations entre l'abondance de la régénération et le taux d'ouverture du couvert pour les trois essences étudiées n'a révélé aucune corrélation significative (*p* > 0,05).

Tableau 13.6. Comparaison entre le nombre de semis d'espèces exotiques par placette dans les peuplements exotiques et dans les peuplements de *tapia*. Les données sont basées sur des relevés effectués sur 47 placettes au sein de sites «eucalyptus-tapia» et 56 placettes au sein de sites «pin-tapia» à Arivonimamo. La surface d'une placette est de 1 are. Le semis ou régénération regroupe tous les individus ligneux ayant une hauteur inférieure à 2 m.

	Nombre de semis d'espèces exotiques par placette dans peuplement exotique	Nombre de semis d'espèces exotiques par placette dans peuplement de <i>tapia</i>	Coefficient de corrélation r (p valeur)
Sites «eucalyptus-tapia»			
1	5	0	
2	0	0	
3	3	3	
4	89	15	
5	6	12	0,56 (p>0,05)
6	15	0	
7	2	0	
8	7	3	
9	9	8	
Sites «pin-tapia»			
1	3	0	
2	6	0	
3	21	26	
4	0	7	
5	3	331	
6	25	75	-0,05 (p>0,05)
7	0	71	
8	0	36	
9	7	59	
10	0	84	
11	0	63	

13.4. DISCUSSION

Le nombre de sites d'étude a été influencé par la configuration du paysage boisé d'Arivonimamo, caractérisée par des formations fragmentées (Rakotondrasoa, 2012). Il aurait sans aucun doute été intéressant de prendre des mesures sur un plus grand nombre de sites ; l'idéal aurait été de réaliser quatre transects par site d'étude (un dans chaque direction cardinale), mais ceci était impossible puisque la plupart des peuplements exotiques n'étaient pas entièrement entourés de peuplements du *tapia*. Néanmoins, les données collectées nous ont permis de vérifier les hypothèses de travail.

L'altitude étant relativement constante entre les sites, il a été difficile de mettre en évidence un quelconque effet de cette variable sur la régénération des essences indigènes et exotiques. Remarquons que les altitudes rencontrées dans la zone d'étude correspondent aux exigences écologiques de *U. bojeri* (Gade, 1985), ainsi qu'à celles de *P. kesiya* et *E. robusta* qui présentent une haute capacité d'adaptation à différentes conditions bioclimatiques (Chaix et al., 2001). En effet, les eucalyptus et les pins peuvent être même plantés dans des formations herbeuses qui sont en abondance sur les Hautes Terres malgaches (Trouve et al., 1996). Par ailleurs, le

fait que tous les sites d'étude présentent une valeur de pente relativement similaire traduit une certaine logique écologique dans l'occupation du paysage. En effet, dans la zone d'étude, les plateaux sont généralement le lieu privilégié d'installation de cultures diverses, tandis que les fonds de vallées sont couverts de rizières (Rakotondrasoa, 2012). Les forêts se localisent sur les versants.

Les nombres de tiges par hectare dans les peuplements exotiques paraissent relativement élevés comparés à celui de *tapia*. Cette situation pourrait être expliquée par le fait qu'il s'agit de reboisements : les paysans tentent de maximiser la production malgré la surface réduite des parcelles de reboisement (Rakotondrasoa, 2012). Ces plantations ont pour vocation de remplacer le bois de *tapia* dans leur rôle de production de bois d'énergie (Carrière et al., 2007 ; Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8). En outre, la densité de tiges (hauteur totale > 2 m) de *tapia* observée dans cette étude est relativement élevée comparée à celle trouvée par Rakotoniaina (2010) dans la même zone d'étude, à savoir 660 pieds/ha pour la forêt dense et 555 pieds/ha pour la forêt moyennement dense, et par Rakotondrasoa et al. (2013, chapitre 12) qui ont observé 941 pieds/ha pour la forêt dense et 597 pieds/ha pour la forêt claire. Cette densité élevée pourrait être liée au nombre relativement limité de parcelles dans notre dispositif ; alternativement, cette différence de densité entre études pourrait également s'expliquer par la manière de comptabiliser les arbres polycaules.

Les différences de circonférences moyennes constatées entre les essences exotiques traduisent probablement les différences d'usages de ces deux espèces. En effet, ces chiffres suggèrent que le diamètre d'exploitation de *P. kesiya* soit plus élevé que celui d'*E. robusta*. Cette dernière essence est principalement utilisé comme bois de chauffage dans la zone d'étude (Chaix et al., 1998), ce qui se traduit par un terme d'exploitabilité plutôt faible (Bertrand, 1999). Les arbres seraient donc coupés plus précocement que les tiges de *P. kesiya*. Cette dernière essence est principalement utilisée comme bois de construction, ce qui implique une dimension d'exploitabilité plus élevée (Rasolomanana, 1995). Ces différences d'usage pourraient largement conditionner le potentiel de régénération de ces deux essences. En effet, si les tiges d'*E. robusta* sont exploitées très jeunes, ils n'auront pas encore atteint leur maturité sexuelle (Poore et al., 1986) au moment de l'exploitation, entraînant une régénération moins abondante que celle de *P. kesiya*, dont la sylviculture engendrera l'atteinte de la maturité sexuelle. Une autre explication possible aux différences de circonférences moyennes constatées entre ces deux espèces pourrait être liée à la taille relativement faible de l'échantillon.

Quant à la hauteur dominante des peuplements, le fait que celle des peuplements de pin soit plus importante que celle des peuplements de *tapia* pourrait s'avérer problématique pour la pérennité de cet écosystème endémique. En effet, *U. bojeri* est une essence héliophile (Kull et al., 2005 ; Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8). Le fait que les pins atteignent des hauteurs dominantes plus élevées pourrait diminuer la quantité de lumière disponible dans les peuplements de *tapia*, entravant leur croissance et le développement de leur régénération.

E. robusta présente une densité de régénération relativement inférieure à celle d'*U. bojeri* au sein du peuplement de *tapia* ; ce qui n'est pas le cas de *P. kesiya*. Ce dernier ne présente pas de différence significative comparé à l'*U. bojeri* en terme d'abondance de régénération dans la forêt d'Arivonimamo. L'hypothèse 1, qui stipule que les densités de semis d'*E. robusta* et de *P. kesiya* sont supérieures ou égales à celle d'*U. bojeri* au sein du peuplement *tapia*, est donc acceptée partiellement. Autrement dit, il y a invasion de pin dans le peuplement de *tapia*. Par ailleurs, le fait que plus de 50 % des placettes situées dans les peuplements de

tapia contiennent des semis d'espèces exotiques est inquiétant quant au pouvoir invasif de ces espèces. Une espèce est qualifiée d'« invasive » s'il s'agit d'une espèce naturalisée qui se reproduit souvent en grand nombre et qui peut se répandre sur une aire considérable, causant des dommages aux espèces autochtones (Emerton et al., 2008).

Quant à l'hypothèse 2 (il existe une relation entre la densité de semis de *tapia* et la densité de semis des essences exotiques au sein des peuplements de *tapia*), les tests effectués ont mis en évidence des corrélations négatives et significatives entre le nombre de semis de *tapia* observés dans une placette, et les semis des espèces exotiques observés au même endroit. Ce résultat pourrait sans doute s'expliquer de différentes manières. D'une part, si la régénération de *tapia* est abondante sur une placette, on peut supposer que ces jeunes végétations de *tapia* forment une sorte de barrière difficilement franchissable pour les graines des essences exotiques. Une autre explication serait la compétition exercée par les semis de *tapia* sur les semis d'essences exotiques. D'un autre côté, ces corrélations négatives peuvent aussi suggérer que l'espace non occupé par les semis de l'espèce endémique peut être colonisé par les semis des essences exotiques ; à ce titre, tout facteur conduisant à réduire le potentiel de régénération de *tapia* tel que le pâturage ou le piétinement lors des collectes des fruits et des cocons de ver à soie, devrait être étroitement contrôlé. Enfin, il n'est pas exclu que ces corrélations négatives soient le résultat d'une compétitivité supérieure des semis des essences exotiques, ces derniers remplaçant alors les semis préétablis de l'essence indigène. Des expériences axées plus précisément sur cette compétition inter-semis dans des conditions plus contrôlées sont pour cette raison recommandées afin de mettre en évidence ces mécanismes.

Les valeurs du taux d'ouverture du couvert dans les peuplements de *tapia* nous confirment que ces peuplements sont relativement ouverts. Le fait que ces valeurs varient assez fortement d'un site à un autre, mais également au sein d'un même site, confirme qu'il s'agit d'une formation végétale de type « claire » où les arbres se retrouvent régulièrement en petits bosquets (Vignal, 1963 ; Rakoto-Ramiarantsoa, 1995 ; Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8). Ce constat rejoint de précédentes observations concernant les formations de *tapia* en la décrivant comme « fragmentée » (Rajoelison et al., 2009 ; Rakotondrasoa, 2012). Aucune relation statistiquement significative entre le taux de couverture et la densité de régénération des trois espèces étudiées n'a été observée. L'hypothèse 3 est par conséquent rejetée. Cette situation aurait pu être causée, pour *P. kesiya*, par les soins sylvicoles que l'on y pratique, notamment le nettoiement qui consiste à éliminer les arbres concurrents y compris la régénération. Pour le cas du *tapia*, la régénération est piétinée par les populations lors des collectes des produits forestiers non-ligneux tels que les fruits et les cocons de *Borocera cajani* (Rakotondrasoa et al., 2012, chapitre 8 ; Razafimanantsoa et al., 2013, chapitre 2). En outre, les coupes précoces des eucalyptus conduisent au faible développement de leur régénération. Par ailleurs, il existe d'autres facteurs qui influent le développement de la régénération naturelle des essences, comme les facteurs abiotiques (type de sol, pente).

13.5. CONCLUSIONS

Face à l'importance du bois de *tapia* dans l'économie des ménages de la population d'Arivonimamo, cette étude s'était fixé comme objectif d'analyser la régénération de cet écosystème afin d'avoir un aperçu sur sa pérennité. Trois principales espèces arborées ont été

rencontrées dans l'écosystème en question, à savoir : *U. bojeri*, *E. robusta* et *P. kesiya*. L'étude a consisté à analyser les interrelations de ces trois espèces dans leur développement, notamment leur régénération. De l'analyse est ressortie une variation de la densité de la régénération de *tapia* entre les sites considérés. Il apparaît également que les capacités d'envahissement du bois de *tapia* par *P. kesiya* sont bien plus importantes que celles d'*E. robusta*. Par ailleurs, la régénération de pins au sein de ses propres plantations est plutôt faible, probablement par suite des soins sylvicoles qui y sont pratiqués. En outre, il est ressorti également que le taux d'ouverture du couvert ne présente pas d'influence significative sur la régénération des trois essences. Cette situation est censée résulter en partie des différentes activités anthropiques telles que les collectes des produits forestiers non-ligneux pour le peuplement de *tapia*, le nettoiement pour les formations de pin et la coupe précoce pour les boisements d'eucalyptus.

Remerciements

Cet article est tiré du mémoire de Julien Stein (2011). Nous remercions également toute l'équipe GeVaBo (Gestion et Valorisation durable du ver à soie endémique *Borocera cajani* en milieu forestier dans la région d'Antananarivo) dans lequel s'est insérée l'étude.

13.6. BIBLIOGRAPHIE

- Barale C., 2010. *Madagascar : protection et reboisement de tapia dans la région d'Itasy. Planète Urgence (France)*. www.planete-urgence.org (03.08.2011).
- Bertrand A., 1999. La dynamique séculaire des plantations d'Eucalyptus sur les Hautes Terres malgaches. *Flamboyant*, **49**, 45-48.
- Carrière S.M. & Randriambanona H., 2007. Biodiversité introduite et autochtone : antagonisme ou complémentarité ? Le cas de l'eucalyptus à Madagascar. *Bois For. Trop.*, **292**(2), 5-21.
- Chaix G. & Ramamonjisoa L., 2001. Production de semences pour les reboisements malgaches. *Bois For. Trop.*, **269**, 49-63.
- Chaix G. & Razafimaharo V., 1998. *E. robusta* Smith. *Flamboyant*, **48**, 5-9.
- Emerton L. & Howard G., 2008. *A Toolkit for the Economic Analysis of Invasive Species*. Nairobi: Global Invasive Species Programme.
- Gade D.W., 1985. Savanna Woodland, fire, protein and silk in highland Madagascar. *J. Ethnobiol.*, **5**, 109-122.
- Klein J., 2002. Deforestation in the Madagascar Highlands – Established ‘truth’ and scientific uncertainty. *GeoJournal*, **56**, 191-199.
- Kull A.C., Ratsirarson J. & Randriamboavonjy G., 2005. Les forêts de *tapia* des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, **24**, 22-58
- Poore M.E.D. & Fries C., 1986. *Les effets écologiques des eucalyptus*. Étude FAO 59. Rome : FAO.
- Rajoelison L.G. et al., 2009. *Inventaire de biomasse dans les forêts de tapia. Régions d'Itasy (Miarinarivo) et Amoron'i Mania (Ambatofinandrahana) Madagascar*. Rapport final. Antananarivo : Projet FORECA/REDD.
- Rakotondrasoa O.L., 2012. *Écologie spatiale et dynamique de la forêt de tapia, U. bojeri Baill. (1958), habitat du ver à soie Borocera cajani (Vinson, 1863), dans la zone d'Arivonimamo II-Madagascar*. Thèse de doctorat. Université d'Antananarivo, ESSA, Département des Eaux et Forêts (Madagascar).

- Rakotondrasoa O.L. et al., 2012. La forêt de *tapia*, écosystème endémique de Madagascar : écologie, fonctions, causes de dégradation et de transformation (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(4), p. 541-552.
- Rakotondrasoa O.L. et al., 2013. Identification des indicateurs de dégradation de la forêt de *tapia* (*U. bojeri*) par une analyse sylvicole. *Tropicultura*, **31**(1), 10-19.
- Rakotoniaina N.S., 2010. *Vers une démarche de gestion durable des ressources de la forêt sclérophylle de moyenne altitude d'Arivonimamo II-Madagascar*. Thèse de doctorat. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Rakoto-Ramiarantsoa H., 1995. *Chair de la terre, œil de l'eau : paysanneries et recompositions de campagnes en Imerina (Madagascar)*. Paris : ORSTOM.
- Randrianarisoa A., Raharinaivosoa E. & Kollf H.H., 2008. *Des effets de la gestion forestière par les communautés locales de base à Madagascar : cas d'Arivonimamo et de Merikanjaka dans les hautes terres malgaches*. Workshop on Forest Governance & Decentralization in Africa. Durban, South Africa.
- Rasolomanana B.P.E., 1995. *Effets de la deuxième éclaircie sur P. kesiyadans le périmètre de reboisement de la Fanalamanga*. Mémoire de fin d'étude. Université d'Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Razafimanantsoa T.M. et al., 2013. Silkworm moths inventory in their natural *tapia* forest habitat (Madagascar): diversity, population dynamics and host plants. *Afr. Entomol.*, **21**(1), 137-150.
- Stein J., 2011. *La régénération de Pinus kesiya et d'Eucalyptus robusta met-elle en danger le renouvellement de la forêt de tapia (Uapaca bojeri) à Madagascar ? Cas de la commune d'Arivonimamo II*. Mémoire de Master de bioingénieur en gestion des forêts et des espaces naturels. Université catholique de Louvain, Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale (Belgique).
- Trouve C., Mariotti A., Schwartz D. & Guillet B., 1996. Soil organic carbon dynamics under eucalyptus and pinus planted on savannas in the Congo. *Soil Biol. Biochem.*, **26**(2), 287-295.
- Vignal Z., 1963. Les phénomènes de météorologie dynamique et la disparition des formations forestières malgaches d'altitude. *Bois For. Trop.*, **89**, 31-35.

14 —

Les ressources sauvages comestibles des bois de *tapia* : inventaire des produits connus et consommés par les villageois

Fanny BARSICS, François MALAISSE, Tsiresy M. RAZAFIMANANTSOA,
Éric HAUBRUGE, François J. VERHEGGEN

Les populations des Hautes Terres centrales de Madagascar vivent notamment de ressources abritées par les bois de *tapia* (*Uapaca bojeri*). Parmi celles-ci, des ressources séricigènes servent autant dans les traditions qu'au commerce à la fois local et touristique. Le *landibe* (*Borocera cajani*) est l'espèce principale qui permet cette exploitation. Ses chrysalides sont également comestibles. Cette ressource en déclin de par les pressions qu'elle subit, et celles subies par la forêt, est loin d'être la seule abritée par les *tapia*. Dans ce chapitre, nous dressons une liste de produits sauvages comestibles au moyen d'enquêtes réalisées auprès des villageois, avec pour objectif de souligner l'importance d'actions rapides à entreprendre pour sauvegarder cette biodiversité cruciale dont dépendent les habitants de la régions.

Wild edible resources of *tapia* woods: inventory of products known and eaten by the villagers

The populations inhabiting the Central Highlands of Madagascar live notably from resources sheltered by the *tapia* woods (*Uapaca bojeri*). Among them, silk-producing moths serve traditional practises as well as local and touristic commercial practices. The *landibe* (*Borocera cajani*) is the main species on which the production relies. *Landibe* cocoons are also edible. Unfortunately, this species declines by pressures undergone by the forests and its exploitation. Other resources sheltered by the forest follow the same path. In this chapter, we inventory wild edible products sheltered in *tapia* forests by means of interviews with the villagers. We aim at highlighting the importance of actions to be undertaken rapidly to save the crucial biodiversity on which depend so many inhabitants of the region.

14.1. CONTEXTE

Les insectes font partie des traditions alimentaires des populations en régions tropicales. Dans les régions pauvres, la plupart sont récoltés pour la consommation personnelle ou familiale, alors que d'autres sont fréquemment retrouvés sur les marchés populaires (Malaisse et al., 1997). Ils sont généralement considérés comme appétissants et savoureux (Tommaseo Ponzetta, 2003). Ressource séricigène, le *landibe* (*Borocera cajani* Vinson, Lasiocampidae) est également convoité depuis longtemps pour sa chrysalide comestible (Decary, 1937). Ce dernier auteur réalise d'ailleurs un bilan des insectes et araignées consommés à Madagascar. D'autres relevés plus récents existent. Le **tableau 14.1** rassemble les espèces consommées dans ce pays (Decary, 1937; DeFoliart, 2002). Ces insectes, ou *bibikely*, ne sont pas mangés uniquement par le peuple, ils étaient appréciés par la noblesse et la royauté. Au 19^e siècle, la reine Ranavalona II employait des femmes qu'elle chargeait spécifiquement de lui récolter des

criquets (Camboué, 1886). Mais c'est sans doute la consommation de Lépidoptères qui est la plus répandue. Des chrysalides auraient autrefois été vendues sur les marchés d'Antananarivo, comme celles du Psychidae *Deborrea malagassa* Heylaerts (voir aussi chapitre 7). Les plus grosses espèces sont consommées aux stades larvaire et nymphal et regroupées sous le terme «*fanganabola*». Le *mafina* et le *mania*, des chrysalides d'espèces non identifiées, ainsi que celles du genre *Borocera* auraient été servies préparées à la sauce Béchamel lors d'un repas officiel de la Résidence Française à Antananarivo, en 1994. Certaines chenilles seraient aussi consommées et considérées comme un plat délicat (Decary, 1937).

Tableau 14.1. Insectes consommés à Madagascar (d'après Decary, 1937 et DeFoliart, 2002).

Ordres	Familles	Espèces	Stade consommé
Coléoptères	Carabidae	<i>Scarites</i> sp. <i>Tricholespis</i> sp.	Larve Larve
	Cicindelidae	<i>Proagosternus</i> sp.	Larve
	Curculionidae	<i>Eugnoristus monachus</i> Ol. <i>Rhina</i> sp. <i>Rhynchophorus</i> sp.	Larve Larve -
	Dytiscidae	<i>Cybister hova</i> Fairm.	Adulte
	Lucanidae	<i>Cladognathus serricornis</i> Latr.	Larve
	Passalidae	<i>Palmicolous passalid</i>	Larve
	Nepidae	<i>Nepa</i> sp.	Adulte
Homoptères	Cicadidae	<i>Phremia rubra</i> Signoret	-
	Fulgoridae	<i>Pyrops madagascariensis</i> Fabr.	-
Hyménoptères	Vespidae	-	Larves
Lépidoptères	Lasiocampidae	<i>Borocera madagascariensis</i> Boisduval <i>Borocera</i> sp. <i>Libethra cajani</i> Vinson <i>Rombyx radama</i> Coquillet	Chrysalide Larve Chrysalide Chrysalide
	Psychidae	<i>Deborrea malagassa</i> Heylaerts	Chrysalide
	Saturniidae	<i>Antherina suraka</i> Boisduval <i>Maltagoreea</i> sp.	Larve Chrysalide
	Sphingidae	-	Chrysalide
	-	<i>Coenostegia diegoi</i> (Mab.)	Chrysalide et imago
Odonates	Libellulidae	-	Larve et chrysalide
Orthoptères	Acrididae	<i>Cyrtacanthacris</i> sp. <i>Locusta migratoria capito</i> Saussure <i>Locusta</i> sp. <i>Brachytrupes membranaceus</i> (Drury)	- - Adulte Adulte

Les araignées sont également connues comme aliments chez plusieurs populations dans le monde. Leur consommation est rapportée en Australie centrale, par les aborigènes Walbiri dès 1962 (Meggitt, 1962). Les enfants consomment des mygales en Afrique Centrale (Roulon-Doko, 1998). Meyer-Rochow et Changkija (1997) rapportent la consommation de *Nephila clavata*, ou «*tsiiksen tasula*» et d'*Avansa* sp. par les Ao-Nagas du Nord-Est de l'Inde et dans les territoires voisins du Nyanmar (Thaïlande). D'autres exemples sont retrouvés dans «*Man Eating Bugs*» de Menzel et al. (1998) et «*Strange Foods*» d'Hopkins et al. (1999). À Madagascar, les araignées *Epeira nigra* Vinson et *Nephila madagascariensis* Vinson se mangent frites mais leur consommation serait peu courante (Decary, 1937).

D'autres produits forestiers comestibles plus classiques incluent les fruits, feuilles, fleurs, racines, rhizomes, bulbes, tubercules et tiges. Le dictionnaire des végétaux de Madagascar de Boiteau et al. (1999) contient une liste d'espèces classées par noms vernaculaires, tous dialectes confondus, avec correspondance aux noms scientifiques. Leurs utilisations y sont décrites succinctement, qu'il s'agisse de consommation, de sorcellerie, ou de matières premières pour les activités artisanales. Le travail plus récent d'Allorge (2008) cartographie les espèces végétales dans le pays.

Les champignons représentent souvent une nourriture alternative. Certains sont consommés comme aliments de base, d'autres comme compléments à des plats carnés. Ils sont souvent présents abondamment dans le milieu pendant une période précise de l'année, qui correspond à la saison des pluies dans les régions tropicales. Pendant la saison sèche, leur présence est sporadique et liée à quelques évènements pluvieux exceptionnels. Leur rôle dans l'alimentation globale des populations consommatrices dépend de leur apparition dans l'année agricole, ainsi que de leur composition alimentaire (Parent et al., 1977 ; Malaisse et al., 2007).

L'érosion de la biodiversité est un problème majeur pour Madagascar (Blanc-Pamard et al., 2003), et malgré les importantes ressources agricoles, halieutiques ou minières, plus de 77 % des habitants vivent sous le seuil de pauvreté (Montembault, 2005). Par ailleurs, la prise en charge de l'exploitation de leurs richesses par les pays qui les détiennent, constituerait un excellent moyen de lutte contre la biopiraterie (Raharinirina, 2005). En 1996, la loi GELOSE (Gestion Locale Sécurisée) est considérée comme une réponse possible à la diminution des pressions sur les ressources naturelles. Elle s'applique à tous les produits forestiers confondus, au sein de VOI (communautés locales de gestion) dont le rôle est de mettre en place des pratiques de conservation (Andriamahefazafy, 2005 ; chapitre 21).

Au vu de la diversité d'espèces sauvages potentiellement consommées, et de l'apport quotidien qu'elles peuvent représenter pour les habitants des bois de *tapia*, nous avons réalisé des enquêtes dans les villages proches d'Arivonimamo afin de mieux appréhender leur importance. Nous avons adopté une approche essentiellement comparative avec pour objectifs de définir toutes les ressources sauvages comestibles des bois de *tapia* et des zones alentours, avec une attention particulière sur le *landibe*.

14.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

14.2.1. Réalisation des enquêtes

Les enquêtes se sont étalées durant les mois d'avril et mai 2010. Nous avons laissé le temps le plus court possible entre les séances afin d'interroger tous les villageois sans qu'ils ne préparent leurs réponses en réaction aux témoignages d'autres personnes déjà interrogées.

Nous avons interrogé 31 personnes dans la région d'Arivonimamo (Amby, Vatolaivy et d'Ankalalahana), et recueilli leur nom, leur âge, leur lieu de résidence et depuis combien de temps ils y habitaient, leur statut social, le nombre d'enfants dont était composé leur ménage, leur nombre de frères et sœurs, leur profession, le nom de leur *fokontany* et de leur VOI. Ces informations permettaient d'une part de faire connaissance, d'autre part de figer le contexte d'enquête. Elles constituent des indices à l'interprétation des réponses. Les entretiens ont presque toujours eu lieu au domicile des personnes interrogées. Ankalalahana était plus proche de la route nationale et les villageois y semblaient plus occupés et plus absents qu'ailleurs.

Nous tenions à retourner au centre du *fokontany* de Vatolaivy pour y recueillir les témoignages des personnes ayant collaboré lors des inventaires nocturnes de Lépidoptères (voir aussi chapitre 6). Nous avons réalisé ces enquêtes et leurs interprétations en toute connaissance des travaux de Fauroux (2002) concernant le fonctionnement des sociétés rurales de l'ouest malgache.

14.2.2. Questionnaire employé lors des enquêtes

Au cours des enquêtes, une suite de questions ouvertes a été reprise identiquement pour chaque villageois.

En premier lieu, nous leur demandions de nous parler des produits qu'ils récoltaient dans les bois de *tapia* pour leur alimentation. Cette question était ensuite répétée en remplaçant le mot «produits» par «champignons, plantes, insectes et araignées», afin de suggérer des réponses omises auparavant.

En second lieu, nous leur demandions des détails sur chaque produit, à savoir leurs périodes et lieux de récolte, les personnes chargées de celle-ci, celles qui les consommaient, les raisons liées à cette consommation, la préparation dont ils faisaient l'objet, la quantité consommée et la fréquence de consommation et enfin l'existence de pratiques commerciales les concernant.

Au vu de son statut séricigène potentiellement intéressant, une question orientée sur le Psychidae *Deborrea malagassa*, ou *fanganabola* était également posée par la suite, avec la même recherche de détails que dans les autres cas (voir chapitre 7).

Nous terminions les interviews en abordant le *landibe* si cela n'avait pas encore été fait spontanément. Nous demandions si la consommation avait lieu tous les ans, et en cas de non-consommation, quelles étaient, selon le villageois interrogé, les causes de la baisse de consommation.

Les noms de ressources mentionnés par les villageois prennent le statut d'ethnoespèces. Un nombre d'ethnoespèces ne correspond pas toujours au nombre réel d'espèces définies *sensu stricto*. Il s'agit de catégories dans lesquelles les villageois classent leurs ressources. On peut retrouver plusieurs espèces scientifiques sous une ethnoespèce. Inversement, on peut retrouver plusieurs noms d'ethnoespèces associés à une seule et même espèce scientifique.

Des visites de marchés locaux ont été réalisées pour obtenir de plus amples informations sur les produits inventoriés. Relevons par ailleurs que dans notre région d'étude, la période de soudure débute en septembre, lorsque les réserves de riz de la récolte d'hiver sont presque épuisées. Cela permet d'identifier les aliments cruciaux dont les périodes de récoltes se juxtaposent au mois où la nutrition est difficile.

14.3. RÉSULTATS

14.3.1. Déroulement des enquêtes

La confiance a régné au cours de nombreuses enquêtes. Le degré de confiance accordé à notre équipe dépendait surtout de la fréquence d'échanges que nous avions éventuellement déjà eus avec les personnes interrogées. Nous sommes restés très vigilants malgré nos impressions de confort dans la conversation. Pour interpréter les réponses, nous les avons analysées dans

leur contexte, afin de distinguer la peur de donner une mauvaise réponse, la non-connaissance, ou encore le désir de garder la réponse pour soi. Quelques villageois ont montré leur gêne ; les informations les moins approfondies et les moins sûres proviennent également de ces personnes. Hormis quelques situations hasardeuses, nous avons eu de très bons contacts avec les villageois, souvent généreux dans leurs propos. D'autres n'ont accepté de répondre à nos questions que dans l'espérance de se voir offrir de l'argent. Souvent les réponses semblaient non personnelles et plutôt issues de pratiques familiales ou collectives. Les données quantitatives (quantités consommées, fréquence) contiennent une marge de variabilité due à ce type de réaction chez la personne interrogée. En conséquence, les statistiques descriptives pures sur des données d'enquêtes peuvent mener à des conclusions erronées. Pour rendre compte de l'importance d'une ressource ou d'un fait, nous mentionnerons ci-dessous le nombre de personnes sur les 31 interrogées l'ayant abordé. Ce chiffre (présenté sous la forme X/31) est indicatif et non purement quantitatif (biais issus du caractère impersonnel souvent rencontré), d'autant que nous avons insisté sur une zone d'étude et non pas l'entièreté des bois de *tapia* de la région d'Itasy. En termes quantitatifs cependant, nous avons noté les mesures énoncées ci-après. La *kapoaka* est une boîte de conserve vide de 25 cl utilisée pour mesurer des quantités de denrées surtout sur le marché. Le *sobika* est un panier tissé de taille variable. Les petits, moyens et grands *sobika* ont des volumes respectifs de 10 l, 20 l et 30 l environ. La monnaie malgache à l'époque de l'enquête était l'Ariary (MGA), avec un taux de change de 2823 MGA pour 1 €¹. À ce jour, 70 % des adultes malgaches vivent avec un revenu de moins de 1 € par jour².

14.3.2. Les denrées comestibles

- *Lépidoptères*

Sarohy et bokana

Les larves de stade pré-nymphal de deux Saturniidae sont consommées. Il s'agit du *sarohy* (pour 19 personnes sur 31 (19/31) – **Figure 14.1**, voir cahier couleur), et du *bokana* (28/31) correspondant aux espèces *Bunaea aslauga* (Kirby, 1877) et *Maltagorea fusicolor* (Mabille, 1879). Le *sarohy* présente des picots de couleur jaune qui inspirent des craintes chez certains villageois. D'autres déclarent avoir des problèmes digestifs à cause de la dureté de la peau de la chenille, voire des allergies dans de rares cas. Cependant, plus de la moitié des interrogés ont déclaré consommer la chenille. Le *sarohy* se récolte sur *Uapaca bojeri* (*tapia*) surtout aux mois de mai et juin. Il est parfois disponible dès la mi-avril jusqu'au mois d'août inclus ; plus rarement en septembre. Une seconde récolte est possible en décembre, janvier et février. Les couleurs voyantes des larves permettent un repérage facile dans les *tapias*. Ceux qui en apprécient la consommation les récoltent en grimpant dans les arbres. Dans les familles nombreuses, les enfants s'en chargent lorsque les adultes sont occupés à d'autres travaux (champs, récolte du riz d'hiver – mai-juin-juillet). Chez les familles avec des enfants en bas âge, la récolte est beaucoup moins fréquente. Les femmes se chargent rarement de la cueillette. Elles ne prévoient pas de récolter le *sarohy*, mais si elles découvrent un groupe de chenilles, elles les utilisent au prochain repas. Plus rarement encore, les hommes en récoltent aussi. Le *tapia* serait la plante hôte principale de ces chenilles, qui ne doivent pas être consommées

¹ <http://bourse.capital.fr/devises/>

² <http://www.spf63.org>

lorsque trouvées sur la *kavodiana* (*Agarista sericifolia*, Ericaceae) (Boiteau et al., 1999). Cette plante qui peut agrémenter le rhum local est un poison lorsqu'elle est consommée à trop forte dose. Le *bokana* est récolté pendant les mêmes mois que le *sarohy* (mai, juin et juillet, et rarement au mois d'août). Peu d'habitants évoquent d'autres périodes de récolte ; trois d'entre eux ont mentionné les mois de septembre et d'octobre. Selon les dires des villageois, le *bokana* serait récolté au pied des *tapias*, lorsqu'il retourne en terre pour la nymphose. La récolte est assurée par les mêmes personnes et pour les mêmes raisons.

Les chenilles accompagnent le riz ; leur consommation résulte de pratiques ancestrales. Elles ont bon goût, seraient riches et énergétiques. Plusieurs types de préparation existent. On procède toujours au vidage du tube digestif de la larve en pressant son corps en longueur, en partant de la tête jusqu'à l'anus, afin d'en extraire les excréments, puis dans l'autre sens pour évacuer les végétaux non digérés. L'opération est rapide et systématique. Par après, bien que semblant mortes, les chenilles bougent encore quelque peu. Trois modes de cuissons existent. La grillade est la plus rapide. La chenille vidée est placée sur le feu pendant cinq minutes avant d'être consommée. Elle peut aussi être cuite dans l'eau bouillante, après avoir été retournée « comme une chaussette » avec un crochet ou un fin morceau de bois, pour en masquer l'aspect un peu effrayant. Après réduction (une demi-heure à une heure), on ajoute un peu d'huile et de sel et le repas est servi. Les larves peuvent également être frites ou sautées directement après leur retournement.

Les modalités de préparation du *bokana* sont identiques à celles du *sarohy*, à la différence que la chenille n'est pas retournée après vidage. Des problèmes digestifs analogues à ceux provoqués par le *sarohy* existent, et les allergies provoquées par la consommation de *bokana* sont plus fréquentes. La chenille ferait aussi l'objet d'un *fady* (un tabou) (2/31). Une histoire raconte qu'il y a longtemps, pendant les feux de brousse, un homme aurait trouvé des *bokana* en train de griller dans les flammes. Il aurait mangé une chenille et trouvé la mort peu après. On aurait blâmé les *bokana*. L'interdiction résultante d'en manger aurait été adoptée plus sévèrement par les nobles qui en étaient très friands. Cette légende pourrait expliquer la non-consommation de beaucoup de personnes ayant évité d'approfondir les questions sur le sujet. *A contrario*, quelques villageois ont admis espérer que les *bokana* redeviennent plus fréquents, pour pouvoir en consommer plus. En effet, leur abondance aurait diminué tout comme celle des *sarohy*.

Beaucoup de consommateurs ne peuvent estimer leur propre fréquence de consommation ou ne préfèrent partager ce détail avec nous. Elle serait surtout liée à ce qu'ils parviennent à trouver, et varie donc d'une saison à l'autre. Nous avons néanmoins pu récolter quelques chiffres. Certaines familles répartissent la consommation sur la période de disponibilité, en alternant avec les plantes comestibles (cultivées ou pas), alors que d'autres en mangent parfois plusieurs jours de suite (soit jusqu'à 3 *kapaoka* pour 8 personnes pour le *sarohy*), avant d'alterner avec autre chose. Cela représente un peu moins de 100 g de chenilles de *sarohy* par personne et par jour. La plus grande quantité consommée de *bokana* est supérieure, soit 8 *kapaoka* pour 6 personnes par jour. Cette quantité peut être consommée plusieurs jours de suite. La consommation de *bokana* semble donc plus importante que celle du *sarohy*, d'autant que la ressource a été mentionnée par plus de personnes (28 contre 19/31).

Notons qu'au cours des inventaires nocturnes (voir chapitre 6), nous avons observé un nombre bien plus important de *M. fusicolor* (*bokana*), comparativement à *B. aslauga* (*sarohy*), même si cette observation se restreint à une brève période de l'année.

Le *sarohy* est vendu au marché d'Arivonimamo par certains villageois. D'autres n'en récoltent pas, n'en vendent pas mais en achètent occasionnellement. La ressource tendrait à se raréfier depuis quatre ans, avec comme cause potentielle évoquée la présence d'un prédateur, le martin triste (*Acridotheres tristis* [Linnaeus, 1766]). La vente se fait plus rare, mais il y a peu, on pouvait en espérer 300 MGA/*kapaoka*, une bonne source de revenus. Un prix de vente actuel n'a pas pu être établi, mais nous pouvons l'estimer à l'aide de celui du *bokana*. Ce dernier est actuellement vendu au prix de 500 MGA/*kapaoka* au marché d'Arivonimamo. La vente se ferait juste après que la chenille ait été pressée, ce qui doit aussi être le cas du *sarohy* même si personne ne l'a mentionné pendant les enquêtes. Aucune pratique de séchage des chenilles n'a été mentionnée. Elles seraient donc consommées et vendues fraîches. Aussi, nous pouvons estimer le prix de vente maximum actuel du *sarohy* à 400 MGA/*kapaoka*, soit un peu moins que celui du *bokana*.

Enfin, les larves de Psychidae sont parfois administrées grillées aux enfants qui urinent au lit (7/31). Mais ces larves ne font pas l'objet de repas entiers.

Landibe

Le mot *soherina* désigne la chrysalide. La plus populaire est celle du *landibe* (28/31). Les cocons sont disponibles deux fois par an, surtout aux mois de janvier et février et aux mois de mai et juin. Ils sont moins fréquents en décembre et en juillet-août. La récolte fluctue avec l'abondance, selon les années. Le déclin de la ressource affecte la filière du tissage, mais vraisemblablement pas de manière directe l'alimentation. Certaines personnes ont peur de manger des chrysalides et préfèrent se nourrir d'autres aliments disponibles. D'autres les achètent au marché. On ne peut pas considérer cette ressource comme un passage obligé dans les assiettes de tous les villageois.

Les personnes qui l'apprécient continuent de le consommer quand ils le peuvent malgré sa raréfaction. Les cocons sont récoltés par les enfants des familles nombreuses l'apprécient, principalement pendant l'hiver où le travail agricole est intense pour leurs parents. Parfois, la récolte est liée à la découverte fortuite de quelques cocons regroupés. La récolte est parfois assurée par les personnes qui en obtiennent un bon prix au marché.

La digestibilité des *soherina* de *landibe* semble meilleure que celle des *bokana*, et des *sarohy*. Quelques faits d'allergie ont été mentionnés. Elles sont parfois appréciées pour leur goût (2/31). Les chrysalides accompagnent le riz et sont consommées peu après la récolte, parce qu'elles ne se conservent pas aisément.

Leur préparation est assez simple. Pour les plus jeunes chrysalides, les poils urticants de la chenille sont encore coincés dans le cocon, d'où l'importance du nettoyage pour les supprimer. Après avoir été extraite de son cocon et lavée, la chrysalide est incisée au niveau de la tête pour laisser rentrer le sel ultérieurement. La cuisson est réalisée directement après l'incision. La chrysalide peut être frite, mais le plus souvent, elle est mise à mijoter dans l'eau pendant une heure. Après réduction, on ajoute du sel, de l'huile et on laisse revenir un peu avant de servir. Parfois, les chrysalides sont plongées dans l'huile avant la cuisson, pour les ramollir.

Deux petits *sobika* de cocons cueillis permettent d'obtenir cinq *kapaoka* pleines de chrysalides, mais une telle quantité est aujourd'hui peu courante. Un trésorier du VOI nous a confié ne pas en consommer car il y en avait peu dans la forêt. La consommation maximale que nous avons pu obtenir des interviews est d'une *kapaoka* au bout de cinq jours par personne en période d'abondance, contre une *kapaoka* pour six personnes tous les jours en saison

quand les récoltes étaient encore considérées comme abondantes. Ces quantités sont très peu révélatrices puisque similaires. L'interprétation quantitative est donc très délicate. Il faut peut-être comprendre que lorsque les *landibe* étaient abondants, il y avait moyen de partager une *kapaoka* par jour, pour six personnes, alors qu'aujourd'hui on est chanceux de trouver une quantité équivalente à une *kapaoka* en 5 jours de recherche.

Au début des années 2000, la vente de *soherina* de *landibe* pouvait rapporter 700 à 800 MGA/*kapaoka*, à raison de trois *kapaoka* par semaine. Les vendeurs sont à présent beaucoup plus rares. Le prix actuel des *soherina* de *landibe* sur le marché d'Arivonimamo est de 200 MGA/*kapaoka* de chrysalides. La rareté de la denrée en aurait fait un aliment moins recherché, d'une valeur moindre. Aussi, les rares vendeurs espèrent simplement retirer un petit revenu d'un surplus de récolte ayant servi à alimenter leur famille ; ils ne basent probablement pas leur revenu sur ce commerce. Les villageois se sont montrés enthousiastes à l'idée que le *landibe* redevienne aussi abondant qu'auparavant, surtout pour les bénéfices directs impliqués. Un seul villageois a parlé du maintien des traditions liées à l'utilisation de la soie.

Des chrysalides dites de *bokana* ont été couramment mentionnées (12/31). Nous avons pu récolter très peu d'informations les concernant. Leur période de récolte se confond avec celle des *bokana*, ou lui est directement consécutive. Ainsi, il est possible d'en trouver de juin à août, parfois septembre, en balayant la terre au pied des *tapias* pour en enlever une fine couche de débris. Leur préparation est rigoureusement identique à celles des *soherina* de *landibe* leur vente beaucoup moins répandue. L'approche des quantités consommées est impossible avec le peu de données recueillies. De même, la consommation de *soherina* de *sarohy* (2/31) a été évoquée, mais très rarement, avec encore moins d'informations.

Mafina

Enfin, des chrysalides de Limacodidae (**Figure 14.2**, voir cahier couleur) sont également consommées (15/31). Plusieurs noms y réfèrent : *mafina*, *mafokely*, et *fangasika*. Il semble que les trois noms soient accordés à la même ressource. Un quatrième nom s'est même ajouté à la liste : le *miana* qui décrirait les mêmes insectes dans un autre dialecte malgache que le *Merina*. Le mot *fangasika* serait employé préférentiellement pour décrire les chenilles. Les mois les plus couramment cités pour leur récolte sont juillet et août, ainsi qu'octobre, novembre et décembre. Malgré cette saisonnalité marquée, il serait possible d'en récolter toute l'année. Les chrysalides sont logées dans des coques rigides et oblongues, souvent dispersées sur un même pied de *tapia*. L'éclosion se fait par un opercule. Leur préparation est similaire à celle des autres chrysalides, si ce n'est que l'incision n'est pas systématique. Les récolteurs sont surtout des enfants, toujours pour les mêmes raisons, ou alors des vendeurs. La cueillette peut être fortuite et le repas est alors modifié en fonction des trouvailles. Allergies et problèmes de digestion sont à nouveau rencontrés, mais le goût de ces chrysalides serait plus plaisant que celui des chrysalides de *landibe*. Les causes de consommation restent les mêmes : l'accompagnement du riz et la comestibilité. Apparemment, l'abondance de cette ressource s'est affaiblie depuis quelques années, au même titre que celle du *landibe*. Le martin triste est blâmé pour cette disparition qui serait déjà ressentie depuis 1998. La quantité maximale consommée est de trois *kapaoka* pour huit personnes par jour en saison. La vente est plus rare que pour toutes les autres ressources décrites jusqu'à maintenant. Elle a lieu au marché d'Arivonimamo, et à l'époque où elle était encore courante, on pouvait obtenir jusqu'à 300 MGA/*kapaoka* pour des *mafina*. Ces chrysalides étaient et sont toujours considérées comme une source de revenu importante.

Le **tableau 14.2** synthétise les caractéristiques des Lépidoptères consommés évoqués ci-dessus.

Tableau 14.2. Synthèse des données relatives aux Lépidoptères consommés dans la région d'étude. I-XII : mois de l'année civile ; NM : non mentionné ; - : information manquante.

Vernaculaire	Dénominations des ressources Scientifique	Fréquence de citation (/31)	Récolte			Consommation Allergies		
			Fréquente	Possible	(mois)			
			Tendances observées dans le milieu					
Chenilles								
Sarohy	Saturniidae <i>Bunaea aslauga</i> (Kirby)	19/31	V-VI-VII	mi-IV à IX	↓	possible		
			XII-I-II	XII-I-II				
Bokana	Saturniidae <i>Maltagorea fusicolor</i> (Mabille)	28/31	V-VI-VII	V à VIII	↓	possible		
			-	IX-X				
Chrysalides								
Soherina de landibe	Lasiocampidae <i>Borocera cajani</i> (Vinson) <i>Borocera</i> spp.	28/31	V-VI	V-VI-VII-VIII	↓↓	possible		
				IX-X-XI				
			I-II	XII-I-II				
Soherina de bokana	Saturniidae Autres espèces dans d'autres familles	12/31	VI-VII-VIII	VI-VII-VIII-IX	-	NM		
Soherina de sarohy	Saturniidae <i>Bunaea aslauga</i> (Kirby)	2/31			-			
Mafina	Limacodidae plusieurs espèces	15/31	VII-VIII	toute l'année	↓↓↓↓↓	possible		
Mafokely			X-XI-XII					
Miana								
Fangasika (nom de la larve)								

• *Autres insectes*

Les pratiques de ventes sont inexistantes pour ces insectes plus rarement consommés.

Orthoptères : les *valala* identifiés comme *Locusta migratoria capito* Sauss. par Decary (1937), sont consommés, mais la pratique est bien moins courante qu'avant. Aujourd'hui, les pesticides de lutte contre les invasions en ont réduit les populations, ce qui en fait un aliment très rare et moins sain (fréquence de citation : 6/31). Ils sont difficiles à attraper et disponibles en janvier et février, plus rarement en décembre et mars. D'autres espèces de sauterelles et de criquets, plus petites, seraient consommées. Leur disponibilité pourrait bien s'étendre à l'année complète. Les enfants les mangent grillés. Du temps de leur abondance, on leur coupait les ailes avant de les faire frire ou de les faire réduire dans l'eau bouillante, et d'y ajouter de l'huile et du sel.

Coléoptères terrestres : le *voangory* (6/31) serait un Melolonthidae du genre *Tricholepsis* selon Decary (1937). On le trouve d'octobre à décembre, et son abondance est liée à la présence de la pluie. Il est récolté par les personnes qui aiment les consommer et quelques enfants qui les mangent grillés. Plus petit, le *voanosy* (2/31) est considéré comme un petit *voangory*. Les lieux de récolte doivent être variés, car ils n'ont pas été précisés. C'est la qualité de la collecte qui détermine la part prise dans l'assiette. En saison d'abondance, l'insecte peut accompagner le riz plusieurs jours de suite, à raison d'une demi-*kapaoka* par jour. Les modes de préparation sont les mêmes que pour les autres insectes déjà cités. Quand ils ne sont pas grillés, leurs ailes sont enlevées avant la cuisson.

Coléoptères aquatiques (tous consommés frits avec le poisson) : le *voangorinana* (2/31) semble proche du *voangory*. Cependant, il est trouvé pendant toute l'année dans les rivières et récolté en même temps que les petits poissons des rizières. Le *fangorinana* (2/31) est récolté dans les rizières aux mois d'avril et mai, avec le poisson, mais est moins croquant. Il peut infliger des piqûres. Certains le considèrent comme un stade larvaire du *voangorinana*. Enfin, le *tsikovoka* (3/31), pourrait être le Dytiscidae *Cybister hova* proposé par Decary (1937). Il est peu abondant et donc très peu consommé.

Odonates : sous les noms d'*ondrindrano* ou de *tsindretra* (7/31). À la différence des *fangorinana*, ils ne piquent pas. Les habitants savent qu'il s'agit des larves de libellules, ou *angidina*, visiblement omniprésentes dans le paysage environnant. Elles sont trouvées toute l'année avec les poissons pendant la pêche dans les rizières ou les rivières ; leurs pattes sont enlevées avant la cuisson. On peut en manger 5 à 10 par jour durant les sessions de pêche associées à la récolte du riz d'hiver (avril et mai).

• *Les Arachnides*

Nommée principalement *akalabe* (23/31) dans cette région de Madagascar, l'araignée *Nephila madagascariensis* Vinson (Figure 14.3, voir cahier couleur) déploie ses toiles entre les houppiers ou la « jette par-dessus les fossés » comme l'indique son nom plus rare « mampitahady » (Decary, 1937). Les mots *akalabe* et *halabe* symboliseraient la même araignée, mais le second terme a surtout été employé par les habitants du *fokontany* de Vatolaivy, plus reculé dans les terres. Elle s'installe parfois entre les habitations ; nous l'avons observée non loin d'une ruche. Elle pourrait également s'installer dans des zones fortement anthropogéniques et est abondante dans les villes (Rosenthal et al., 2010). Nous y avons observé des aggrégats denses autour de poteaux électriques, jusqu'à une centaine d'individus. Dans les bois de *tapia*, ce sont les enfants qui en consomment, principalement les jeunes garçons, lorsqu'ils en trouvent dans la forêt en conduisant les zébus sur les terres de pâture. Mais quelques adultes en consomment également, en faible quantité, parce qu'il y en a peu. Une sage-femme nous a confié sa consommation régulière. Elle évite de le dire aux villageois, parce que c'est énergétique et qu'il y en a trop peu pour nourrir fréquemment tout le monde. L'araignée serait un fortifiant énergétique, ou *tambavy*, qui permettrait de guérir des enfants malades en administrant sept *akalabe* grillées. Observable toute l'année, l'*akalabe* est facilement repérable de par sa position centrale dans la toile. On l'attrape à l'aide d'une longue branche, une tige de bambou d'une longueur de quelques mètres. Elle entre en thanatose, ce qui permet de l'immobiliser en regroupant les quatre pattes antérieures et postérieures ensemble. Elle est alors jetée au feu et grille rapidement. Dans d'autres cas, on lui enlève les pattes une par une avant de la griller ou de la frire. C'est la solution préférée par

les adultes. Parfois, les crochets sont coupés pour réduire les moyens de défense de l'araignée. Les araignées ne sont pas commercialisées. Par contre, leur soie enroulée autour d'un bâton constitue un excellent moyen d'attraper des insectes nuisibles. Elles peuvent être déplacées à proximité des cultures légumières, où elles développent de nouvelles toiles et limitent les attaques de parasites volants.

Leur soie jaunâtre a fait l'objet de tentatives d'utilisation industrielle. Des fils ont été collectés durant la Seconde Guerre Mondiale dans le but de produire des parachutes. Des chemises ont été confectionnées pour se protéger contre les piqûres de moustiques. Un tapis vendu pour un demi-million de dollars à l'American Museum of Natural History de New-York a nécessité quatre années de confection (Rosenthal et al., 2010). Cependant, l'utilisation de cette soie ne semble pas directement profitable aux villageois : pour produire une livre de soie, 22 000 araignées seraient nécessaires (de Parville, 1990).

Le mot *akalabe* se réfère aussi à une araignée contenant une substance cicatrisante utilisée pour la circoncision. Grillée et réduite en poudre, elle peut être appliquée sur des coups douloureux pour apaiser la blessure. Cette araignée serait trouvée sous les pierres et prendrait aussi le nom d'*akalamita*. Il s'agirait donc d'une autre espèce.

• *Les champignons*

Le mot *(h)olatra* fait référence aux champignons des Hautes Terres de Madagascar. Le préfixe «*(h)ola*», suivi d'un tiret et d'un second mot décrivent les différents champignons. Les bois de *tapia* en hébergent au moins 25 ethnoespèces (31/31), et toutes récoltables en saison des pluies. Certains ont besoin de pluie durant quelques jours consécutifs, d'autres d'une seule pluie intense. Ils sont récoltables en décembre, janvier et février, les mois les plus chauds et humides ou en hiver, après de rares épisodes pluvieux. Les femmes et les enfants les récoltent, rarement les hommes. Un dicton malgache dit «faire n'importe quoi comme un homme qui récolte des champignons» («*Manala andro tahakan ny lehilahy maka olatra*»), ce qui n'empêche pas certains d'entre eux de les récolter car tous en mangent et en apprécient le goût. Leur consommation en excès peut provoquer des gênes digestives. Quand les réserves de riz sont presque épuisées, la saison des pluies approche et les champignons émergent. Ils permettent de tenir jusqu'à la prochaine récolte de riz.

Leur préparation débute par un nettoyage manuel pour éliminer le gros des débris (racines, mottes de terre, etc.). Plusieurs nettoyages à l'eau permettent de supprimer les moindres grains de sable et de terre logés entre les lamelles ou les tubes. Les plus grands champignons sont coupés avant la cuisson à l'eau bouillante, qui peut durer deux heures. On les fait alors revenir dans de l'huile et du sel. Ils peuvent être agrémentés d'arachide ou de haricots.

Le surplus de récolte peut être vendu à un très bon prix, ou bien être séché. Certains villageois n'en pratiquent que le commerce et n'en consomment pour ainsi dire jamais, mais ces cas semblent rares. Au contraire des jeunes familles, les familles nombreuses peuvent en manger matin, midi et soir, car beaucoup de récolteurs travaillent. Chacun semble connaître un coin particulier de la forêt où se trouvent les différentes espèces mangées. La quantité maximale consommée est de 1,5 kg par jour pour sept personnes, en faisant l'hypothèse de trois repas quotidiens de champignons. Les sites de vente sont très variés, et plus intéressants entre Arivonimamo et Antananarivo (Ampitatafika, Fenoarivo, Merintsitosika et Anosizato). Les étrangers recherchent parfois les champignons et sont prêts à payer plus cher que les

autochtones. Une bonne stratégie de vente consiste à cueillir pendant une journée entière, puis à vendre l'intégralité des récoltes (**Figure 14.4**). Au marché de Fenoarivo, une assiette pleine peut se vendre 500 MGA. Elles sont vendues par trois pour 1000 MGA. En une journée de vente les villageois peuvent gagner 10000 à 13000 MGA. À Arivonimamo, les recettes atteignent seulement 200 à 300 MGA l'assiette.



Figure 14.4. Panier d'Olatra, champignons des Hautes Terres de Madagascar vendus sur le marché d'Arivonimamo. © Barsics F.

Les champignons mentionnés par les villageois sont repris ci-après et classés selon la priorité d'évoquation, pareillement à Malaisse et al. (2007) : *ola-jakai* (ou *-menakely*, ou *-mavokely*; *Russula* sp.), *ola-tapia* (*Russula* sp.), *ola-patsa* (ou *-pako*, ou *-dratsana*; *Clavaria* sp.), *ola-bato* (*Russula* sp.), *ola-katikena*, *ola-karavola*, *ola-manga*, *ola-janakomby*, *ola-kibobo*, *ola-kaferokena*, *ola-dronono*, *ola-katsikana*, *ola-bozaka*, *olatr'ondry* (ou *-pafenty*), *ola-kitsikitsika*, *ola-daboka*, *ola-mena*, *ola-torondro*, *ola-mangidivoa*, et enfin *ola-bomanga*.

• *Les fruits*

Les fruits de *tapia*, les « *voa-tapia* » (*voa* : le fruit), sont les fruits les plus cueillis (26/31). Ils seraient également connus sous le nom de *voapaka* (Allorge, 2008), ou encore *voan'tapia* (Kull, 2003). Ce sont des drupes jaunes ou vertes, oblongues et d'un diamètre de 20 à 30 mm. Ils sont mûrs et adoptent une couleur brunâtre dès le mois d'octobre jusqu'au mois de décembre (**Figure 14.5**). La littérature corrobore ces données saisonnières (Lisan, 2013). Les *goavy* (goyaves, fruit de *Psidium guajava* Radeli, Myrtaceae), sont mûres dès le mois d'avril et jusqu'au mois de juin (22/31). Il en existe plusieurs variétés selon la taille et la couleur de la chair du fruit. Le *rotra* (fruit de *Eugenia emirnense* Baker, Myrtaceae) est quant à lui disponible en janvier février et mars, période où les drupes prennent une teinte violacée (16/31). Ces deux arbres poussent à proximité des villages, pas au sein même de la forêt. Les goyaves sont parfois préparées en jus ou en confiture et le *rotra* en vin ; il suffit d'ajouter de l'eau tiède et beaucoup de sucre à 1 kg de fruits bien mûrs et de laisser macérer 36 h. Le *voa-tapia* est parfois préparé en rhum, le « *toaka-gasy* » (déjà rapporté par Cabanis et al., 1970). Mais en général, les fruits sont mangés crus. Tout le monde en récolte et tout le monde en mange, surtout les enfants. En saison, ces derniers peuvent manger une dizaine de goyaves par jour. Il est, par contre, difficile d'estimer la consommation en *rotra*. Les fruits de *tapia* sont récoltés sur le sol. Il est interdit d'en récolter sur les arbres, du moins dans le VOI du

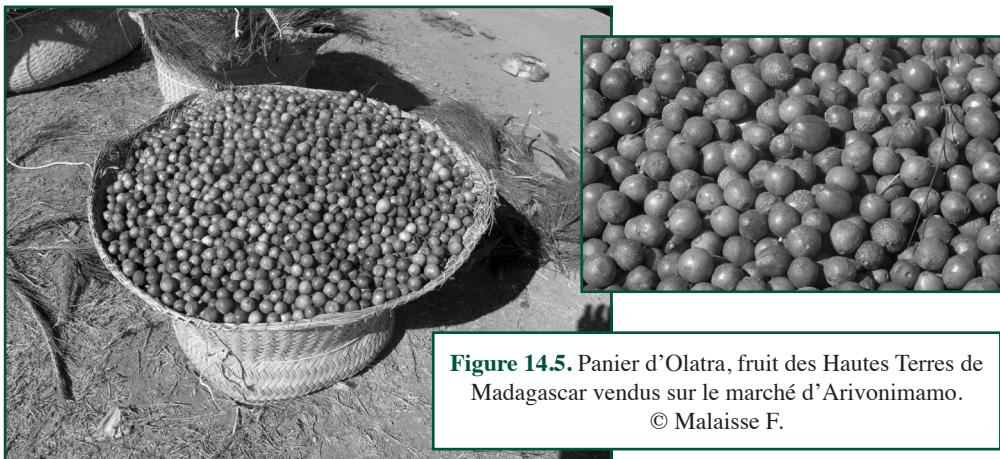


Figure 14.5. Panier d’Olatra, fruit des Hautes Terres de Madagascar vendus sur le marché d’Arivonimamo.

© Malaisse F.

fokontany d’Amby, ce qui corrobore le *fady* rapporté par Kull (2003). La récolte peut atteindre un demi *sobika* moyen par jour et par personne. Ils doivent d’abord être lavés avant d’être mangés. Il n’est pas recommandé d’en consommer à jeun ou en trop grande quantité, car ils provoqueraient des brûlures d’estomac. Dans le VOI d’Amby, chaque famille qui cueille des fruits de *tapia* doit verser une cotisation de 200 MGA au VOI par saison de récolte, aussi bien pour les vendre que pour les consommer. Les étrangers n’ont pas le droit d’en cueillir. Des vols par des villageois habitant hors du territoire du VOI ont déjà été constatés. En revanche, n’importe qui peut cueillir des goyaves ou des *rotra*. Ces derniers ne font l’objet d’aucune forme d’interdiction et sont surtout consommés pour leur goût sucré.

Malgré la cotisation versée au VOI, les villageois considèrent généralement que les fruits de *tapia* constituent une source de revenu appréciable, surtout compte tenu de la période à laquelle ils sont vendus. Pendant ces mois difficiles, ils constituent une aide estimable. Un *sobika* moyen peut se vendre jusqu’à 3 000 MGA. Dans le *fokontany* de Vatolaivy, un collecteur vient chaque année acheter une grande quantité de fruits de *tapia* pour les revendre au marché d’Anosibe, où ils sont redirigés vers les côtes de Madagascar. Il peut ainsi donner jusqu’à une somme de 500 000 MGA à l’équipe de récolteurs. Certaines personnes ne font que vendre les fruits, sans même les consommer. Les goyaves peuvent se vendre au même prix que les fruits de *tapia*. Le *rotra* se vend moins bien que les deux autres fruits, mais nous n’avons pas pu obtenir d’estimation de son prix.

Une personne adulte peut consommer jusqu’à huit *kapaoka* de *voa-tapia* par jour, pour autant qu’elle n’ait pas de problèmes de digestion. Pour les deux autres fruits, la quantité d’un petit *sobika* par jour est courante. Un surplus est très souvent récolté et est alors vendu.

D’autres fruits plus rares, des baies, sont mangés par les personnes qui travaillent aux champs ou qui passent dans la forêt. Les enfants semblent en profiter beaucoup. Ces fruits peu abondants ne sont pas vendus sauf à de rares exceptions. Le *voafotsy* (*voa* : fruit, et *fotsy* : blanc) est mûr aux mois d’octobre, novembre et décembre (12/31). C’est le fruit d’*Aphloia theiformis* (Vahl.) Benn (Flacourtiaceae), dont les feuilles sont aussi utilisées comme infusion. Le *voa-rohy* est récoltable en janvier et février, en octobre et novembre. C’est le fruit de l’arbuste *Rubus apelatus* (Rosaceae) (4/31). Les fruits du *merika* (*Dombeya elliptica* Bojer – Sterculiaceae) sont mangés par les enfants aux mois d’avril et mai (5/31). Les baies

vertes de 2 cm³ sont mûres lorsqu'elles sont molles et sucrées. Plus rares encore, les fruits du *voaramontsina* (*Vaccinium emirnense* Hook., Ericaceae), mûrs aux mois de septembre et octobre sont eux aussi consommés (3/31).

• *Les autres plantes*

Les feuilles de *tsikirity* (espèce non identifiée – 8/31) et *d'anatsina* (*Bidens bipinnata* L. et *B. pilosa* L.– Asteraceae – 7/31) sont disponibles toute l'année. Les feuilles d'*anamamy* (espèce non identifiée – 4/31) et de *tsivahadrenikely* (espèce non identifiée – 2/31) sont disponibles pendant la saison des pluies. Ce sont souvent les femmes qui les récoltent mais tous en mangent. L'*anatsina* et le *tsivahadrenikely* ont des vertus apaisantes et les personnes souffrant d'hypotension n'en mangent pas. Après avoir été lavées, ces feuilles sont bouillies et l'eau résiduelle jetée à cause de son amertume (surtout dans le cas de l'*anatsina*). Les quantités consommées varient en fonction de ce qui est trouvé dans la forêt mais sont généralement faibles, soit une fois par semaine à raison d'un petit *sobika* toutes les deux semaines (pour chacune des quatre ressources).

De nombreuses plantes aux propriétés médicinales nous ont également été rapportées.

14.3.3. Visite des marchés d'Arivonimamo et d'Anosibe

Pour compléter les enquêtes, nous avons visité les marchés d'Arivonimamo et d'Anosibe (marché de la capitale qui centralise les produits venant de l'Ouest). Nous avons pu récolter très peu d'informations à Arivonimamo, ce qui s'explique principalement par la période inadéquate pour la vente des produits recherchés. Cependant cette absence pourrait aussi confirmer la faible abondance des ressources à l'heure actuelle et qu'elles ne sont donc plus que très rarement commercialisées. Notre unique visite au marché d'Anosibe nous a fait comprendre qu'on n'y attendait aucun *vazaha* (touriste européen). Notre seule observation concrète fut la vente de plantes médicinales séchées au marché d'Arivonimamo, à raison d'une somme de 200 MGA pour une botte d'herbes d'une vingtaine de grammes. Les commerçants nous ont appris que ces plantes séchées (**Figure 14.6**) venaient en grande partie des bois de *tapia*. Leurs vertus variaient très fort d'un témoignage à l'autre. Nous avons aussi constaté de grands étals de plantes séchées au marché d'Anosibe.



Figure 14.6. Herbes médicinales vendues sur le marché d'Arivonimamo.
© Barsics F.

14.4. DISCUSSION

La liste des mœurs régionales que nous avons pu dresser en matière de produits sauvages comestibles ne peut être considérée comme exhaustive. Nous n'avons interrogé qu'une partie des habitants des bois de *tapia*, dans quelques sites seulement. Des erreurs, qu'elles viennent de notre perception ou d'une omission (volontaire ou non) des villageois, se sont probablement glissées dans notre interprétation.

Malgré ces biais potentiels, nous avons dressé une liste très riche en produits sauvages comestibles abrités par les bois de *tapia* et leurs alentours. Beaucoup des produits cités au **tableau 14.1** en font partie. Les champignons constituent une ressource alternative très importante en période de soudure. Les Lépidoptères, même si leur consommation est plutôt sporadique et liée à des récoltes fortuites, représentent également un apport alimentaire non négligeable. Les villageois profitent en réalité de tout ce qu'ils peuvent trouver dans la forêt, sauf dans les cas où ils souffrent de digestibilité difficile ou d'allergies. Les champignons et les fruits peuvent représenter une excellente source de revenus pour eux. En d'autres termes, l'appauvrissement des forêts, sans même parler de leur déclin, ne touche pas que les ressources séricigènes, mais une multitude de produits aux utilisations diverses. Une caractérisation alimentaire (protéines et lipides) de certains de ces produits est proposée dans un chapitre ultérieur (voir chapitre 15).

Par ailleurs, il existerait plus de raisons de ne pas consommer (allergies, peur, digestibilité, et *fady*) que l'inverse : toutes les denrées servent à accompagner le riz, soit diversifier le contenu de l'assiette. Au sens pragmatique, les villageois mangent ce qui est comestible et suivent les pratiques ancestrales. Il s'agit simplement, pour nombre d'entre eux, d'un fait de leur société. Moins fréquemment, le bon goût des aliments a été évoqué. Nous soulignons la tendance à ne pas confier une opinion très personnelle, mais plutôt empirique. Nous rendons compte à cet égard, de la sensation de lassitude de certains villageois. N'étant pas les premiers à avoir investigué leur territoire, ils voulaient comprendre l'utilité des enquêtes passées ainsi que les retombées qu'elles peuvent avoir. Le problème était soulevé en fin d'interview. Nous expliquions simplement que notre souhait était de mieux connaître le rapport qu'entretenaient les populations villageoises avec leur environnement, pour lancer des pistes d'amélioration de leurs conditions de vie, surtout face à la diminution des populations de *landibe*, tout en continuant de protéger leurs forêts.

14.5. BIBLIOGRAPHIE

- Allorge L., 2008. *Plantes de Madagascar. Atlas*. Paris : Eugen Ulmer.
- Andriamahefazafy F., 2005. *Place des bailleurs de fonds dans le système de l'aide au développement : le cas du Plan national d'actions environnementales de Madagascar*. In : Froger J. (éd.). *Quel développement durable pour les pays en développement ? Cahiers du GEMDEV*, 30, 45-47.
- Blanc-Pamard C. & Rakoto Ramiarantsoa H., 2003. Madagascar : les enjeux environnementaux. In : Lesourd M. (éd.). *L'Afrique. Vulnérabilité et défis*. Nantes, France : Éditions du Temps, 354-376.
- Boiteau P., Boiteau M. & Allorge L., 1999. *Dictionnaire des noms malgaches de végétaux*. Grenoble, France : Éditions Alzieu.

- Cabanis Y., Chabouis L. & Chabouis F., 1970. *Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Mascareignes*. Tananarive : Bureau pour le Développement de la production agricole.
- Camboué P., 1886. Les sauterelles à Madagascar sur le riz malgache. *Bull. Mens. Soc. Natl Acclim. Fr.*, **33**, 168-172.
- Decary R., 1937. L'entomophagie chez les indigènes de Madagascar. *Bull. Soc. Entomol. Fr.*, **42**, 168-171.
- DeFoliart G.R., 2002. *The Human Use of Insects as a Food Resource. A Bibliographic Account in Progress*. www.food-insects.com
- de Parville H., 1990. Balades entomologiques. Paris : Édition Jules Brisson. *Les Annales*, **886**.
- Fauroux E., 2002. *Comprendre une société rurale, une méthode d'enquête anthropologique appliquée à l'Ouest malgache*. Nogent sur Marne, France : Éditions du Gret.
- Hopkins J. & Freeman M., 1999. *Strange foods: bush meat, bats, and butterflies: an epicurean adventure around the world*. Singapore, China: Periplus.
- Kull C.A., 2003. *Uapaca woodland*. In: Goodman S.M. & Benstaead J.P. (eds). *The natural history of Madagascar*. Chicago, USA: The University of Chicago Press, 393-398.
- Lisan B., 2013. Fiche présentation arbre : *Uapaca bojeri* (Baill.). www.benjamin.lisan.free.fr/projetsreforestation/Malagasy-trees-candidates.pdf (15.06.2013).
- Malaisse F. et al., 2007. About South-Central Tibet edible Mushrooms (China P.R.). *Geo-Eco-Trop*, **31**, 233-242.
- Malaisse F. & Parent G., 1997. Chemical composition and energetic value of some edible products provided by hunting or gathering in the open forest (miombo). *Geo-Eco-Trop*, **21**(1-4), 65-71.
- Meggitt M.J., 1962. Aboriginal food-gatherers of tropical Australia. In: Meggitt M.J. (ed.). *Desert People, 9th Technical Meeting, 1962, Sydney*. Sydney: Angus & Robertson.
- Menzel P. & D'Alusio F., 1998. *Man Eating Bugs. The art and science of eating insects*. Berkeley, USA: Ten Speed Press.
- Meyer-Rochow V.B. & Changkija S., 1997. Uses of insects as human food in Papua New Guinea, Australia and North-East India: cross-cultural considerations and cautious conclusions. *Ecol. Food Nutr.*, **36**, 159-185.
- Montembault S., 2005. *Madagascar : Analyse de la sécurité alimentaire et de la vulnérabilité. Collecte et analyse des informations secondaires*. Programme Alimentaire Mondial des Nations Unies, Service de l'analyse et de cartographie de la vulnérabilité.
- Parent G. & Thoen D., 1977. Food value of Edible Mushrooms from Upper-Shaba Region. *Econ. Bot.*, **31**, 436-445.
- Raharinirina V., 2005. Les débats autour de la valorisation économique de la biodiversité et de la bioprospection en Afrique : le cas de Madagascar. In : Froger J. (éd.). *Quel développement durable pour les pays en développement ? Cahiers du GEMDEV*, **30**, 137-163.
- Rosenthal R., David B. & Allorge L., 2010. *Biodiversité, Madagascar, l'Eden fragile*. Toulouse, France : Privat.
- Roulon-Doko P., 1998. *Chasse, cueillette et culture chez les Gbaya de Centrafrique*. Paris : L'Harmattan.
- Tommaseo Ponzetta M., 2003. Rôle alimentaire des insectes dans l'évolution humaine. In : Motte-Florac E. & Thomas J.M.C. (éds). *Les insectes dans la tradition orale – Insects in oral literature and traditions*. Paris : Peeters, 241-255.

15 —

Les ressources sauvages comestibles des bois de *tapia* : caractérisation alimentaire des produits consommés

Fanny BARSICS, François MALAISSE, Georges LOGNAY,
Bernard WATHELET, Éric HAUBRUGE, François J. VERHEGGEN

Les bois de *tapia* (*Uapaca bojeri*) des Hautes Terres centrales de Madagascar regorgent de ressources sauvages comestibles utilisées par les populations locales dans leur alimentation régulière. Afin de décrire ces apports en termes biochimiques, nous avons réalisé des analyses de contenu sur 7 ressources, soit 2 chenilles, 1 araignée et 4 champignons comestibles. Leurs taux de protéines, de lipides, ainsi que leur composition en acides aminés et acides gras ont été obtenus. Les résultats ont été exprimés dans l'absolu mais aussi en relation avec les indices alimentaires couramment utilisés pour définir les qualités protéiques et lipidiques des denrées. Ces analyses nous permettent de constater l'excellent apport protéique que représentent les Arthropodes, et mettent également en évidence leur qualité lipidique. Les résultats de ces analyses sont discutés en faisant le lien avec les recommandations de la FAO/OMS.

Wild edible resources of the Malagasy *tapia* woods. Alimentary profiles of the products

Tapia forests (*Uapaca bojeri*) of the Central Malagasy Highlands present abundant amounts of wild edible resources used by villagers in their regular meals. In purpose to describe their biochemical properties, we have performed content analyses on 7 edible resources: 2 caterpillars, 1 spider and 4 mushrooms. The protein and lipid rates, as well as the amino acids and fatty acids profiles were assessed. Results were expressed in absolute terms and analyzed with common alimentary indexes, to define their protein and lipid quality. Our analyses notably outline the excellent protein content of the Arthropods and their lipid quality. These results are discussed by comparison with the FAO/WHO recommendations.

15.1. INTRODUCTION

Dans le chapitre 14, nous avons énoncé une série de produits sauvages comestibles utilisés par les habitants des bois de *tapia* (*Uapaca bojeri* Baill., Euphorbiaceae, Phyllanthaceae) et connus pour être consommés ailleurs à Madagascar (Decary, 1937; DeFoliart, 2002). Au même titre que le *landibe* pour son caractère séricigène, ces ressources, qu'il s'agisse des nombreux insectes, des plantes ou des champignons, font partie intégrante des apports nutritifs quotidiens de la forêt. La consommation de ressources sauvages comestibles, en particulier l'entomophagie, sont des sujets dont l'intérêt gagne du terrain mondialement. La consommation d'insectes pourrait permettre la réduction du braconnage et de l'utilisation de pesticides (cas des invasions d'Orthoptères), augmenter l'efficience économique régionale ainsi que créer une biodiversité additionnelle (DeFoliart, 1997). Les connaissances relatives à la composition chimique d'insectes comestibles s'accumulent. De nombreux états des lieux ont été publiés,

tant la connaissance globale de ces ressources s'applique de façon intégrée dans les systèmes auxquels elles appartiennent (Luo, 1997; Onore, 1997; Cunningham et al., 2001; Christensen et al., 2006; Chakravorty et al., 2011; Gahukar, 2011; Dzerefos et al., 2013).

La sécurité alimentaire est un problème dans de nombreux pays en développement, notamment à cause de la pression démographique croissante (Gahukar, 2011). Les insectes y représentent une source naturellement renouvelable d'hydrocarbures, de lipides, de protéines, de minéraux et de vitamines (Gahukar, 2011). Leur valeur énergétique globale est parfois calculée, comme cela a été fait pour 24 espèces de Lépidoptères d'Afrique centrale par exemple (Malaisse et al., 1980). Ils sont comparables à d'autres sources animales en termes de valeur nutritionnelle (Cunningham et al., 2001). Des différences constitutives sont observables selon le milieu de vie (insectes aquatiques ou terrestres) (Fontaneto et al., 2011). On leur prête par ailleurs volontiers des vertus médicinales variées, liées notamment à la lutte contre les carences en minéraux, ou aux apports en acides gras et aminés essentiels (Luo, 1997; Christensen et al., 2006; Katayama et al., 2008). Les nombreuses espèces consommées constituent rarement un repas principal, mais sont utilisées pour compléter l'apport protéique d'autres ressources animales (Bukkens, 1997; Onore, 1997). Le rôle des insectes comestibles peut donc dépasser le simple statut de denrée et servir le maintien fonctionnel de l'écosystème agricole (Katayama et al., 2008).

Ceci étant, il paraît évident que l'acquisition d'une connaissance approfondie des ressources sauvages comestibles des bois de *tapia* constitue une étape clé des processus de gestion futurs à mettre en place avec les villageois. Nous avons donc procédé à des analyses de contenu afin de décrire l'apport alimentaire des produits sauvages comestibles disponibles dans ces bois. Les produits sauvages comestibles doivent de préférence être analysés eu égard à leur période de consommation, pour décrire leur apport dans un contexte alimentaire particulier, avec un milieu en constante évolution (Degreef et al., 1997; Christensen et al., 2006). Notre présence sur le terrain nous a permis de récolter le *sarohy* (*Bunaea aslauga*), le *bokana* (*Maltagorrea fusicolor*), l'*akalabe* (*Nephila madagascariensis*), ainsi que quatre des champignons décrits par les villageois, soit l'*ola-karavola*, l'*ola-katikena*, l'*ola-dronono* et l'*ola-tapia*. À notre connaissance, les données sur la composition chimique d'araignées consommées sont inexistantes. Elles sont par contre légion pour les champignons (Alofe, 1991; Agrahar-Murugkar et al., 2005; Akindahunsi et al., 2006; Liu et al., 2012; Zhang et al., 2013).

Les quantités collectées ont limité les analyses aux teneurs lipidiques et protéiques, via respectivement la méthode de Folch et al. (1957) et la méthode Kjeldahl (1883). Nous avons approfondi le travail en décrivant les profils en acides gras et aminés de ces ressources. Une carence en acides aminés nécessaires à la synthèse protéique entrave son bon déroulement (Block et al., 1946). Les acides aminés essentiels (non synthétisables par l'organisme) sont impérativement prélevés dans l'alimentation. L'index chimique permet de déterminer la qualité protéique d'un aliment par rapport à son contenu en acides aminés essentiels (Eggum, 1985). À titre d'exemple, l'index a été calculé pour la chenille comestible zambézienne «*tubambe*», larve du Limacodidae *Hadraphe ethiopica* (Bethune-Baker, 1915). Selon la zone de collecte, la leucine (76,2 et 87,1) ou le tryptophane (69,9) déterminent son index, mais ils manquent, peu importe la région, ce qui implique un apport autre nécessaire pour ces deux acides (Malaisse et al., 2003). Cet index est plus classiquement calculé pour des ressources «courantes» comme des végétaux, du poisson, mais permet surtout de définir une ressource

rare et son impact nutritionnel. L'herbe potagère tibétaine *Ophioglossum polyphyllum* A. Braun (Ophioglossaceae, Pteridophyta) possède l'excellent index chimique de 108,7 déterminé par la lysine. Cette ressource localement rare (Tibet) montre une qualité protéique élevée (Lognay et al., 2008). Certains acides gras sont également essentiels. L'acide linoléique (C18:2n-6 ou ω -6), retrouvé dans certaines huiles (ex : soja), et l'acide α -linolénique (C18:3n-3 ou ω -3), retrouvé par exemple dans l'huile de lin, sont précurseurs de plusieurs acides gras eux-mêmes précurseurs de groupes d'acides métabolisés par l'homme. Les acides dérivés sont subdivisés en deux familles : les oméga-3 (ω -3) et les oméga-6 (ω -6), selon le précurseur. Les recommandations américaines préconisent un taux de 10 % en ω -6 dans l'apport énergétique total chez l'adulte (US Department of Health and Human Services and USDA, 2005). Les recommandations européennes fixent cette proportion entre 4 et 8 % (University of Crete, 2001). On considère que lorsqu'il est inférieur à 5, le rapport ω -6/ ω -3 traduit un aliment où les proportions des deux familles d'acides gras sont corrects. Ce rapport ne tient pas compte de la quantité totale de lipides ingérés, mais n'en constitue pas moins une bonne méthode d'estimation de la qualité lipidique d'un aliment (Léger et al., 2005). Les proportions des acides gras, en termes de niveaux de saturation (mono, poly-insaturés, et saturés) indiquent un aliment de qualité si elles sont proches de l'égalité entre elles (1/3, 1/3, 1/3). Dans ce chapitre, nous discutons également de la qualité intrinsèque de ces denrées par le calcul de l'index chimique et des proportions en acides gras essentiels et selon leur degré de saturation.

15.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les ressources analysées ont été récoltées au mois de mai 2010 et ont été conservées congelées. Les chenilles, collectées uniquement sur *tapia* ont été vidées de leur contenu gastrique, selon les pratiques de préparation locales. Les pattes d'*akalabe* n'ont pas été retirées, car dans la plupart des cas, elles sont consommées avec le corps de l'araignée. Les champignons ont été achetés séchés et ont donc été analysés selon leur forme courante de consommation, plus de quatre mois après leur récolte. Les ressources ont été récoltées dans la même région d'étude, à la même période de l'année. Les produits sont conservés congelés durant la période séparant la récolte et le début des analyses. Tous les échantillons sont pesés, lyophilisés, et pesés de nouveau afin de déterminer leur teneur en eau ainsi que la quantité de matière réellement disponible. La matière sèche analytique (après 24 h à 105 °C) est également déterminée. Les échantillons sont réduits en poudre à l'aide d'un moulin IKA (A11 BASIC).

15.2.1. Dosage de la matière grasse et des acides gras

- *Extraction de la matière grasse*

Le dosage de la matière grasse totale est effectué selon une adaptation de la méthode de Folch et al. (1957). Les modifications adoptées ne touchent pas au principe de la méthode. Celle-ci fournit des échantillons délipidés, indispensables à l'analyse du profil en AA. La matière lipidique obtenue est utilisée pour décrire le profil en acides gras des échantillons.

L'extraction se fait par agitation dans un mélange chloroforme (CHCl₃)/méthanol (CH₃OH) (2/1, v/v). La filtration permet de récupérer le solvant qui se sépare en deux phases en ampoule à décanter, ainsi que la matière brute délipidée. L'ajout de NaCl (20 ml, 0,58 %)

force le transfert des lipides extraits vers la phase inférieure chloroformique récupérée par filtration sur Na_2SO_4 anhydre après décantation. L'évaporation du solvant est effectuée à l'aide d'un évaporateur de type Büchi, à 35 °C et sous vide pendant une quinzaine de minutes. La teneur en matière grasse est déterminée par pesée.

Les protéolipides sont également extraits, ce qui impacte le dosage de l'azote total, dès lors effectué sur les matières délipidées et non délipidées.

• *Dosage des acides gras par chromatographie en phase gazeuse (CPG) capillaire*

Après détermination de la teneur en matière grasse, les lipides extraits font l'objet d'une estérification directe. Les triglycérides et lipides plus complexes subissent quant à eux une transestérification. Les esters méthyliques d'acides gras (EMAG) obtenus sont séparés par chromatographie en phase gazeuse (CPG) capillaire (colonne HP Wax, Facteur Four De Varian, $l = 30 \text{ m}$, $\varnothing = 0,25 \text{ mm}$, épaisseur de phase = $0,25 \mu\text{m}$). L'injection se fait *on-column* (à froid), le transport par l'hélium (70 kPa), et la détection via ionisation de flamme (FID, 250 °C). Le four est maintenu à 50 °C durant une minute, puis augmente de 30 °C/min jusqu'à 150 °C, de 5 °C/min jusqu'à 230 °C, température maintenue pendant 18 min 40 s. Un seul échantillon de chaque ressource a été testé. Les analyses ont été conduites sur environ 10 mg de matière lipidique (une goutte). L'identification est obtenue par comparaison entre les chromatogrammes obtenus pour les échantillons et celui produit par l'injection du standard SUPELCO 37 Component FAME mix. La qualité lipidique a été estimée en calculant les ratios ω -6/ ω -3 ainsi que les proportions des acides saturés, mono- et poly-insaturés.

15.2.2. Analyse du profil protéique global et des teneurs en acides aminés

• *Dosage de l'azote total et des protéines brutes par la méthode Kjeldahl*

La méthode utilisée suit la directive 93/28/CE (CEE, 1993) basée sur la méthode Kjeldahl (1883), adaptée à notre échelle de travail. Les échantillons sont minéralisés à l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur dans le système de digestion 1015 TECATOR. La solution acide est ensuite alcalinisée par l'hydroxyde de sodium, l'ammoniac produit entraîné par distillation et quantifié par titrage à l'acide sulfurique dans un distillateur (FOSS : Kjeltec 2300). La teneur en azote en est déduite ; le pourcentage de protéines est obtenu en multipliant le pourcentage d'azote par le facteur 6,25 (100 g de protéines = 16 g d'azote ; $100/16 = 6,25$), bien que son utilisation universelle soit controversée (Boisen et al., 1987). N'ayant pas d'informations complémentaires sur nos produits pour ajuster ce facteur, les taux de protéines présentés ici seront donc des estimations.

La méthode permet également l'estimation de la quantité de matière nécessaire aux analyses du profil en acides aminés (AA totaux, soufrés, et tryptophane). La connaissance préalable de la teneur approximative d'azote attendue est nécessaire, pour rester dans les limites de faisabilité des appareillages utilisés (ex : volume de titrage). Le dosage est effectué sur échantillons délipidés et non délipidés, à raison de deux répétitions par ressource.

• *Dosage des acides aminés libres et totaux*

La méthode suit la Directive 98/64/CE (Fischler, 1998). Elle permet de déterminer les acides aminés libres et totaux (liés dans des peptides et libres) et s'applique à la cystine, la méthionine, la lysine, la thréonine, l'alanine, l'arginine, l'acide aspartique, l'acide glutamique,

la glycine, l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la phénylalanine, la proline, la serine, la tyrosine et la valine. L'identification des AA hydrolysés (et du standard) est effectuée par chromatographie liquide à haute performance (HPLC – Stein & Moore) à l'aide du dispositif Biochrom 20 Plus Amino Acid analyser. Les caractéristiques du matériel sont les suivantes : colonne en peak P-0478, résine échangeuse de cations (*high performance sodium oxidized feedstuff*) (Moore et al., 1958). La solution de standard injectée (Sigma-Aldrich, AA-S-18) est complétée par l'acide cystique, la méthionine sulfone et la norleucine. La détection est photométrique (570 nm pour tous les AA, 440 nm pour la proline), et le dosage permis par réaction avec la ninhydrine.

Le tryptophane supporte mal la chaleur, et les AA soufrés (méthionine et cystine) ont une courte durée de vie en acide chlorhydrique. Ils sont donc analysés via des protocoles adaptés. Dans le cas des AA soufrés, l'hydrolyse acide est précédée d'une oxydation performique, comme décrit le mode opératoire énoncé dans la Directive 98/64/CE (Fischler, 1998). L'oxydation se fait au moyen d'une solution d'eau oxygénée, de phénol et d'acide formique (Lewis, 1966). La cystine et la cystéine sont dosées sous forme d'acide cystéique, et la méthionine sous forme de méthionine sulfone.

Le mode opératoire à suivre pour le dosage du tryptophane est décrit par la Directive 2000/45/CE (Byrne, 2000). Les étapes du processus sont réalisées dans la glace pillée, et les solutions intervenant doivent être froides. Le dosage est basé sur un ajout dosé de tryptophane, combiné à une standardisation interne par l' α -méthyl-tryptophane. Les manipulations doivent être réalisées le plus rapidement possible au vu des propriétés instables du tryptophane.

La qualité protéique a été évaluée via le calcul de l'index chimique, soit le minimum des ratios entre les teneurs observées et de références, en mg/g de protéines, pour chaque AA essentiel de l'aliment analysé (Eggum, 1985). S'il est supérieur à 100, l'aliment est suffisamment riche en tous les AA essentiels. Sinon, il y a un ou plusieurs déficits. Les teneurs de référence utilisées ici sont celles reconnues comme favorables par le rapport de la FAO (1990), soit, en mg/g de protéine : 34 (thréonine), 35 (valine), 25 (méthionine et cyst(é)ine combinées), 28 (isoleucine), 66 (leucine), 63 (tyrosine et phénylalanine combinées), 19 (histidine), 58 (lysine) et 11 (tryptophane).

15.3. RÉSULTATS

Nous procédons à l'analyse des résultats par comparaison entre échantillons proches du point de vue de la systématique. Les abréviations suivantes seront utilisées : MF, matière sèche après lyophilisation; MS, matière sèche réelle (après 24 h à 105 °C), MG pour matière grasse, AA pour acides aminés, et AG pour acides gras. Pour rappel, nous avons effectué nos analyses sur l'araignée *akalabe* (*N. madagascariensis*), sur les chenilles *sarohy* (*B. aslauga*) et *bokana* (*M. fusicolor*), et sur les champignons séchés *ola-tapia* (*Russula* spp.), *ola-katikena*, *ola-karavola* et *ola-dronono*. Nous utilisons leur nom vernaculaire dans les tableaux et paragraphes ci-dessous.

Les teneurs en eau de la matière brute avant lyophilisation valent 71,8 %, 82,6 % et 78,0 % pour l'*akalabe*, le *bokana* et le *sarohy* respectivement, et 10,3 %, 8,7 %, 8,5 % et 9,2 % pour l'*ola-dronono*, l'*ola-tapia*, l'*ola-katikena* et l'*ola-karavola* respectivement. La matière sèche réelle, soit obtenue après 24 h à 105 °C, représente 90,3 %, 89,6 %, 90,4 %, 90,0 %, 90,7 %,

91,1 %, 91,1 % de la matière lyophilisée pour chaque ressource prise dans le même ordre, soit 90 % en moyenne.

15.3.1. Teneurs lipidiques et profils en acides gras

Les teneurs en lipides rapportées à la matière récoltée (matière représentative de ce qui est effectivement consommé) sont les suivantes : 1,7 %, 0,1 %, 3,5 %, 4,8 %, 2,0 %, 5,8 %, 4,9 %, pour l'*akalabe*, le *bokana*, le *sarohy*, l'*ola-dronono*, l'*ola-tapia*, l'*ola-katikena* et l'*ola-karavola* respectivement. La teneur en MG après lyophilisation est plus intéressante en termes comparatifs. Celle-ci vaut, par ordre décroissant, 15,7 % pour le *sarohy*, 6,4 % pour l'*ola-katikena*, 5,8 % pour l'*akalabe*, 5,4 % pour l'*ola-katikena*, 5,4 % pour l'*ola-dronono*, 2,2 % pour l'*ola-tapia*, 0,4 % pour le *bokana*. Les résultats obtenus pour cette dernière sont à prendre avec réserve au vu du manque de matière récoltée et de par les difficultés techniques rencontrées pour cet échantillon. Ils sont donc à répéter. Au vu de leur proximité systématique on pourrait attendre des proportions lipidiques similaires entre le *sarohy* et le *bokana*.

Le **tableau 15.1** reprend les résultats des profils en acides gras obtenus, les proportions en acides gras saturés et mono- ou poly-insaturés, et le rapport ω -6/ ω -3 pour chacune des ressources analysées. Les pourcentages qui y sont repris et discutés ci-dessous se réfèrent uniquement au profil lipidique et non au pourcentage absolu de matière fraîche des ressources analysées.

Tableau 15.1. Teneurs en acides gras obtenues par estérification et transestérification, proportions d'acides non identifiés, proportions en type d'acides gras insaturés, et rapport ω -6/ ω -3 pour chaque ressource analysée.

Nomenclature normalisée	Nom commun	Taux des acides gras identifiés dans les ressources analysées en % (temps de rétention en minutes)						
		<i>Akalabe</i>	<i>Sarohy</i>	<i>Bokana</i>	<i>Ola-karavola</i>	<i>Ola-katikena</i>	<i>Ola-tapia</i>	<i>Ola-dronono</i>
c11	ac. undécylque (o)	-	-	-	-	-	-	0,21 (4,544)
c14	ac. myristique	-	0,79 (7,246)	0,96 (7,222)	-	0,71 (7,257)	-	-
c15	ac. pentadécylque (o)	-	-	-	0,51 (8,485)	0,79 (8,481)	1,10 (8,474)	1,62 (8,473)
c16	ac. palmitique (m)	14,03 (9,834)	21,65 (9,889)	19,15 (9,840)	22,65 (9,892)	22,35 (9,891)	20,18 (9,858)	7,26 (9,833)
c16:1(6)	ac. palmitoléique (n)	-	0,23 (10,097)	-	0,26 (10,099)	0,84 (10,093)	-	-
c16:1(9)	ac. palmitoléique	1,33 (10,164)	0,32 (10,184)	-	0,65 (10,186)	0,89 (10,185)	0,69 (10,170)	0,81 (10,169)
c17	ac. margarique	-	0,81 (11,278)	0,83 (11,259)	-	-	-	-
c17:1	ac. heptadécanoïque (o)	-	-	-	-	-	-	0,98 (11,604)
c18	ac. stéarique (m)	11,56 (12,768)	10,12 (12,811)	11,89 (12,766)	5,02 (12,818)	6,48 (12,819)	11,09 (12,793)	2,27 (12,799)
c18:1(9)	ac. oléique (m)	31,31 (13,048)	9,66 (13,060)	7,89 (13,020)	33,37 (13,109)	36,19 (13,121)	40,40 (13,089)	18,96 (13,035)
c18:2(9,12) - c18:2 ω -6	ac. linoléique (m)	22,18 (13,705)	9,22 (13,722)	12,48 (13,695)	34,45 (13,783)	28,37 (13,773)	20,56 (13,727)	22,92 (13,705)

Tableau 15.1. Suite.

Acides gras		Taux des acides gras identifiés dans les ressources analysées en % (temps de rétention en minutes)						
Nomenclature normalisée	Nom commun	<i>Akalabe</i>	<i>Sarohy</i>	<i>Bokana</i>	<i>Ola-karavola</i>	<i>Ola-katikena</i>	<i>Ola-tapia</i>	<i>Ola-dronono</i>
c18:3 γ	ac. γ -linoléique (o)	-	-	-	-	-	-	6,82 (14,082)
c18:3 α (9,12,15) - C18:3 ω -3	ac. α -linolénique (m)	8,00 (14,643)	46,06 (14,744)	46,00 (14,684)	0,21 (14,650)	0,24 (14,644)	0,81 (14,637)	4,82 (14,638)
c20	ac. arachidique	1,21 (15,749)	0,31 (15,763)	-	0,21 (15,762)	0,80 (15,760)	0,56 (15,753)	0,82 (15,530)
c20:1(9)	ac. gadoléique	0,85 (16,010)	-	-	-	-	0,77 (16,194)	0,83 (16,011)
c20:2	ac. éicosadiénoïque (o)	-	-	-	0,55 (16,692)	0,22 (16,687)	-	-
c20:3n3	ac. éicosatriénoïque	3,68 (17,400)	-	-	-	-	-	-
c20:3n6	ac. di-homo- γ -linoléique (o)	-	-	-	-	-	-	2,93 (17,043)
c20:4n6	ac. arachidonique	-	0,24 (17,656)	-	-	-	-	-
c20:5n3	ac. éicosapentanoïque	3,45 (18,354)	-	-	-	-	-	10,71 (18,462)
c22	ac. bénénique (o)	-	-	-	0,79 (18,692)	0,64 (18,686)	0,72 (18,681)	-
c22:1n9	ac. érucique (o)	-	-	-	-	-	-	0,96 (18,878)
c22:2	ac. docosadiénoïque (o)	-	-	-	-	-	-	1,46 (19,852)
c24	ac. lignocéérique (o)	-	-	-	1,08 (21,495)	0,51 (21,487)	1,52 (21,484)	-
Acides gras non identifiés (%)		2,39	0,59	0,80	0,26	0,96	1,59	14,09
Composition en types d'acides gras (%)	AG saturés	26,8	33,68	32,82	30,26	32,28	35,17	12,19
	AG mono-insaturés	33,49	9,99	7,89	34,02	37,07	41,87	21,56
	AG poly-insaturés	37,32	55,52	58,48	35,21	28,84	21,37	49,66
Rapport ω -6/ ω -3		2,77	0,20	0,27	163,93	117,43	25,47	2,22

(m) : acide présent dans chaque échantillon; (n) : acide non confirmé par le standard d'identification et; (o) : acides observés uniquement chez les champignons.

Les acides gras les plus importants dans les différents profils sont l'acide oléique (31,3 %) et l'acide linoléique (22,2 %) pour l'*akalabe*; l'acide α -inolénique dans le cas du *sarohy* et du *bokana* (46,1 % et 46,0 %) donc très riches en ω -3. Pour les champignons, l'*ola-karavola* est extrêmement riche en acides linoléique (34,5 %) et oléique (33,4 %); tout comme l'*ola-katikena* (respectivement 28,4 % et 36,2 %). L'acide oléique représente 40,4 % du profil de l'*ola-tapia*, les acides linoléique et oléique atteignent seulement 22,9 % et 19,0 % chez l'*ola-dronono*.

Les acides gras suivants montrent également des proportions importantes : les acides palmitique (14,0 %), stéarique (11,6 %), et α -linolénique (8,0 %) pour l'*akalabe*; les acides palmitique (21,7 %), stéarique (10,1 %), oléique (9,7 %), et linoléique (9,2 %) chez le *sarohy*; les acides palmitique (19,2 %), linoléique (12,5 %), stéarique (11,9 %) et oléique (7,9 %) chez le *bokana*, conférant aux deux Chenilles, un profil très similaire. L'acide palmitique atteint quant à

lui la teneur de 22,7 % pour l'*ola-karavola* et 22,4 % chez l'*ola-katikena*. Les acides linoléique (20,6 %), palmitique (20,2 %) et stéarique (11,1 %) représentent plus de la moitié du profil lipidique de l'*ola-tapia*. Enfin, chez l'*ola-dronono*, on retrouve 10,7 % d'acide éicosapentanoïque.

Les chromatogrammes ont montré deux pics successifs aux temps 13,048 min et 13,130 min (pour l'*akalabe*), suggérant sans certitude qu'il s'agissait de l'acide oléique et vaccénique. L'analyse d'une solution plus concentrée en acides gras, par GC-MS (*gaz chromatography - mass spectrometry*) permettrait de lever cette ambiguïté, également rencontrée pour l'*ola-dronono*. Le même type d'indétermination entraîne la supposition de la présence de l'acide palmitoléique (incertitude sur l'isométrie *cis* 6 de l'acide) dans les cas du *sarohy*, de l'*ola-karavola* et de l'*ola-katikena*.

Pour chacune des ressources, nous avons observé des indéterminations réelles dans le profil, soit à raison de 2,4 % (1 composé); 0,6 % (2); 0,8 % (1); 0,3 % (1); 1,0 % (2); 1,6 % (3) et 14,1 % (8) pour respectivement l'*akalabe*, le *sarohy*, le *bokana*, l'*ola-karavola*, l'*ola-katikena*, l'*ola-tapia* et l'*ola-dronono*. Pour des raisons de lisibilité, les acides non identifiés n'ont pas été représentés dans le **tableau 15.1**. De façon générale, les indéterminations portent, pour des ressources taxonomiquement proches, sur des composés similaires (temps de rétention très proches). À titre d'exemple, le pic non-identifié du *bokana* sort à $t = 12,249$ min, temps similaire à l'un des deux du *sarohy*, soit $t = 12,289$ min. Notons que le taux d'indétermination est particulièrement élevé chez l'*ola-dronono* (14,1 %).

Chez l'*akalabe*, les trois classes d'acides gras sont représentées en proportions équitables, ce que l'on retrouve également pour l'*ola-karavola* et l'*ola-katikena*. Chez les deux chenilles, les acides de types polyinsaturé sont en nette supériorité (55,5 % et 58,5 %) aux dépends des monoinsaturés (10,0 % et 7,9 %). On retrouve des proportions équitables chez l'*ola-karavola* et l'*ola-katikena*. Par contre, pour l'*ola-tapia*, la tendance est aux mono-insaturés (41,9 %), et pour l'*ola-dronono*, aux poly-insaturés (49,7 %).

Le rapport ω -6/ ω -3 a été calculé uniquement sur base du rapport entre l'acide linoléique et l'acide α -linolénique puisque nous ne pouvons affirmer cette nature que pour ces deux acides. Les rapports obtenus sont de 2,77 pour l'*akalabe*, 0,20 pour le *sarohy*, 0,27 pour le *bokana*. L'*akalabe*, le *sarohy* et le *bokana* ont des rapports excellents, même si en valeur absolue, les taux des acides concernés varient dans chacune des ressources (l'acide α -linolénique est les plus abondant de tous chez les deux chenilles alors qu'il n'atteint que 8 % chez l'araignée).

Chez l'*ola-karavola* et l'*ola-katikena*, le rapport est extrêmement élevé (163,93 et 117,43). Pendant les périodes de grosse consommation comme en début de saison des pluies (chapitre 14), il est donc important de compenser par des graisses riches en ω -3. Ces chiffres peuvent traduire les effets désagréables au niveau digestif mentionnés par les villageois en référence à la consommation importante (chapitre 14). Chez l'*ola-tapia*, ce chiffre atteint 25,47, ce qui reste trop élevé par rapport à la valeur de référence (= 5); il passe la barre de l'acceptable avec 2,22 pour l'*ola-dronono*.

15.3.2. Teneurs protéiques et profils en acides aminés

Le **tableau 15.2** montre les teneurs en protéines obtenues pour chaque aliment étudié dans les matières délipidées et non délipidées. Les teneurs en protéines sont plus fortes dans les échantillons délipidés, sauf pour l'*ola-karavola*, pour lequel l'extraction lipidique aura extrait

une quantité plus importante de protéolipides. *L'akalabe* a la plus grande teneur protéique et est talonnée par les deux chenilles. Les champignons possèdent une teneur nettement inférieure (< 30 %).

Tableau 15.2. Teneurs en protéines (%) contenu dans la matière fraîche/matière après lyophilisation) estimées par la concentration en azote obtenue par la méthode Kjeldahl, pour les échantillons délipidés et non délipidés.

Ressources analysées	Pourcentage de protéines dans les échantillons (MF)	
	Non délipidés	Délipidés
<i>Akalabe</i> (araignée)	75,76	77,94
<i>Sarohy</i> (chenille)	65,64	73,13
<i>Bokana</i> (chenille)	66,87	67,94
<i>Ola-dronono</i> (champignon)	26,08	27,44
<i>Ola-katikena</i> (champignon)	29,89	30,00
<i>Ola-karavola</i> (champignon)	25,53	25,38
<i>Ola-tapia</i> (champignon)	28,08	28,25

Dans le **tableau 15.3**, on retrouve les profils en acides aminés obtenus par les trois méthodes de dosages adaptées des directives européennes. Les profils en AA sont très similaires chez les trois Arthropodes, ainsi qu'entre les champignons. L'hydrolyse acide pratiquée pour séparer les acides provoque l'ajout d'une molécule d'eau à chaque acide libéré, leur somme devrait donc dépasser les résultats du dosage protéique. Ceci n'a pas été observé ici notamment car la glutamine et la galactosamine n'ont pas été dosées (non présentes dans le standard). D'autre part, chez les insectes, l'exosquelette est composé de chitine, un polysaccharide aminé constitué de groupements N-acétyl-glucosamine (contient 6,89 g d'azote/mol). Les champignons sont également pourvus de chitine au niveau de leurs parois cellulaires. Enfin, ajoutons que la nature des protéolipides extraits par la méthode de Folch (1957) n'a pas été étudiée ici.

Les données du **tableau 15.3** permettent de calculer l'index chimique de chacune des ressources, par comparaison des teneurs en AA essentiels avec les recommandations de la FAO (1990). Ces calculs sont repris dans le **tableau 15.4**. Toutes les ressources présentent une ou plusieurs carence(s) en AA essentiels. L'index le plus faible (tryptophane – 63,27) est celui de l'*akalabe*. Cette ressource manque également de leucine et de lysine. Les index les plus élevés sont retrouvés chez le *sarohy* (leucine – 82,35) et le *bokana* (leucine – 83,86). Très proches du point de vue taxonomique, ces deux chenilles présentent en outre des ratios fortement similaires et élevés, les AA soufrés et l'histidine atteignant presque le double de la teneur recommandée. Chez tous les champignons, la lysine est limitante (67,76 à 74,57). Un manque en leucine et tyrosine – phénylalanine est aussi systématiquement retrouvé. Un faible déficit en tryptophane est retrouvé chez l'*ola-tapia*. *A contrario*, les ratios en méthionine-cyst(é)ine sont remarquables (134,20 à 193,60). Tous les champignons montrent des taux tout à fait remarquables en méthionine et cyst(é)ine. Les ratios en valine sont excellents pour l'*ola-dronono* (164,29) et l'*ola-karavola* (157,43), chez lequel le ratio de tryptophane est également exemplaire (188,27). En fin de compte, les deux seules ressources non limitées en lysine sont les deux chenilles.

Tableau 15.3. Profils en acides aminés, teneurs en protéines, et proportions connues du profil protéiné pour les sept ressources récoltées.

Acides aminés dosés	Araignée <i>Akalabe</i>	Teneurs en acides aminés en gAA/100g MF (écart-type)					
		Chenilles		Champignons			
		<i>Sarohy</i>	<i>Bokana</i>	<i>Ola-dronono</i>	<i>Ola-katikena</i>	<i>Ola-karavola</i>	<i>Ola-tapia</i>
Acide aspartique	6,239 (0,092)	6,234 (0,073)	5,878 (0,037)	2,238 (0,003)	2,000 (0,019)	1,861 (0,032)	2,193 (0,067)
Thréonine	2,864 (0,034)	3,203 (0,030)	3,109 (0,016)	1,198 (0,004)	1,182 (0,007)	1,065 (0,021)	1,247 (0,025)
Sérine	3,531 (0,059)	3,718 (0,002)	3,401 (0,037)	1,433 (0,016)	1,192 (0,004)	1,139 (0,031)	1,263 (0,030)
Acide glutamique	7,652 (0,358)	8,385 (0,085)	8,659 (0,037)	2,833 (0,088)	3,040 (0,033)	2,353 (0,050)	3,436 (0,120)
Proline	3,092 (0,115)	3,594 (0,126)	2,969 (0,011)	1,104 (0,025)	0,895 (0,044)	0,796 (0,010)	0,951 (0,107)
Glycine	5,180 (0,058)	3,630 (0,033)	3,293 (0,006)	1,114 (0,003)	0,977 (0,006)	1,026 (0,012)	1,067 (0,025)
Alanine	5,908 (0,065)	3,615 (0,031)	3,496 (0,053)	1,509 (0,038)	1,354 (0,018)	1,063 (0,016)	1,309 (0,007)
Cyst(é)ine	0,971 (0,037)	1,152 (0,052)	0,981 (0,038)	0,388 (0,014)	0,249 (0,028)	0,274 (0,001)	0,253 (0,001)
Valine	3,742 (0,054)	3,741 (0,037)	3,504 (0,016)	1,578 (0,021)	1,303 (0,025)	1,398 (0,007)	1,425 (0,033)
Méthionine	1,921 (0,024)	2,127 (0,064)	2,144 (0,004)	0,940 (0,021)	0,759 (0,074)	0,837 (0,018)	0,807 (0,002)
Isoleucine	2,937 (0,012)	2,898 (0,045)	2,745 (0,017)	1,073 (0,006)	0,882 (0,010)	0,824 (0,004)	1,011 (0,018)
Leucine	4,981 (0,066)	3,975 (0,063)	3,762 (0,004)	1,578 (0,009)	1,577 (0,007)	1,420 (0,012)	1,669 (0,029)
Tyrosine	3,891 (0,004)	3,198 (0,001)	3,263 (0,030)	0,611 (0,095)	0,625 (0,004)	0,569 (0,008)	0,585 (0,013)
Phénylalanine	1,593 (0,001)	1,954 (0,040)	1,614 (0,010)	0,722 (0,062)	0,764 (0,001)	0,615 (0,013)	0,907 (0,030)
Histidine	1,859 (0,009)	2,362 (0,007)	2,280 (0,019)	0,793 (0,017)	0,677 (0,000)	0,544 (0,004)	0,711 (0,014)
Lysine	4,500 (0,078)	5,093 (0,088)	4,901 (0,004)	1,108 (0,006)	1,180 (0,012)	1,033 (0,011)	1,222 (0,021)
Tryptophane	0,542 (0,046)	0,974 (0,066)	0,843 (0,019)	0,355 (0,019)	0,372 (0,015)	0,525 (0,022)	0,284 (0,008)
Arginine	4,228 (0,016)	3,499 (0,077)	3,396 (0,027)	1,346 (0,009)	1,156 (0,001)	1,050 (0,001)	1,253 (0,006)
Somme	65,09	62,38	59,39	21,56	19,81	17,87	21,31
Teneur en azote (%)	12,47 (0,161)	11,70 (0,239)	10,87 (0,117)	4,39 (0,007)	4,80 (0,014)	4,06 (0,067)	4,52 (0,000)
Teneur en protéines (%)	77,94	73,13	67,94	27,44	30,00	25,38	28,25

Tableau 15.4. Index chimiques calculés par référence aux teneurs recommandées (FAO, 1990), pour les sept ressources.

Acides aminés	Teneurs de référence de la FAO pour les AA essentiels (mg/g de protéines)	Ratios participant à l'index – 100 * teneur dans l'échantillon (mg/g) rapportée à la référence de la FAO						
		<i>Akalabe</i>	<i>Sarohy</i>	<i>Bokana</i>	<i>Ola-dronono</i>	<i>Ola-katikena</i>	<i>Ola-karavola</i>	<i>Ola-tapia</i>
Thréonine	34	108,09	128,82	133,09	128,24	115,88	123,38	108,09
Valine	35	137,14	146,14	155,00 (n)	164,29 (n)	124,00	157,43 (n)	137,14
Méthionine et cyst(é)ine	25	168,40 (n)	186,60 (n)	183,80 (n)	193,60 (n)	134,20	175,00 (n)	168,40 (n)
Isoleucine	28	134,64	141,61	144,29	139,64	105,00	116,07	134,64
Leucine	66	96,82 (o)	82,35 (m)	83,86 (m)	87,12 (o)	79,62 (o)	84,77 (o)	96,82 (o)
Tyrosine et phénylalanine	63	111,75	111,75	113,97	72,86 (o)	73,41 (o)	73,97 (o)	111,75
Histidine	19	125,53	170,00 (n)	176,32 (n)	151,84 (n)	118,95	112,89	125,53
Lysine	58	99,48 (o)	120,09	124,40	69,57 (m)	67,76 (m)	70,17 (m)	99,48 (o)
Tryptophane	11	63,27 (m)	121,14	112,77	117,55	112,82	188,27 (n)	63,27 (m)
% Protéine (MF)	77,94	73,13	67,94	27,44	30,00	25,38	28,25	73,13
Index chimique	63,27	82,35	83,86	69,57	67,76	70,17	74,57	82,35

(m) : AA essentiel limitant/index chimique ; (n) : ratio excédant 150 ; (o) : AA sous le seuil de recommandation de la FAO.

15.4. DISCUSSION

Les améliorations analytiques suivantes permettraient plus de précision dans nos résultats. Les dosages de la chitine, de la glutamine et de la galactosamine pourraient être pratiqués. Les indéterminations de profils en acides gras pourraient être levées. Les champignons ont été séchés et sont restés conservés de la sorte pendant près de quatre mois, après la récolte de la saison des pluies 2009-2010, avant d'être analysés. La nature des lipides contenus pourrait bien avoir été dégradée par un temps aussi long. Des analyses qualitatives sur produits frais seraient donc complémentaires. La vérification de l'isométrie *cis-trans* des doubles liaisons, par GC couplée à un détecteur FTIR (*Fourrier transformed – Infra-red spectroscopy*) est requise, même si l'hypothèse de leur nature *cis* est réaliste (les isomères *trans* étant principalement produits par manipulation industrielle des denrées). Aussi, leurs temps de rétention permettent de bien les distinguer de leurs isomères *trans*. Les indéterminations complètes, ainsi que partielles (acides vaccénique et palmitoléique) pourraient être levées par analyse de solutions plus concentrées en EMAG et par couplage à une unité de spectrométrie de masse. Enfin, les analyses relatives aux glucides, minéraux, vitamines, et cendres, pour autant que suffisamment de matière première soit récoltée, sont nécessaires.

Les résultats montrent cependant comment peuvent s'insérer les ressources dans l'alimentation régulière des villageois qui en dépendent. Les analyses présentées ici doivent être poursuivies pour de nombreuses raisons. Tout d'abord, la faible disponibilité de la matière première nous a limité à la quantification des lipides et protéines. Les hydrocarbures, minéraux, vitamines, et fibres devraient être dosés également, comme cela est pratiqué pour beaucoup

d'insectes comestibles (Gahukar, 2011). Les ressources ont été récoltées dans la même région d'étude, à la même période de l'année. Prélevées dans d'autres régions, à d'autres moments de l'année, sur d'autres plantes hôtes, elles auraient pu fournir des profils différents. Nous n'avons également pas tenu compte de l'aliment prêt à être consommé, mais plutôt prêt à être cuisiné. Au même titre que les autres ressources alimentaires, les adjutants tels que l'huile, ainsi que les méthodes de cuisson, sont importants pour la compréhension du monde nutritionnel des villageois des bois de *tapia*. Les teneurs en eau définies seront utiles à la meilleure compréhension de la contribution nutritionnelle de chaque ressource une fois que les fréquences et quantités réelles de consommations seront connues, qu'il s'agisse des produits sauvages ou des ressources agricoles. L'alimentation des villageois étant principalement basée sur le riz, carencé en thréonine et en lysine, comme la plupart des céréales (Bright et al., 1963), la faible teneur en lysine des ressources étudiées ici est probablement le résultat le plus préoccupant. Les champignons sont tous carencés en lysine et servent de relais lorsque le riz vient à manquer (chapitre 14). Cet acide aminé essentiel doit donc être prélevé dans d'autres ressources. Le manque pourrait être contrebalancé par la consommation de viande, mais lors de notre séjour sur le terrain, nous avons remarqué qu'elle est assez peu régulièrement au menu.

La conclusion de ce chapitre se doit d'insister sur la nature indispensable des ressources sauvages comestibles abritées dans la forêt, même si celles-ci n'ont pu, jusqu'à présent, être replacées dans un contexte agricole et nutritionnel réel, en termes biochimiques. Une meilleure compréhension des apports permis par chacune des ressources comestibles de l'environnement, forestière ou agricole, permettrait probablement d'envisager sa gestion de façon optimale eu égard à toutes ses ressources, telle que proposée et/ou constatée par DeFoliart (1997) et Dzerefos et al. (2013). La mise en œuvre de telles études écosystémiques pourrait déboucher sur une réorganisation de l'espace rural, au profit de mesures adéquates au maintien des formations de *tapia* et de leurs trésors.

Remerciements

Nous remercions la CUD (Commission universitaire pour le Développement) pour le financement des activités du projet GeVaBo, les villageois ayant participé aux récoltes de denrées comestibles, ainsi que le personnel des laboratoires qui nous ont accueillis pour les analyses de contenu.

15.5. BIBLIOGRAPHIE

- Agrahar-Murugkar D. & Subbulakshmi G., 2005. Nutritional value of edible wild mushrooms collected from the Khasi hills of Meghalaya. *Food Chem.*, **89**(4), 599-603.
- Akindahunsi A.A. & Oyetayo F.L., 2006. Nutrient and antinutrient distribution of edible mushroom, *Pleurotus tuber-regium* (fries) singer. *LWT. Food Sci. Technol.*, **39**(5), 548-553.
- Alofe F.V., 1991. Amino acids and trace minerals of three edible wild mushrooms from Nigeria. *J. Food Compos. Anal.*, **4**(2), 167-174.
- Block J.R. & Mitchell H.H., 1946. The correlation of the amino acid composition of proteins with their nutritive value. *Nutr. Abstr. Rev.*, **16**, 249.
- Boisen S., Bech-Andersen S. & Eggum B.O., 1987. A critical view on the conversion factor 6.25 from total nitrogen to protein. *Acta Agric. Scand.*, **37**(3), 299-304.

- Bright S.W.J. & Shewry P.R., 1963. Improvement of protein quality in cereals. CRC Crit. *Rev. Plant. Sci.*, **1**, 49-93.
- Bukkens S.G.F., 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecol. Food Nutr.*, **36**(2-4), 287-319.
- Byrne D., 2000. Méthodes d'analyses pour la détermination des vitamines A et E et du tryptophane dans l'alimentation. Directive 2000/45/CE du 6 juillet 2000. 32000L0045. *JOCE*, **174**, 32-50.
- Chakravorty J., Ghosh S. & Meyer-Rochow V.B., 2011. Chemical composition of *Aspongopus nepalensis* Westwood 1837 (Hemiptera; Pentatomidae), a common food insect of tribal people in Arunachal Pradesh (India). *Int. J. Vitamin Nutr. Res.*, **81**(1), 49-56.
- CEE, 1993. Dosage des protéines brutes. Directive 93/28/CEE de la Commission du 4 juin 1993. 31993L0028. *J. Officiel*, **L179**, 8-10.
- Christensen D.L. et al., 2006. Entomophagy among the Luo of Kenya: A potential mineral source? *Int. J. Vitamin Nutr. Res.*, **57**(3-4), 198-203.
- Cunningham E. & Marcason W., 2001. Entomophagy: what is it and why are people doing it? *J. Am. Dietetic Assoc.*, **101**(7), 785.
- Decary R., 1937. L'entomophagie chez les indigènes de Madagascar. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, **42**, 168-171.
- DeFoliart G.R., 1997. An overview of the role of edible insects in preserving biodiversity. *Ecol. Food Nutr.*, **36**(2-4), 109-132.
- DeFoliart G.R., 2002. *The Human Use of Insects as a Food Resource: A Bibliographic Account in Progress*. www.food-insects.com
- Degreef J., Malaisse F., Rammeloo J. & Baudart E., 1997. Edible mushrooms of the Zambezian woodland area, a nutritional and ecological approach. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **1**(3), 221-223.
- Dzerebos C.M., Witkowski E.T.F. & Toms R., 2013. Comparative ethnoentomology of edible stinkbugs in southern Africa and sustainable management considerations. *J. Ethnobiol. Ethnomedicine*, **9**(1), 20.
- Eggum B., 1985. The nutritional quality of protein in legumes and oil crops and the role of antinutritional factors. In: *Protein evaluation in cereal and legumes*. A seminar in the CEC programme of coordination of agricultural research on plant productivity, held in Thessaloniki, oct. 1985.
- FAO, 1990. *Report of the joint expert consultation on protein quality evaluation*. Rome: FAO.
- Fischler F., 1998. Méthodes d'analyse pour la détermination des teneurs en acides aminés, en matières grasses et olaquindox dans l'alimentation. Directive 98/64/CEE de la Commission du 3 septembre 1998. 31998L0064. *JOCE*, **L257**, 14-28.
- Folch J., Lees M. & Sloane Stanley G.H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509.
- Fontaneto D. et al., 2011. Differences in fatty acid composition between aquatic and terrestrial insects used as food in human nutrition. *Ecol. Food Nutr.*, **50**(4), 351-367.
- Gahukar R.T., 2011. Entomophagy and human food security. *Int. J. Trop. Insect Sci.*, **31**(3), 129-144.
- Katayama N. et al., 2008. Entomophagy: A key to space agriculture. *Adv. Space Res.*, **41**(5), 701-705.
- Kjeldahl J., 1883. neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Z. Anal. Chem.*, **22**, 366-382.
- Léger C.L. et al., 2005. *Risques et bénéfices, pour la santé, des acides gras trans apportés par les aliments. Recommandations*. Maisons-Alfort, France : AFSSA (Association française pour la sécurité sanitaire des aliments). 221 p.
- Lewis O., 1966. Short ion-exchange column method for the estimation of cystine and methionine. *Nature*, **209**, 1239-1241.

- Liu Y.T. et al., 2012. Chemical composition of five wild edible mushrooms collected from Southwest China and their antihyperglycemic and antioxidant activity. *Food Chem. Toxicol.*, **50**(5), 1238-1244.
- Lognay G. et al., 2008. *Ophioglossum polyphyllum* A. Braun in Seub. (Ophioglossaceae, Pteridophyta), a rare potherb in south central Tibet (T.A.R, P.R.China). *Geo-Eco-Trop*, **32**, 9-16.
- Luo Z.Y., 1997. Insects as food in China. *Ecol. Food Nutr.*, **36**(2-4), 201-207.
- Malaisse F. et al., 2003. Enfin «*Tubambe*» dévoile son identité! *Hadraphe ethiopica* (Bethune-Baker) (Limacodidae), une chenille comestible des forêts claires zambéziennes. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **7**(2), 67-77.
- Malaisse F. & Parent G., 1980. Les chenilles comestibles du Shaba méridional (Zaïre). *Nat. Belges*, **61**(1), 2-24.
- Moore S., Spackman D. & Stein W., 1958. Chromatography of amino acid on polystyrene sulfonated resins. *Anal. Chem.*, **30**, 1185-1200.
- Onore G., 1997. A brief note on edible insects in Ecuador. *Ecol. Food Nutr.*, **36**(2-4), 277-285.
- University of Crete and European Commission, 2001. Eurodiet Core Report: Nutrition and Diet for Healthy Lifestyles in Europe – Science and policy implications. *Public Health Nutr.*, **4**(2A), 265-273.
- US Department of Health and Human Services and the US Department of Agriculture, 2005. *Dietary Guidelines for Americans*. 6th ed. Washington: US Goverment Printing Office.
- Zhang N., Chen H., Zhang Y., Ma L. & Xu X., 2013. Comparative studies on chemical parameters and antioxidant properties of stipes and caps of shiitake mushroom as affected by different drying methods. *J. Sci. Food Agric.*, **93**, 3107-3113.

16 — Pertinence de la mise en œuvre des initiatives de Réductions des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD) pour les communautés locales. Cas des formations de *tapia* dans la région d’Itasy

Harifidy R. RATSIMBA, Zo H. RABEMANANJARA, Andriantsoa T. RABEFARIHY,
Fetra M. RABENILALANA, Thalès DE HAULLEVILLE, Jean-François BASTIN,
Jan BOGAERT, Bruno S. RAMAMONJISOA

La diminution du couvert forestier étant l’un des principaux responsables des émissions globales de gaz à effet de serre (GES), la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) a décidé de lancer, en 2007, un mécanisme visant la Réduction des Émissions de GES dus à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD). Ce mécanisme, via des incitants financiers, vise à encourager les pays en voie de développement, comme Madagascar, à développer des méthodologies de mesure, de rapportage et de vérification (MRV) des émissions de carbone forestier. Le succès de ce programme dépendra principalement d’une implication pleine et entière de la communauté locale dans la gestion durable des ressources forestières. Dans ce sens, quatre points essentiels méritent d’être approfondis : déterminer le stock disponible dans les formations de *tapia*, connaître la tendance des processus de déforestation et de dégradation, les localiser et comprendre les besoins des communautés locales en ressources forestières. Cette étude combine une approche de télédétection multitemporelle intégrant des capteurs de haute résolution, un inventaire de biomasse sur le terrain avec un échantillonnage stratifié systématique aléatoire au niveau des strates considérées (classe de forêt) et une étude socio-économique visant à identifier les acteurs de la déforestation/dégradation et à analyser leur pratiques de consommation des produits forestiers ligneux. Ces différentes analyses ont permis de démontrer que la formation de *tapia* est une formation à faible biomasse, présentant en moyenne $20,04 \pm 1,94 \text{ Mg.ha}^{-1}$ (tonne métrique à l’hectare) de biomasse sèche. La pression anthropique sur la formation de *tapia* est élevée et se manifeste par une déforestation continue de l’ordre de 3,26 % entre 1990 et 2000 et de 7,41 % entre 2000 et 2005. Nos enquêtes socio-économiques confirment cette tendance et identifient les communautés locales comme les acteurs majeurs de la déforestation, principalement par des activités de récolte de bois de chauffe, de production de charbon de bois, de construction et par la conversion de parcelles forestières en terrains agricoles. Ainsi, les mesures incitatives issues de mécanismes comme la REDD devraient permettre de compenser la non-déforestation et la non-dégradation (et donc, la « non-émission ») par les communautés locales si celles-ci sont impliquées à tous les niveaux.

Relevance of REDD (Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation) initiatives for local communities. Case of *tapia* forests in the Itasy region

The loss of forest cover is one of the main causes of global greenhouse gas (GHG) emissions. Consequently, the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) has

decided to launch in 2007 a mechanism for the reduction of GHG emissions due to deforestation and forest degradation (REDD). This mechanism, through financial incentives, is designed to encourage developing countries such as Madagascar, to develop methodologies for measuring, reporting and verification (MRV) of forest carbon emissions. The success of this program will depend on a full involvement of local communities in the sustainable management of forest resources. In this regard, four key points need to be analyzed: how to determine the available biomass in the *tapia* woodland, what is the trend of the processes of deforestation and degradation, where are located these processes and what are the needs of local communities in forest resources. This study integrates a multi-temporal remote sensing analysis using high resolution sensors combined with an inventory of biomass in the field based upon a stratified systematic random sampling at the forest level (forest class), and a socio-economic study to identify the actors of deforestation/degradation and to analyze their consumption practices of forest timber products. The analyzes have demonstrated that *tapia* is a low biomass forest with an average dry biomass of $20.04 \pm 1.94 \text{ Mg.ha}^{-1}$ (metric tons per hectare). Anthropogenic pressure on *tapia* woodland is high and is characterized by a continuous deforestation (a rate of 3.26% between 1990 and 2000 and 7.41% between 2000 and 2005). Our surveys confirm these trends and show that local communities are the major actors of deforestation, mainly by firewood harvesting, charcoal production, construction and conversion of woodland into cultivated land. Thus, incentives from mechanisms such as REDD need to compensate for the financial loss for local communities from non-deforestation and non-degradation (and thus, non-emission) if they are to be involved at all levels.

16.1. INTRODUCTION

L'intérêt pour les stocks de carbone forestier et leurs rôles dans les négociations internationales deviennent de plus en plus importants depuis la signature de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) en 2007 (Solomon et al., 2007). Cette situation est principalement liée au rôle important joué par les forêts dans le cycle du carbone et leur rôle potentiel dans la réduction et le stockage du CO_2 atmosphérique. En effet, 12 à 20 % des émissions de CO_2 sont liées à la déforestation et à la dégradation des forêts (Solomon et al., 2007), et ce principalement en zone tropicale (Houghton, 2005). Dans cette optique, la CCNUCC a développé un mécanisme visant à Réduire les émissions de GES (gaz à effet de serre) dus à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD). Celui-ci soutient notamment la prise en considération de « circonstances nationales », lesquelles ont pris de plus en plus de place dans les négociations internationales, du fait des différences visibles entre les politiques forestières et les taux de déforestation parmi les différents pays concernés (Solomon et al., 2007).

Chaque année, environ 13 millions d'hectares de forêts sont convertis en d'autres types d'occupations du sol (FAO, 2006). Cette destruction représente à elle seule un cinquième des émissions de carbone dans l'atmosphère et équivalait à peu près à 8 Gt CO_2 par an en 2000 (Houghton, 2003) soit par des processus directs (brûlis par exemple), soit indirectes (par décomposition des matériaux notamment).

Les données issues des évaluations de la FAO (généralement fournies par les gouvernements nationaux eux-mêmes) sont généralement inutilisables pour l'évaluation des change-

ments annuels à l'échelle locale, du fait de la résolution spatiale grossière des cartes proposées (Grainger, 2008). Pour améliorer ces estimations, il est primordial de travailler sur base d'une méthode permettant une étude temporelle, prenant en compte à la fois la variabilité des stocks de carbone à l'échelle du paysage et caractérisant les dégradations à l'échelle où elles ont lieu (Saatchi et al., 2011). Par conséquent, l'objectif global de cette contribution est d'analyser la pertinence de l'initiative REDD pour la formation de *tapia* dans la région d'Itasy. Pour ce faire, nous visons dans un premier temps (1) à déterminer le taux de déforestation et/ou de dégradation dans notre zone d'étude puis (2) d'analyser l'importance socio-économique de la déforestation et de la dégradation dans la formation de *tapia* dans notre zone d'étude. Ce travail scientifique cherche à vérifier l'hypothèse générale de recherche selon laquelle la REDD est la solution appropriée pour la gestion durable de la formation de *tapia*. Elle se décompose en deux hypothèses spécifiques (1) le taux de déforestation et/ou de dégradation ne cesse d'augmenter et (2) la déforestation et/ou la dégradation procurent aux communautés de multiples avantages nécessaires à leur subsistance.

16.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

16.2.1. Cartographie des formations de *tapia*

Parmi les différentes cartographies nationales établies jusqu'à maintenant nous pouvons citer celles de Humbert et Cours-Darne en 1965, de Faramalala en 1988, de Du Puy et Moat en 1996, et plus récemment de Moat et Smith en 2007. Cette dernière a apporté une attention particulière aux formations de *tapia* (*Uapaca bojeri* Baill.) en caractérisant spatialement sa distribution par rapport aux autres formations végétales (**Figure 16.1**, voir cahier couleur). Cette espèce est caractéristique des forêts sclérophylles de moyennes altitudes qui occupent le versant occidental des Hautes Terres malgaches. Ces formations végétales se situent entre 800 et 1 600 m d'altitude et sont dominées par le *tapia* (plus de 90 % de la surface terrière) dont la proportion varie dans la strate (étage) supérieure (Perrier de la Bâthie, 1921). C'est une plante vivace, ligneuse, pouvant atteindre 12 mètres de hauteur, mais des hauteurs de 3 à 7 m sont les plus fréquentes (Rajoelison et al., 2009).

À l'heure actuelle, n'ayant pas résisté aux pressions anthropiques et naturelles, le *tapia* ne persiste plus que sous forme d'îlots, notamment dans les régions d'Arivonimamo, Behenjy, Ibity, Ambositra, Ambatofindrahana et Isalo (Rakotoniriana, 2003). La présence de ces îlots témoigne d'une précédente plus vaste répartition sur cette partie centrale de l'île avec des formations plus diversifiées en espèces (Goodman et al., 2000). Ainsi, ces îlots se concentrent sur trois localités bien distinctes : la localité d'Arivonimamo/Miarinarivo dans la région d'Itasy, la localité d'Ambatofindrahana au centre dans la région d'Amoron'i Mania et la localité d'Isalo la plus au Sud qui est à cheval entre la région d'Ihorombe et la région d'Atsimo Andrefana (**Figure 16.1**, voir cahier couleur).

Parmi ces différentes localités, la région d'Itasy a été particulièrement étudiée dans le cadre de cette recherche du fait de l'importance de sa répartition Est-Ouest mais aussi et surtout de sa proximité à la plus grande ville de Madagascar, à savoir sa capitale Antananarivo, pour l'analyse des facteurs humains agissant sur la forêt, et en particulier, l'influence des besoins en bois de chauffe et en charbon de la population.

16.2.2. Situation géographique de la région d'Itasy

La région d'Itasy se trouve dans la partie centrale de Madagascar et est subdivisée en trois districts : Arivonimamo, Miarinarivo (chef lieu de Région) et Soavinandriana (**Figure 16.2**, voir cahier couleur). Parmi ces trois districts, seul Soavinandriana ne présente pas de formations de *tapia*. La région est très connue pour la production de soie issue du ver *Borocera cajani* lequel se nourrit principalement des feuilles de *tapia* (voir chapitres 1 et 2). Elle fait partie du domaine du Centre, et son climat est de type tropical d'altitude.

16.2.3. Télédétection et détermination des unités spatiales homogènes

L'étude s'est basée sur une analyse d'images Landsat TM multispectrale de 1990, 2000 et 2005 avec une résolution de 30 m. Une correction atmosphérique avec l'outil DARK SUBSTRACT du module ENVI 4.3 a été réalisée afin d'éliminer les effets des conditions atmosphériques au moment de la prise des images (Richter, 2005).

Une classification semi-supervisée basée sur l'utilisation successive de classifications non supervisée et supervisée a été appliquée. Une classification non supervisée avec le module ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technics*) d'ENVI a été effectuée pour obtenir une pré-classification de l'image. Le principe de la classification non supervisée est d'attribuer à chaque pixel une classe suivant sa signature spectrale (Tou et al., 1974) et fait ainsi apparaître les différentes unités spatiales avec des paramètres radiométriques plus ou moins homogènes dont les classes «*tapia* peu dégradée», «*tapia* dégradée» et «autres formations». La nomenclature a été réalisée avec une définition directe et *a priori* des classes. Suite à cela, une classification supervisée a été réalisée avec l'algorithme «maximum de vraisemblance» dans ENVI, classification basée sur une évaluation de la probabilité maximale d'attribution de chaque pixel aux zones d'entraînement spécifiées.

16.2.4. Validation des unités spatiales

Afin de vérifier la validité de la classification, un test de séparabilité de Jeffries-Matusita est effectué pour apprêhender la séparabilité par paire des zones d'entraînement (séparabilité des classes) (Richards, 1999). Parallèlement, il est effectué une évaluation des erreurs de classification à l'aide du coefficient de Kappa, lequel correspond au rapport entre l'erreur associée à la classification réalisée et les observations de terrain.

La même méthode a été appliquée sur les trois images pour les années 1990, 2000 et 2005 (sans validation terrain pour les images de 1999 et 2000, car seule la classification de l'image avec la date la plus proche de la date de réalisation des récoltes sur terrain a été utilisée pour la validation de la méthode).

16.2.5. Inventaire de biomasse et collecte d'échantillons pour analyse de densité

L'inventaire de la biomasse est basé sur les mêmes principes que l'inventaire forestier classique. Des prélèvements d'échantillons pour chaque compartiment de l'arbre (tronc, branches, houppier) ont aussi été effectués. Ainsi, un ensemble de 492 placettes a été installé de manière stratifiée (distribution dans les classes) systématique et aléatoire (500 m × 500 m).

Les plots étaient circulaires avec un rayon de 12,5 m (Plugge et al., 2010) et étaient stratifiés en fonction des différents classes préétablies lors de la classification : « *tapia* peu dégradée » et « *tapia* dégradée » et « autres formations ». Dans ce sens, 492 placettes ont été réalisées avec des relevés de diamètre à 1,30 m de hauteur ($d_{1,30m}$) et de hauteur totale (ht) pour tous les individus de $d_{1,30m} \geq 5$ cm. L'évaluation de la biomasse totale a été obtenue en utilisant l'équation allométrique de la formation de *tapia* en considérant trois compartiments de l'arbre (tronc, branches, houppier) (Rajoelison et al., 2009) :

$$M_{tot}(t) = 0,263 d_{1,30}^{1,7247} + 0,523 d_{1,30}^2 - 13,349 d_{1,30} + 95,47 + 0,3573 e^{0,151d_{1,30}}$$

où M_{tot} = biomasse totale [kg] et $d_{1,30}$ = diamètre à 1,30 m [cm]. Et, pour le calcul du stock de carbone, l'équation suivante a été appliquée (Penman et al., 2003) :

$$C(t) = \frac{M_{tot}(t)}{2}.$$

La **figure 16.3** résume le dispositif de collecte de données de biomasse.

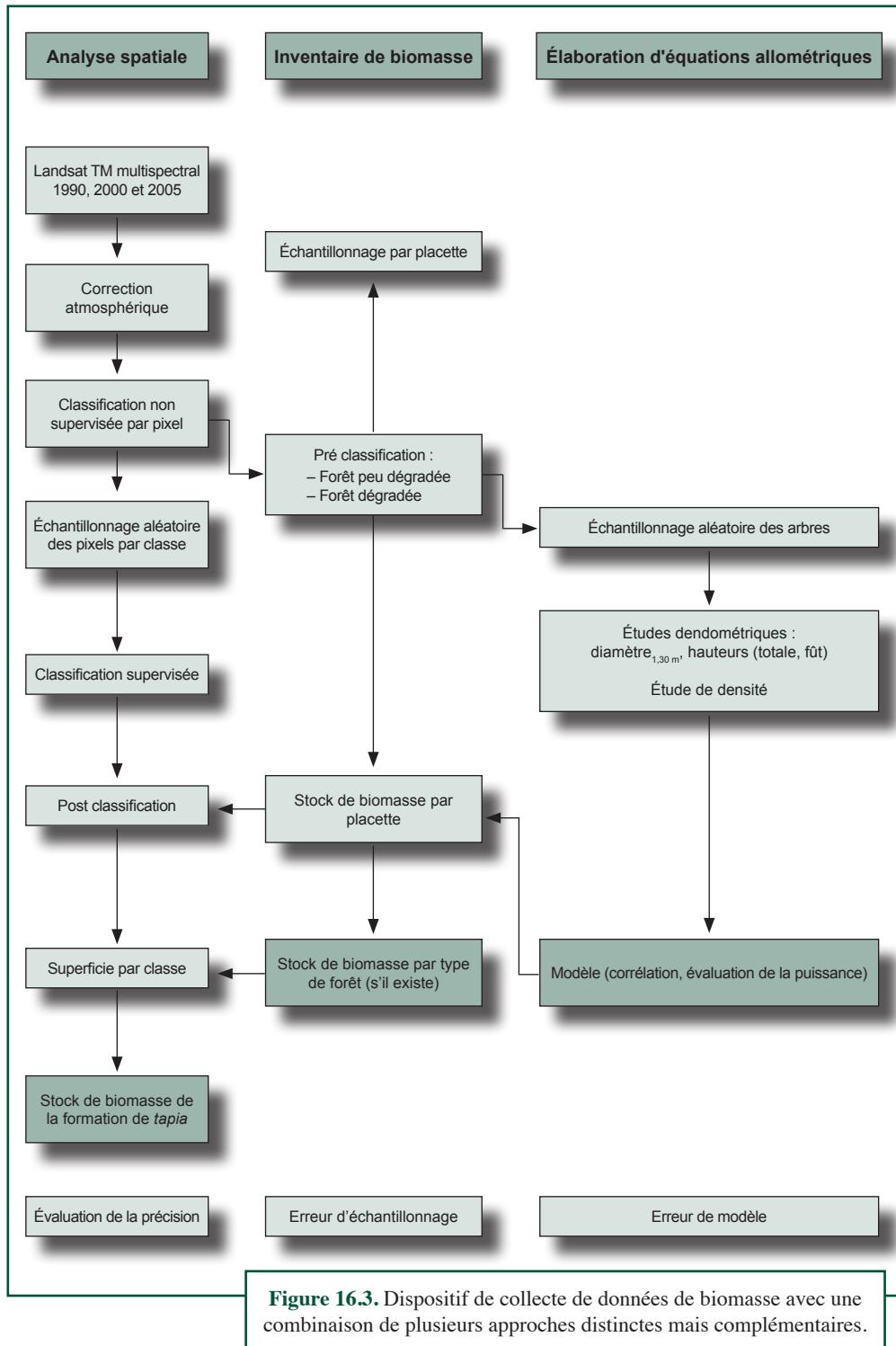
16.2.6. Analyse des agents et des facteurs de déforestation/dégradation

La diminution de la déforestation et de la dégradation des forêts passe par l'identification des causes directes, des acteurs ainsi que l'importance économique pour la communauté locale des ressources forestières (Rabemananjara et al., 2011). L'approche filière est le cadre méthodologique choisi pour l'étude qui confère une large gamme d'outils pour les analyses de l'organisation d'un système économique. Chaque type d'usage est alors considéré comme une filière. Dans cette contribution, on entend par « usage » la production de biens ou services dans la forêt qui contribuent à la satisfaction de besoins des communautés.

Selon Duteurtre et al. (2000), la démarche de l'analyse de filière comporte essentiellement (1) une analyse fonctionnelle des usages ; il s'agit de repérer les acteurs et de les classifier selon des critères pertinents relatifs aux caractéristiques de l'usage (typologie des acteurs) ; ces différents types d'acteurs agissent selon leur propre stratégie qui est influencée par la conjoncture économique, socio-institutionnelle et politique locale ; ceci conduit alors à détecter les divers flux de produits ; (2) une analyse de la consommation ; l'objectif de l'étude est de caractériser les pertes en carbone de la forêt ; il s'agit alors de traduire les différents usages en termes de volume de bois perdu ou en termes de superficie défrichée ; (3) une analyse économique de l'usage ; elle sera focalisée essentiellement sur l'estimation des valeurs d'usage direct ; pour les produits qui font l'objet d'une transaction économique, la valeur économique de l'usage est évaluée à partir du montant perçu lors de la vente des produits (valeur réelle) tandis qu'elle s'appuie sur des valeurs de substitution pour les produits destinés à la consommation de ménage.

16.2.7. Échantillonnage pour l'analyse des usages

Le choix de villages à enquêter s'était appuyé sur plusieurs critères dont les types d'usage, les niveaux d'ampleur des pressions sur les ressources forestières donnant une idée sur l'intensité des usages et la distance au marché. Le degré de pression sur les ressources a été apprécié à partir de l'observation de cartes de déforestation de la zone d'étude. Pour la mesure de la distance au marché, les villages situés à moins de 5 km à vol d'oiseau de centres d'écoulement ont été considérés comme proches du marché. Ces deux critères ont été retenus



à cause de leur souplesse et leur facilité d'adaptation au cas particulier d'un site. Il est à noter que les cartes produites jouent un rôle important dans ce processus d'échantillonnage. Les sites visités répondant à ces critères sont repris dans le **tableau 16.1**. Les ménages sont les unités de base les plus valables pour quantifier et évaluer les usages car ce sont les principaux consommateurs et éventuellement les acteurs de la filière. Les unités d'exploitation de produits forestiers sont les principaux informateurs sur les flux des produits, le mécanisme de formation des prix, l'approvisionnement et la vente des produits. Le nombre total des ménages faisant l'objet des enquêtes s'élèvait à 306. Par rapport à la population totale de la zone d'étude, cet effectif représente un taux d'échantillonnage de l'ordre de 3,5 %.

Tableau 16.1. Localités visitées dans la région d'Itasy. Le choix des sites est basé sur trois principaux critères influençant l'intensité des usages.

Sites pour la caractérisation des usages	Critères					
	Type d'usage (Caractérisation)		Ampleur de dégradation (Intensité)		Distance par rapport au marché	
	Forestier	Sol	Forte	Faible	Proche	Loin
Antoby Est		×	×		×	
Soamahamanina	×			×	×	
Imerinavaratra (Arivonimamo)	×	×		×		×
Vatolaivy (Arivonimamo II)	×			×		×
Tsarahonenana (Miarinarivo)	×			×		×
Antsahamaina (Miarinarivo)	×	×	×			×
Imerinandrefana (Miarinarivo)		×	×			×
Analakely (Miarinarivo II)	×		×		×	

16.3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

16.3.1. Unités spatiales

L'analyse des images Landsat TM de 2005 a permis d'obtenir trois classes d'occupation du sol distinctes : « *tapia* peu dégradée », « *tapia* dégradée » et « autres formations ». Cependant, les validations sur le terrain à l'aide des données de biomasse ont montré que la différence entre les deux classes de *tapia* n'est pas significative. En effet, le *tapia* est une formation ouverte résultante d'un grand nombre de dégradations ultérieures et que les variations actuelles ne sont plus perceptibles au niveau du changement de couverture. Les classes observées ont donc été fusionnées en une unique classe « *tapia* ». Les deux strates ainsi obtenues (« *tapia* » et « autres formations ») possèdent un seuil de séparabilité $> 80\%$.

16.3.2. Biomasse et tendance actuelle

La valeur moyenne de biomasse observée est de $20,04 \pm 1,94 \text{ Mg.ha}^{-1}$ de matière sèche, ce qui montre un taux de carbone relativement faible par rapport aux données de référence en milieu tropical (Penman et al., 2003). En effet, en 2005, le *tapia* contenait seulement 180 228,43 tonnes métriques de carbone comme précise le **tableau 16.2**. La comparaison des cartes de 1990, 2000 et 2005 a permis de calculer les différents taux annuels de déforestation ainsi que leur localisation. Ce taux est croissant avec une valeur moyenne annuelle de 3,26 % entre 1990 et 2000 et une valeur de 7,41 % entre 2000 et 2005, ce qui correspond à

l'hypothèse de départ. La déforestation va ainsi en s'accélérant et seuls les lambeaux autour d'Arivonimamo constituent aujourd'hui le noyau dur de la formation restante dans la région d'Itasy (**Figure 16.4**, voir cahier couleur). Néanmoins, cette tendance doit être confirmée par l'analyse des tendances des usages des produits forestiers.

Tableau 16.2. Évolution temporelle de la quantité de biomasse et de stock de carbone. Diminution de la quantité de biomasse et du stock de carbone entre les années 1990, 2000 et 2005 dans la région d'Itasy.

	1990	2000	2005
Surface de formation de <i>tapia</i> (ha)	38 569,57	28 645,92	17 988,66
Biomasse (tonnes métriques)	772 934,32 ± 74 439,27	574 064,37 ± 55 286,62	360 492,84 ± 34 718,11
C (tonnes métriques)	386 428,59 ± 37 219,63	287 003,54 ± 27 643,31	180 228,43 ± 17 359,05

16.3.3. Facteurs explicatifs des évolutions des unités spatiales et du stock de biomasse : les usages

D'une manière générale, les types d'usages les plus importants répertoriés dans la zone d'étude qui affectent la biomasse ligneuse de formation de *tapia* sont respectivement la production de bois de chauffe, la production de charbon, l'utilisation du bois pour la construction, et la conversion de l'espace forestier en superficie agricole. Les impacts d'autres activités secondaires telles que la collecte de soie sauvage, de chrysalides, de fruits ainsi que de champignons sont supposés minimes et ne seront pas développés dans l'analyse.

• *Production de bois de chauffe*

La dépendance de la population de la zone d'étude au bois de chauffe fourni par la formation de *tapia* est élevée, à défaut d'autres énergies de substitution. La nature des aliments des ruraux favorise également l'utilisation de *tapia* : plus de 95 % des enquêtés affirment que le bois de chauffe de *tapia* convient mieux à la cuisson des tubercules assurant pendant plus de sept mois de l'année, la base de l'alimentation des ruraux suite à l'épuisement précoce du riz. Le taux de l'utilisation du bois de chauffe collecté dans la formation de *tapia* et à vocation énergétique diffère largement d'une commune à l'autre. Pour illustrer cette différence, si cette dépendance atteint 65 % dans la commune d'Antoby, elle tourne autour de 40 % dans les communes de Soavimbazaha et de Soamahamanina. Selon les résultats d'enquête, la consommation annuelle moyenne, par individu, de bois de chauffe provenant de *tapia* s'élève à $0,51 \pm 0,03 \text{ m}^3$. La totalité des communes de la zone d'étude dépendant du *tapia* comme source énergétique utilise sur une année 9936 m^3 de bois. La vente formelle de bois de chauffe provenant de *tapia* reste peu fréquente sur les zones d'études. La commercialisation existe seulement dans les communes de Zomabealoka et d'Arivonimamo II, et même là, c'est un fait rare. Ainsi, le prix d'un paquet de bois de chauffe (correspondant à un volume d'un dixième de mètre cube) varie de 1 500 à 2 000 MGA soit l'équivalent de 1 €. Un mètre cube de bois de chauffe vaut alors approximativement 20 000 MGA. Les valeurs totales de la consommation annuelle ont été estimées à 17 millions MGA (8 500 €).

• *Production de charbon de bois*

Soixante-sept charbonniers, répartis sur trois communes, ont été recensés dans les formations de *tapia*. Ces charbonniers opèrent de manière illicite étant donné que la production de charbon

est interdite dans les formations de *tapia*. La majorité de ces charbonniers est localisée dans la commune d'Antoby-Est. Il n'existe pas d'intermédiaire entre les consommateurs en ville et les charbonniers, qui assurent eux-mêmes la livraison. La production du charbon cible l'agglomération urbaine. Comme la production, la commercialisation des produits s'effectue également de manière clandestine. La livraison au niveau des gargotes ou des ménages se passe le plus souvent au début de la matinée. Actuellement, la ville de Miarinarivo constitue la zone de consommation la plus importante de charbon clandestin dans les sites d'étude. Un consommateur estime apercevoir une quantité journalière variant de 20 à 50 sacs de charbon venus en ville. Le charbon, dans cette localité, provient essentiellement d'Antoby-Est qui enregistre environ 20 charbonniers répartis sur deux hameaux. Un charbonnier assure la production de 3 à 4 fours de charbon en une semaine. La compilation des résultats de données collectées sur terrain a permis d'affirmer que la production annuelle totale du charbon de *tapia* a été évaluée à 37 740 kg soit 54 m³. Cette quantité nécessite l'utilisation d'une quantité de bois frais d'environ 108 m³, volume équivalent bois rond. Partant d'un prix moyen par kilo estimé à 250 MGA, les valeurs annuelles de la production du charbon issu des forêts de *tapia* s'élèvent à 9 435 000 MGA soit 4 700 €.

- *Bois de construction*

La population utilise le *tapia* comme bois de construction pour ses maisons, accessoires d'usage quotidien et parcs à bétails. Les riverains sont les principaux acteurs impliqués dans l'utilisation du bois de *tapia*. Selon les informations obtenues par l'enquête, la construction d'une maison nécessiterait en moyenne $0,065 \pm 0,002$ m³ de bois. La durée de vie de ces maisons varie de 5 à 10 ans, voire davantage. La commune d'Antoby-Est consomme plus de bois (de $0,080 \pm 0,001$ m³ par ménage) tandis que Miarinarivo II a une consommation plus faible ($0,037 \pm 0,004$ m³ par ménage). Le volume total de bois consommé par les ménages enquêtés atteint 10,43 m³ par an. Étant donné que les bois de *tapia* ne se vendent pas, il serait nécessaire de se servir du prix des autres espèces. Un mètre cube de bois d'eucalyptus utilisable en construction vaut approximativement 50 000 MGA soit 25 €. La valeur du bois total utilisé par les ménages pour la construction est par conséquent estimée à 521 500 MGA (260 €) annuellement.

- *Conversion de l'espace forestier en terrain agricole*

Les pratiquants de ce type d'utilisation de la forêt sont principalement les riverains des bois de *tapia*. Le défrichement permet aux riverains de disposer à la fois de terrains de culture mais aussi de matière première, servant soit de bois de chauffe, soit de base pour la production de charbon, soit pour la construction. Quant aux produits agricoles issus des cultures sur défrichement, ils sont destinés à la fois à l'autoconsommation et à l'approvisionnement des marchés régionaux ou nationaux.

Les terrains forestiers convertis sont affectés aux cultures de manioc, haricot, maïs, ananas et *voandzou* (*voanjobory*). L'agriculture y est largement prédominée par le manioc occupant plus de 80 % des surfaces totales annuelles défrichées. Les surfaces forestières transformées annuellement en terrains de cultures vivrières ont été évaluées à 3 150 ha selon les questionnaires. Ensemble, les valeurs de différentes cultures dans les parcelles défrichées dans les formations de *tapia* d'Itasy sont évaluées à 4 476 millions MGA (2 238 000 €). L'importance économique de chaque usage, montrant l'importance des valeurs financières des cultures vivrières installées après défrichement de forêts, est ainsi récapitulée dans le **tableau 16.3**.

Tableau 16.3. Surfaces annuelles défrichées et valeur générée par les productions successives.

Culture	Surface totale défrichée (ha)	Production (kg)	Valeur générée (MGA)
Manioc	2 749,32	8 247 960	4 123 980 000
Haricot	53,87	80 798	48 478 500
Maïs	188,06	376 110	225 666 000
Ananas	107,73	53 865	24 239 250
<i>Voandzou</i>	51,03	76 545	53 581 500
Total	3 150	8 835 278	4 475 945 250

L'importance socio-économique des bénéfices procurés par les différents usages du bois des formations de *tapia* est ainsi démontrée pour les sites d'Itasy. En intégrant les valeurs de tous les usages pratiqués, les retombées financières directes et indirectes annuelles créées par la déforestation et la dégradation des forêts de *tapia* d'Itasy ont été estimées globalement à 4 500 millions MGA soit 2 250 000 € (**Tableau 16.4**). Ainsi, il est essentiel pour la suite de l'analyse de savoir dans quelle mesure les bénéfices octroyés par la vente du carbone dans le cadre du REDD substitueront ces manques à gagner.

Tableau 16.4. Situation globale des usages et des valeurs générées par les produits ligneux, non ligneux et les produits issus des sols forestiers. Bénéfices économiques élevés issus des produits de défrichement dans la région d'Itasy.

Produits de l'usage (dans la Région)	Consommation annuelle en bois de <i>tapia</i> (m ³)	Production annuelle (kg)	Valeur (MGA)
Produits Forestiers Ligneux			
Bois de chauffe	9936		17 000 000
Charbon de bois	108		9 435 000
Bois de construction	10		521 500
Produits de défrichement			
Manioc		8 247 960	
Haricot		80 798	
Maïs		376 110	4 475 945 250
Ananas		53 865	
<i>Voandzou</i>		76 545	

16.3.4. Pertinence de la REDD dans l'amélioration de la gestion de formations de *tapia*

Du point de vue technique, il semble que la REDD est appropriée pour résoudre les problèmes conduisant au déclin des forêts. En fait, les enjeux socio-économiques liés à l'utilisation des forêts sont relativement importants. De même, avec le même rythme de dégradation de 7,41 % et en absence d'une bonne régénération naturelle, le bois de *tapia* risque de disparaître entièrement dans les 15 prochaines années. Selon les résultats antérieurs, la valeur moyenne de biomasse était de $20,04 \pm 1,94 \text{ Mg.ha}^{-1}$, ce qui est faible par rapport à la valeur moyenne des forêts tropicales humides de montagne, de l'ordre de 191 Mg.ha^{-1} (Penman et al., 2003). Partant d'une superficie totale de 18 000 ha de formations de *tapia* dans les sites d'étude, la quantité totale de carbone contenue dans les formations de *tapia* est

estimée alors à 180 000 tonnes métriques. Avec un prix moyen par tonne de 5,5 USD, les gains attendus annuels de la vente de carbone seront de 1 980 millions MGA soit 1 100 000 €. Ces bénéfices bruts couvrent à peine le tiers des gains des communautés tirés des usages des forêts. Cette perte des valeurs liée à la cessation des activités économiques non renouvelables dans la forêt constitue le manque à gagner qu'il faudra compenser. Ainsi, d'un point de vue strictement économique, l'initiative REDD à elle seule ne sera pas du tout rentable en absence d'autres alternatives complémentaires.

16.4. CONCLUSION

Les effets des changements climatiques commencent à être de plus en plus ressentis (Solomon et al., 2007) et ont progressivement donné de la valeur aux recherches sur les méthodes possibles de stockage des gaz à effet de serre, et aux moyens de limiter leurs émissions. Dans ce sens, le mécanisme de Réduction des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation (REDD) s'impose comme une solution possible au problème, en particulier dans les pays tropicaux en voie de développement comme Madagascar, où le déboisement et la dégradation des forêts constituent les principales sources de dioxyde de carbone.

La présente étude, combinant plusieurs méthodes, à savoir une analyse par télédétection d'images Landsat TM multispectrale, un inventaire de biomasse sur le terrain et une analyse des usages des formations de *tapia*, a démontré que la déforestation est fortement liée aux différents usages pratiqués par les communautés locales. En se basant sur le volume de bois prélevé au niveau des formations de *tapia*, les usages contribuant à la dégradation et au déboisement du *tapia* sont, par ordre d'importance : la collecte de bois de chauffe, la carbonisation, la collecte de bois pour la construction et la conversion en terrain agricole. Mais du point de vue économique, le défrichement pour les activités agricoles génère à lui seul plus de 99 % des gains globaux annuels. La proximité des ressources explique le fort recours au *tapia*. Pour la majorité des cas, les points de collecte ont été localisés à moins de 1 km des lieux d'habitation, expliquant les tendances observées des différents usages comme la conversion des terres forestières en terres agricoles et l'utilisation de bois de chauffe dans l'étude cartographique.

Certes, les bois de *tapia* présentent un taux de carbone à l'hectare extrêmement faible, mais jouent un rôle prépondérant dans les moyens de subsistance des communautés. Les bénéfices globaux procurés par le *tapia* ont été évalués à environ 4 500 millions MGA soit 2 250 000 €. En supposant que ces formations seront engagées dans le processus REDD, la vente de 180 000 tonnes de carbone permettra de générer environ 1 100 000 €. Du point de vue purement économique, l'analyse a montré qu'en absence d'alternatives, les gains procurés par les budgets attendus de la vente de carbone ne couvrent pas du tout les pertes liées à la cessation de différents usages, du fait de la faible biomasse de la formation de *tapia*. Le développement d'alternatives de substitution comme l'appui des spéculations porteuses non destructives peut contribuer ainsi à limiter l'usage de *tapia*, tout en assurant une compensation pour la cessation des activités non renouvelables en forêt. À l'exemple du District d'Arivonimamo appartenant à la région d'Itasy, le fait que certaines localités disposent de parcelles de reboisement privé favorise de manière significative l'abandon de l'emploi de *tapia* comme source d'énergie domestique. Des mesures visant en l'augmentation des couvertures boisées pourront être

des solutions immédiates à cette situation. Il faut tenir compte des expériences positives de différents projets de reboisement communautaire travaillant dans la zone. Mais des mesures réglementaires et institutionnelles devraient être prises en même temps. Plus particulièrement, il est nécessaire de redynamiser l'application de l'arrêté régional de la protection des formations de *tapia* établie depuis 2009, lequel n'est toujours pas fonctionnel sur le terrain. Les capacités techniques et administratives des communautés de base auxquelles est confiée la gestion de formation *tapia* méritent aussi un renforcement. Cependant, il importe aussi de travailler sur des incitations à court terme et à moyen terme. Ces incitations viseront en premier lieu la déforestation issue de la conversion des terres mais également celle issue de l'utilisation de bois de chauffe en milieu rural et urbain. Le soutien à la filière de soie sauvage qui est conduite actuellement de manière traditionnelle est fortement suggéré parmi tant d'autres.

Remerciements

Nous tenons à remercier InterCoopération Suisse par l'intermédiaire du Projet REDD FORECA (Réductions des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts – FOrêts engagées pour la REduction des émissions de CARbone) et la CUD (Commission universitaire pour le Développement) en partenariat avec Gembloux Agro-Bio Tech par le projet GeVaBo (Gestion et Valorisation du ver à soie *Borocera*) pour leurs appuis financiers et techniques.

16.5. BIBLIOGRAPHIE

- Du Puy D.J. & Moat J.F., 1996. A refined classification of the primary vegetation of Madagascar based on the underlying geology: using GIS to map its distribution and to assess its conservation status. In: Lourenço W.R. (ed.). *Proceedings of the International Symposium on the Biogeography of Madagascar*. Paris: ORSTOM. p. 205-218.
- Duteurtre G., Koussou M.O. & Leteul H., 2000. *Une méthode d'analyse des filières*. Synthèse de l'atelier du 10 au 14 avril 2000. LRVZ, N'Djamena. Montpellier, France : CIRAD.
- Faramalala M.H., 1988. *Étude de la végétation de Madagascar à l'aide des données spatiales*. Doctoral Thesis, Univ. Paul Sabatier de Toulouse.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2006. *Forest Resources Assessment*. Rome: FAO. Forestry Paper.
- Goodman S.M. & Ratsirarson J., 2000. Écologie des Hauts Plateaux : changement de la communauté, biogéographie et les effets de l'isolation et de la fragmentation. In : Ratsirarson J. & Goodman S.M. (éds). *Monographie de la Forêt d'Ambohitantely*. CIDST. Série Sciences Biologiques n°16, 131-141. Antananarivo : Ministère de la Recherche Scientifique.
- Grainger A., 2008. Difficulties in tracking the long-term global trend in tropical forest area. *PNAS*, **105**, 818-823.
- Houghton R.A., 2003. Revised estimates of the annual flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. *Tellus B*, **55**, 378-390.
- Houghton R.A. , 2005. Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. *Global Change Biol.*, **11**(6), 945-958.
- Humbert H. & Cours-Darne G., 1965. *Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques*, hors sér. 3, maps. Paris : ORSTOM.
- Moat J. & Smith P., 2007. *Atlas of the Vegetation of Madagascar*. Kew, UK : Kew Publishing.

- Penman J. et al., 2003. *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie*. Kanapawa : Japon : Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- Perrier de la Bâthie, 1921. La végétation malgache. *Ann. Mus. Colon. Marseille*, sér. 3, **9**, 1-268.
- Plugge D. et al., 2010. Combined biomass inventory in the scope of REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Degradation). *Madagascar Conserv. Dev.*, **5**(1), 23-34.
- Rabemananjara Z., Rabefarify T. & Ramamonjisoa B., 2011. Socio-economic analysis. In: "REDD+ from a bottom-up perspective – Tools for REDD+ with a mechanism of direct incentives. Antananarivo: ESSA Forêts. University of Antananarivo and Helvetas Swiss Intercooperation. www.tinyurl.com/REDD-Foreca-Madagascar
- Rajoelison L.G. et al., 2009. *Inventaire de biomasse dans les forêts de tapia. Régions d'Itasy (Miarinarivo) et Amoron'I Mania (Ambatofinandrahana) Madagascar*. Antananarivo : Laboratoire de Recherches appliquées, Foresterie – Développement.
- Rakotoniriana H.J., 2003. Amélioration de la régénération par essai de culture *in vitro* des graines de *tapia* (*Uapaca bojeri*) et de ses champignons en vue d'une symbiose mycorhizienne. Mémoire de DEA. Université de Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Richards J.A., 1999. *Remote Sensing – Digital Image Analysis*. Berlin: Springer-Verlag. 363 p.
- Richter R., 2005. *Atmospheric/Topographic correction for satellite imagery*. Wessling, Germany: Remote Sensing Data Center. German Aerospace Center. 99 p.
- Saatchi S.S. et al., 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *PNAS*, **108**, 9899-9904.
- Solomon S. et al., 2007. *Technical Summary. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 98 p.
- Tou J.T. & Gonzalez R.C., 1974. *Pattern Recognition Principles*. Reading, USA: Addison-Wesley Publishing Company. 689 p.



Figure 1.1. *Borocera cajani* moths.

1. Female ; 2. Male.

© Razafimanantsoa T.M.



Figure 1.2. Fifth instar *Borocera cajani*. © Razafimanantsoa T.M.



Figure 1.4. *Uapaca bojeri* forest in

Arivonimamo, 2009.

© Razafimanantsoa T.M.



Figure 1.5. Wrapping during the *Famadihana* in Arivonimamo, 2009.

1. Mortal remains out of the grave; 2. Shroud made by *Bombyx mori*; 3. Wrapping; 4. Dance with mortal remains wrapped in silk shrouds. © Razafimanantsoa T.M.



Figure 2.3. Larvae of the three silk moth species identified in Imamo tapia forest.
1. *Borocera cajani*;
2. *Borocera marginepunctata*;
3. *Europtera punctillata*.
© Razafimanantsoa T.M.



2



Figure 3.2. 1. Disposition de l'élevage individuel © Wilmet L.;
2. Larve stade 5 de *Borocera cajani*
© Razafimanantsoa T.M.

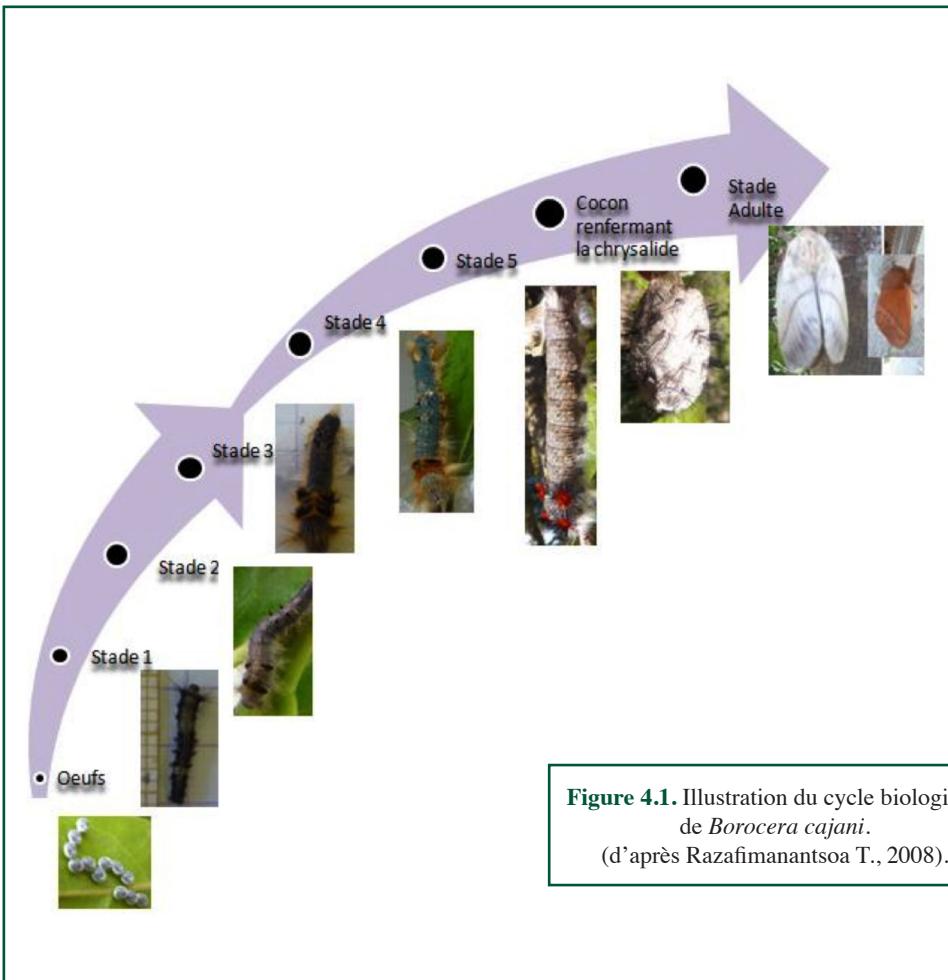


Figure 4.1. Illustration du cycle biologique de *Borocera cajani*.
(d'après Razafimanantsoa T., 2008).

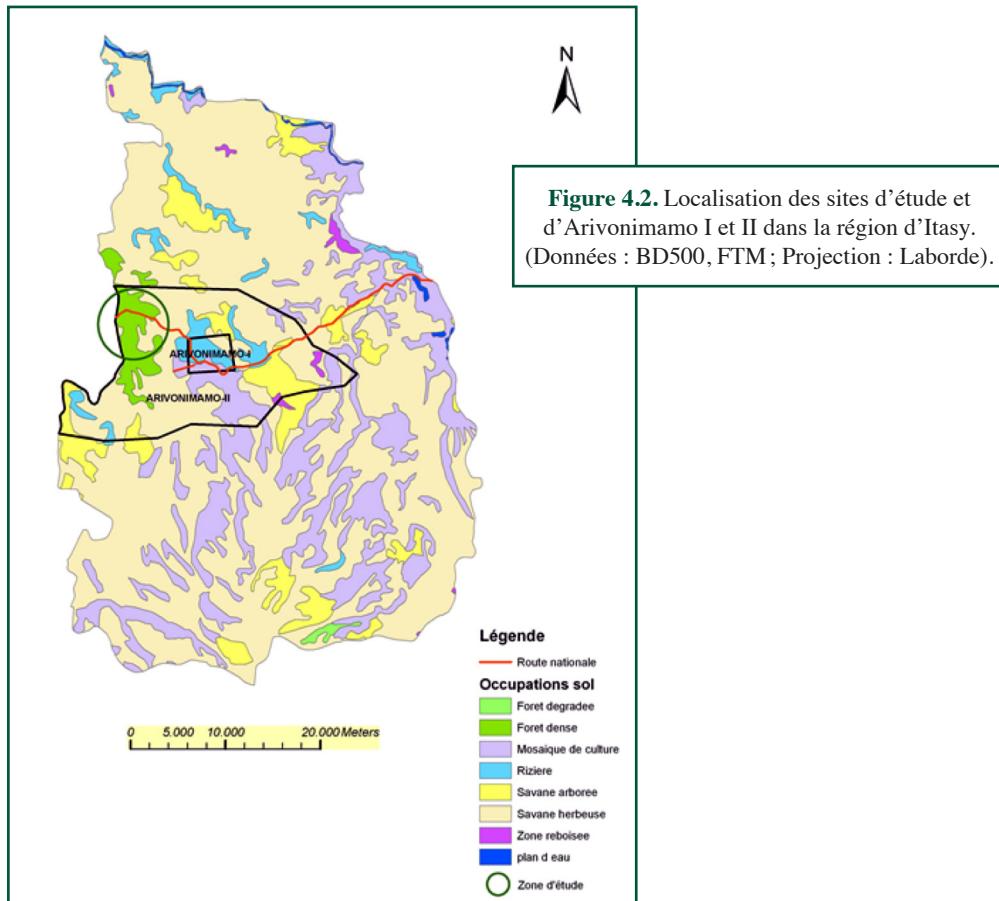




Figure 6.3. Counting cages. One dark face and three faces exposed to light. Introduced moths are attracted by light coming through these sides and do not try to move backwards. The cages are turned upside down at the end of the sampling night to release the caught individuals. © Barsics F.



Figure 7.1. Bois de *tapia* de Kianjamarina (Arivonimamo). © Hecq F.

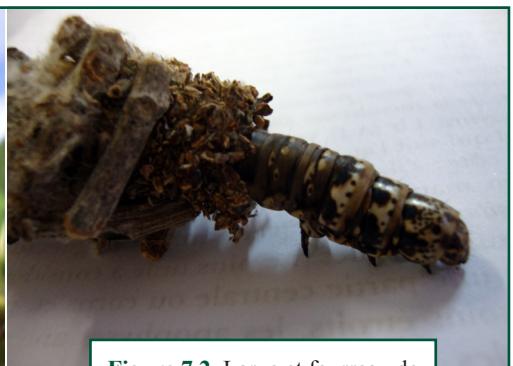


Figure 7.2. Larve et fourreau de Psychidae. © Hecq F.



Figure 7.3. Les deux différents types de fourreaux (à gauche fourreau avec les brindilles situées longitudinalement et à droite transversalement.

© Hecq F.



Figure 7.6. Soie de l'intérieur de fourreau de *fanganabola*. © Hecq F.



Figure 7.7. Fourreau débarrassé des plus grosses brindilles. © Hecq F.



Figure 7.8. Fil de soie de Psychidae extrait de 338 fourreaux. © Hecq F.

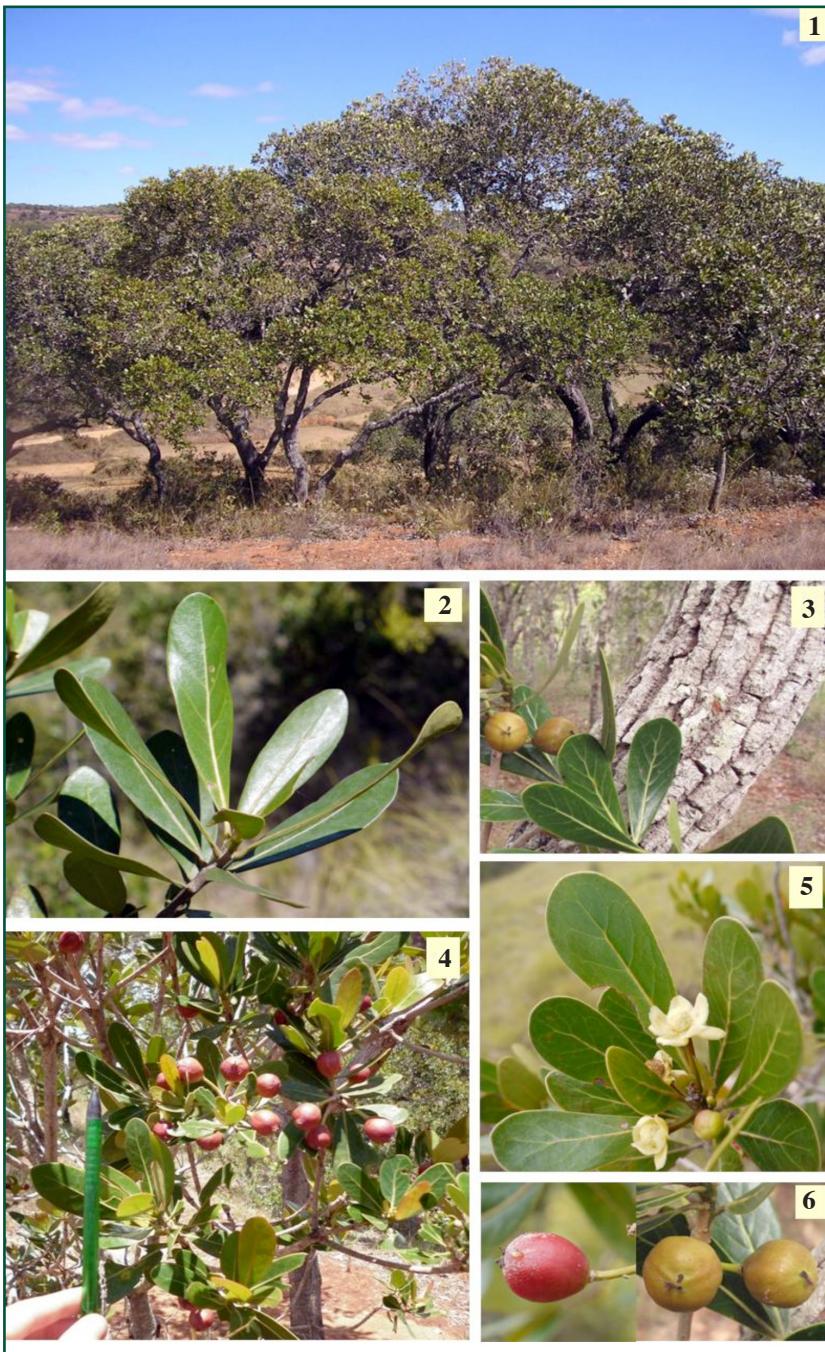


Figure 8.2. *Uapaca bojeri* Baill.
1. Quelques individus ; 2. Feuilles ; 3. Tronc ; 4. Fructification ;
5. Inflorescence ; 6. Fruits. © Rakotondrasoa O.L. (1, 4),
Pinel R. (2, 5) et Malaisse F. (3, 6).



Figure 10.4. Peuplement à *U. bojeri* (surface terrière de $15,1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$). Ce peuplement correspond parfaitement à la valeur pivot de $15 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ qui est suggérée pour distinguer les savanes boisées des forêts claires. © Rakotondrasoa O.L.



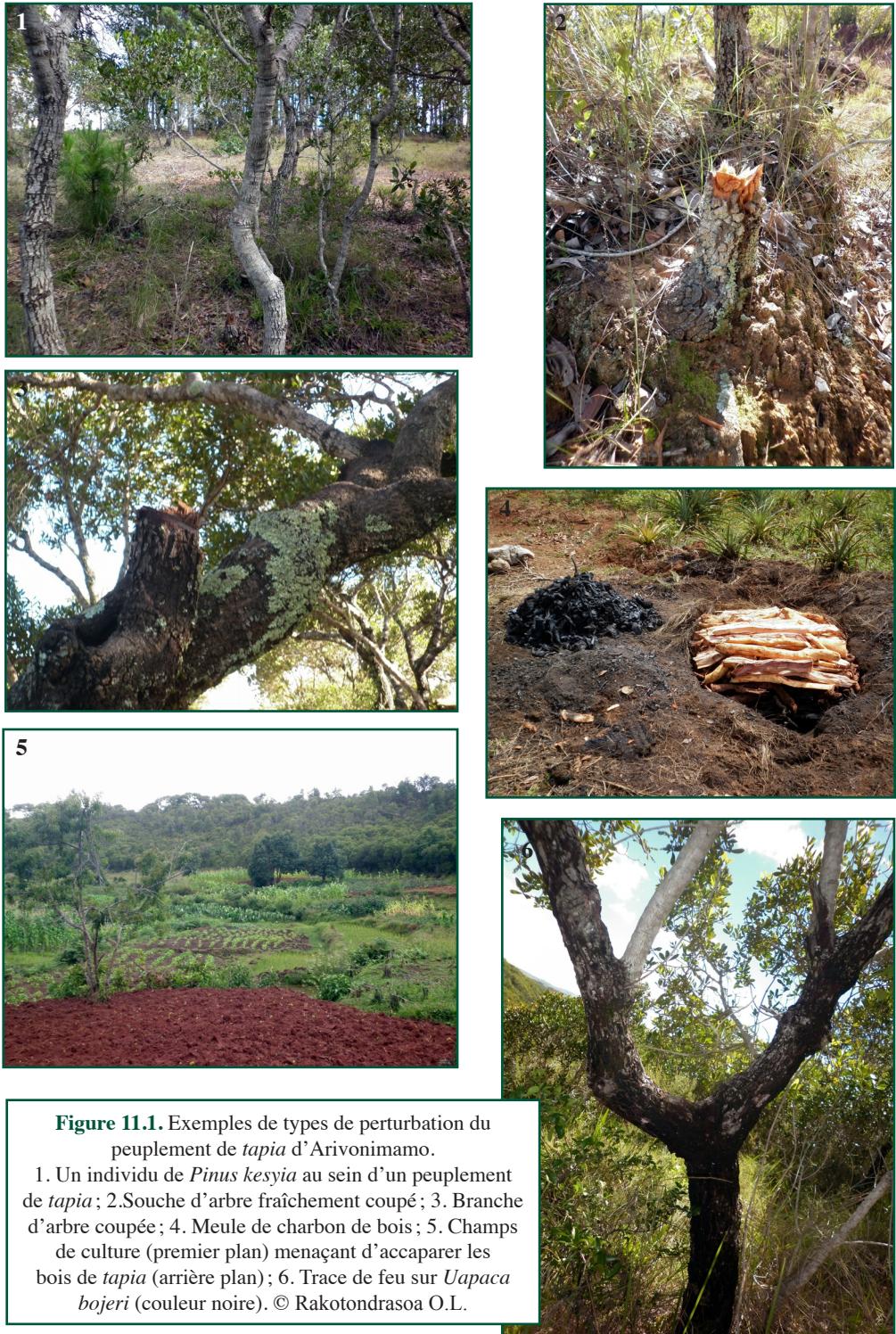
Figure 10.5. Peuplement à *U. bojeri* (Ankidona Andrefana, surface terrière de $6,72 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$). Ce peuplement correspond à un faciès de régénération et dans son stade actuel devrait être dénommé savane arborée. © Rakotondrasoa O.L.



Figure 10.6. Peuplement à *Uapaca bojeri*, dont la valeur de la surface terrière de la placette étudiée est de $22,81 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. Il correspond donc à une forêt claire. Il a été observé à Sambalahy, dans les environs de Ambatofinandrahana. © Rakotondrasoa O.L.



Figure 10.7. Peuplement à *Uapaca bojeri*, à sous-bois bien développé. Ce peuplement montre un autre faciès du même site que celui de la figure 10.6. Il est établi, selon une bande parallèle, à 20 m du précédent, mais se positionne davantage en bordure du ravin. Il montre une tendance vers la forêt climacique dense sclérophylle de moyenne altitude, forêt à *U. bojeri* et *Sarcolaenaceae*. © Malaisse F.



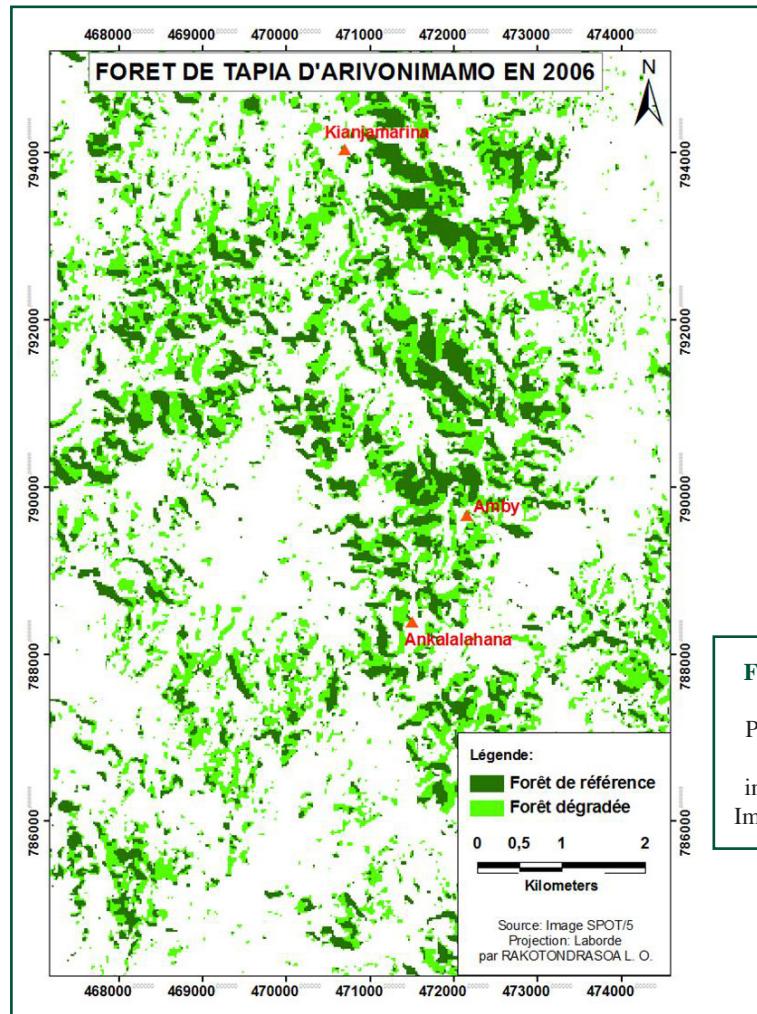


Figure 12.2. Carte forestière d'Arivonimamo en 2006.
Projection utilisée : Laborde
Madagascar, ellipsoïde
international 1924. (Source :
Image SPOT 5 datée de 2006).



Figure 12.3. Implantation des transects d'inventaire dans la forêt de *tapia*. Photo prise à Arivonimamo, la forêt est fragmentée en des petits lambeaux.
© Rakotondrasoa O.L.



Figure 13.1. Photos des trois principales espèces arborées de la forêt d'Arivonimamo.
 1. Plantation de *Pinus kesiya*; 2. Forêt de *tapia* (*U. bojeri*); 3. Jeune plantation d'*Eucalyptus robusta* à l'intérieur d'un peuplement de *tapia*). © Rakotondrasoa O.L.



Figure 14.1. Le *sarohy* (*Bunaea aslauga*).
 1. La longueur des chenilles avoisine les 10 cm; 2. Chenille en train de manger du *tapia*; 3. Préparation : vidage; 4. Chenille vidée en train de griller; 5. Chenille retournée. © Barsics F.



Figure 14.2. Diversité des coques de Limacodidae rencontrées dans les forêts et chenilles *fanganika*, dans leur comportement gréginaire. © Barsics F.



Figure 14.3. Akalabe (*Nephila madagascariensis*) sur sa toile. © Barsics F.

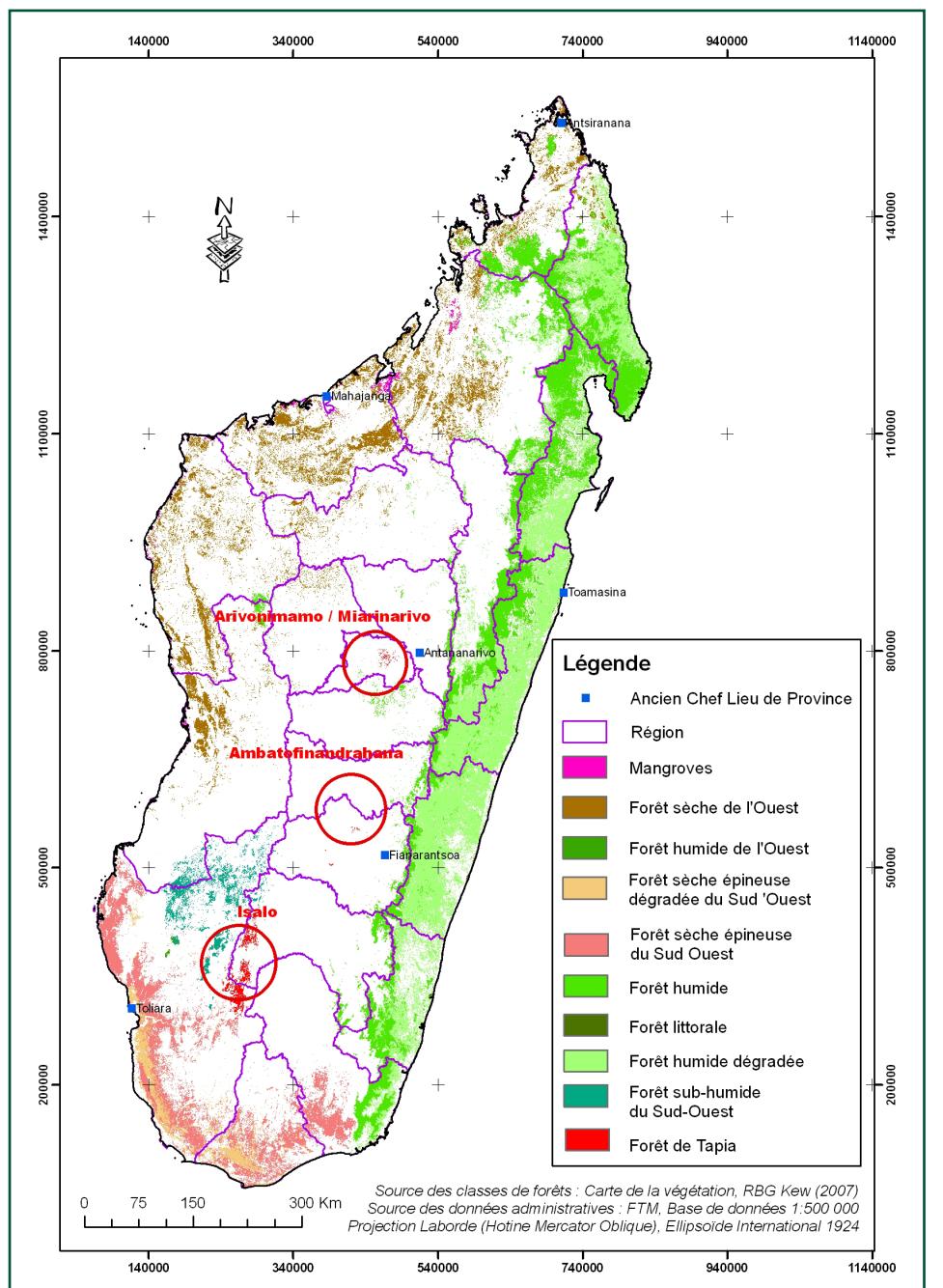


Figure 16.1. Formations forestières à Madagascar et localisations des formations de *tapia*.

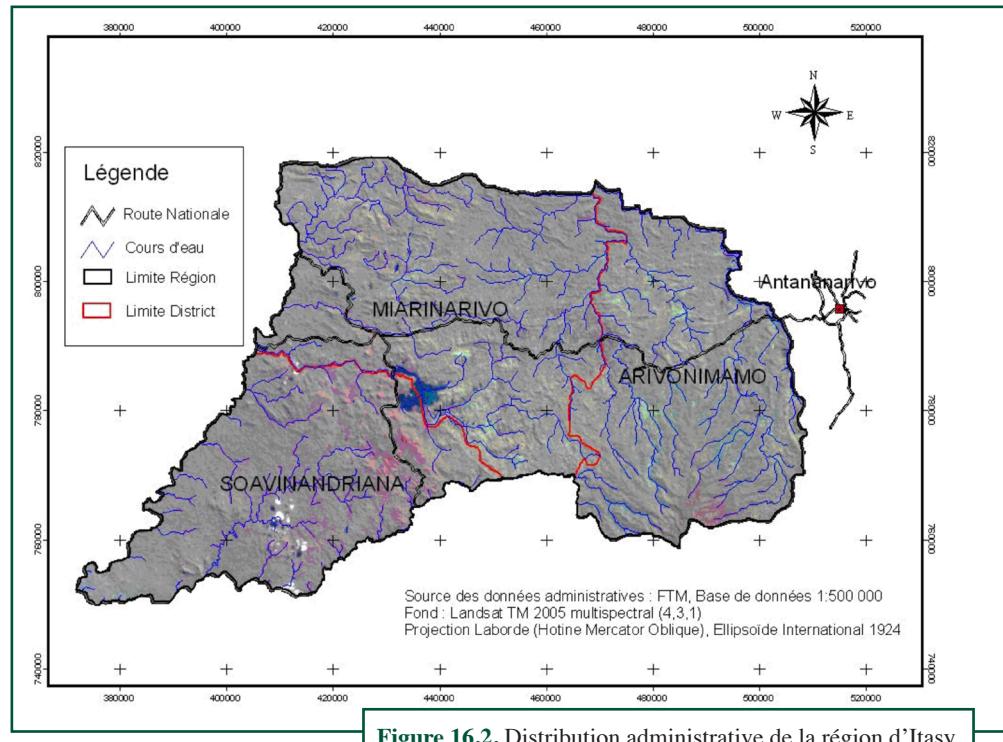


Figure 16.2. Distribution administrative de la région d'Itasy.

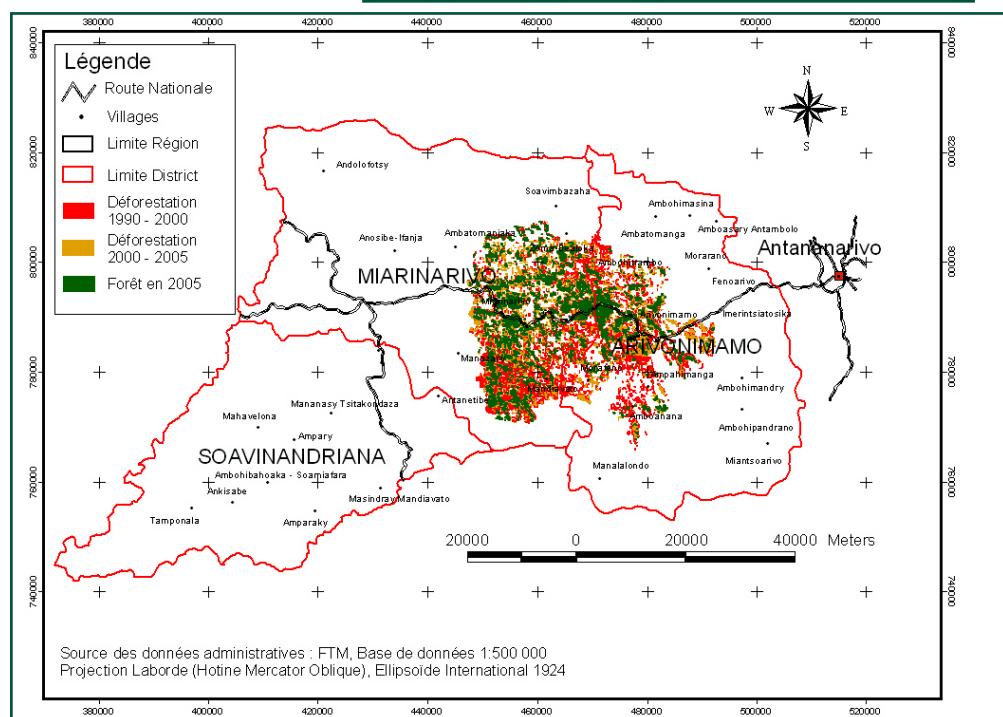


Figure 16.4. Évolution des formations de *tapia* dans la région d'Itasy.

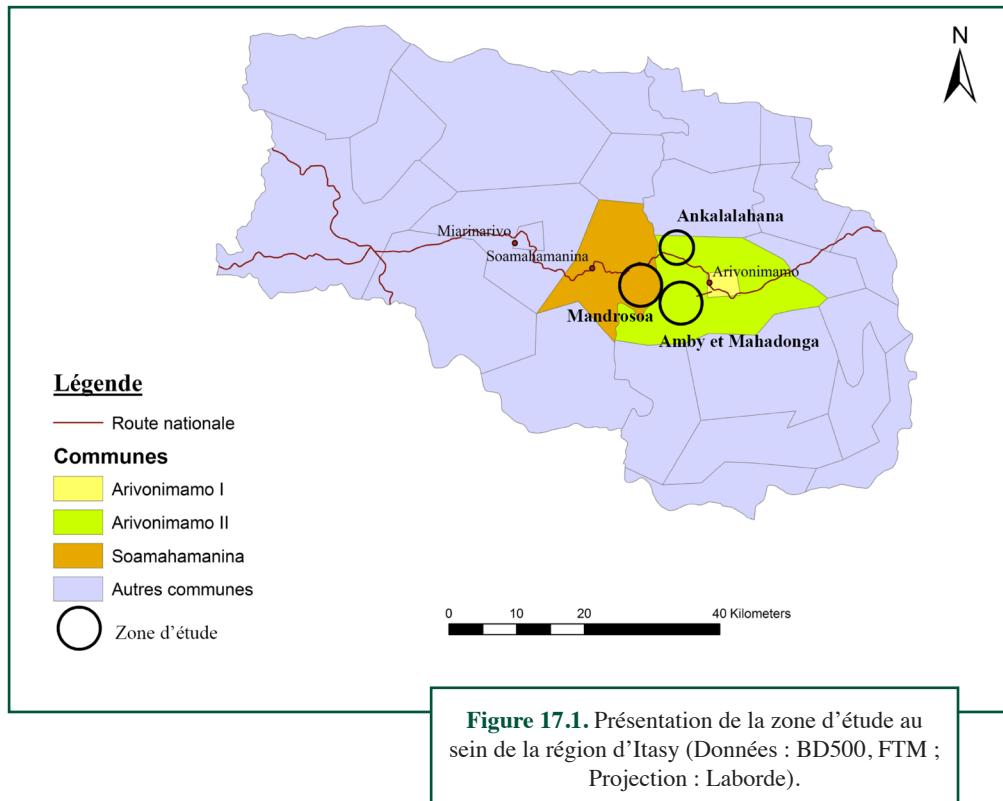


Figure 18.3. Atelier de filature sur rouets à pédale, Antananarivo. © Diez L.

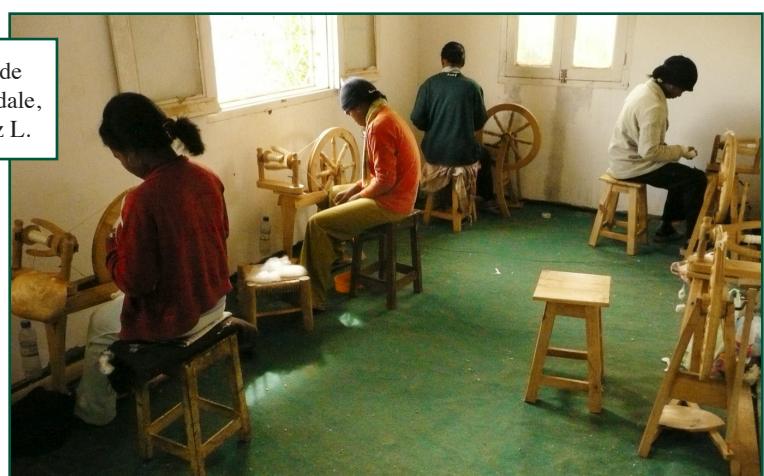




Figure 19.1. Métier traditionnel à pédale, Merinavaratra. © Diez L.



Figure 19.2. Métier traditionnel : tissage au sol, Analamanjaka. © Diez L.



Figure 19.3. Métier traditionnel : tissage assis, Merinavaratra. © Diez L.

Figure 19.4. Préparation de la chaîne, Tsaramasoandro. © Diez L.

Figure 19.5. Enroulage du fil autour de la navette, Merinavaratra. © Diez L.



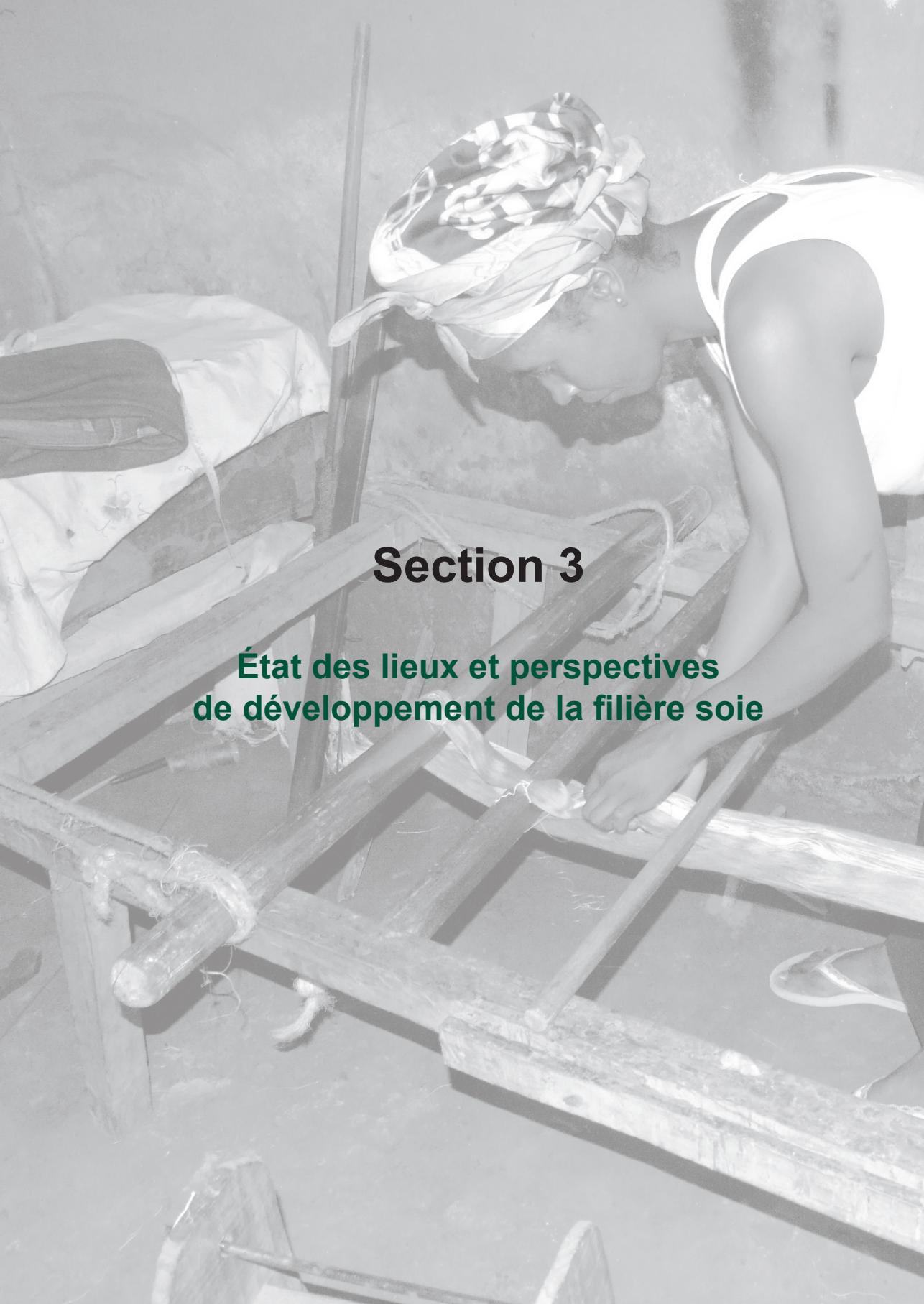
Figure 19.6. Fuseau à pédale, Antzampananimahazo. © Diez L.



Figure 20.1. Métier à tisser traditionnel. © Coulon J.



Figure 20.2. Causes de la dégradation des bois de *tapia* (feux de brousse et dépérissement de la forêt de *tapia*). © Coulon J.



Section 3

**État des lieux et perspectives
de développement de la filière soie**

Photo :
Tisseuse de la commune d'Arivonimamo. © Diez L.

17 —

Place de la soie de *landibe* dans l'économie rurale de la région d'Arivonimamo

Lise DIEZ, Marc PONCELET, Naritiana RAKOTONIAINA,
Gabrielle RAJOELISON, François J. VERHEGGEN, Éric HAUBRUGE

La soie sauvage est produite à partir des cocons d'un papillon endémique de la région d'Imerina à Madagascar, appelé *landibe* et qui appartient au genre *Borocera*. Cette soie, qui sert principalement à la fabrication de linceuls et de vêtements, a une valeur ajoutée importante. Dans cette étude réalisée en 2008, nous décrivons le fonctionnement de la filière soie, et analysons l'importance économique de la soie pour les populations rurales de la région d'Arivonimamo. La récolte de cocons est une activité qui ne nécessite aucun investissement et le tissage génère davantage de revenus qu'un salaire d'employé agricole. Malgré la diminution des populations de papillons, la production et la transformation de la soie sauvage reste une source importante de revenus pour les populations rurales des Hautes Terres, en particulier dans la région d'Arivonimamo. À Antananarivo, plusieurs ateliers emploient des tisseuses et la filière procure de nombreux emplois. Cependant, la plupart des activités liées à la soie relèvent encore de l'économie informelle : il est donc difficile d'évaluer précisément les bénéfices de la filière au niveau national. La majorité des produits finis sont vendus à la capitale, que ce soit sur les marchés ou dans des boutiques spécialisées. Le principal problème économique de la filière est aujourd'hui celui des débouchés. En effet, la crise économique actuelle réduit la demande, mais également les possibilités d'investissement de la part des tisseuses et des ateliers.

The role of *landibe* silk in the rural economy in Arivonimamo

Wild silk in Madagascar is produced by endemic silk moths of the genus *Borocera*, locally named *landibe*. Wild silk is used to produce shrouds and clothes, and provides a great added value. In this document, we describe the silk sector in the Arivinimamo region, and we analyze the importance of silk production and transformation as a source of income for rural populations, as observed in 2008. First, the harvest of cocoons does not require any investment and weaving pays more than working as a field hand. In the study area, wild silk brings significant profits to households. In Antananarivo, workshops employ many weavers. Consequently, wild silk is quite important for the region's employment. However, these activities still belong to the informal sector and it is quite difficult to know the real impact of the sector on the national economy. Wild silk products are mostly sold in Antananarivo, at outdoor marketplaces or in specialized shops. Nowadays, the principal problem of the wild silk enterprise is finding markets. The economic crisis in the country diminishes demand as well as investment possibilities for weavers and enterprises.

17.1. INTRODUCTION

La soie sauvage de Madagascar est produite à partir des cocons de *landibe* (littéralement «la grande soie»), papillons appartenant au genre *Borocera* (Lepidoptera : Lasiocampidae)

et vivant sur les Hautes Terres situées au centre de Madagascar, dans les bois de *tapia* (*Uapaca bojeri*, Euphorbiaceae) (voir chapitre 1). Les produits issus de la soie sauvage sont encore aujourd’hui fabriqués de manière artisanale par les populations rurales de la région d’Imerina. La récolte, la filature, le tissage sont des activités principalement féminines qui permettent aux ménages ruraux d’obtenir un revenu complémentaire à l’agriculture. Les articles tissés sont vendus à la capitale Antananarivo, principalement sur les marchés et dans des boutiques spécialisées. En marge de la production rurale, de plus en plus de professionnels se lancent dans la soie en montant leurs propres ateliers équipés de matériel amélioré où sont employées des tisseuses arrivant souvent de la campagne. La tradition séricicole de la région d’Arivonimamo est ancienne mais ne peut être datée avec précision. Aux 17^e et 18^e siècles, les rois avaient choisi cette région pour leur production personnelle de vêtements en soie. Au début de la colonisation, la production a régressé mais la seconde guerre mondiale et sa pénurie de vêtements a fait connaître à la soie sa période de gloire (CITE, 2007). À cette époque, les *famadihana*¹ étaient pratiqués régulièrement et la demande de *lambamena*² était très importante, c’est pourquoi l’économie locale reposait sur cette production. À partir des années 1970, l’élevage et le tissage du *landibe* ont fortement décliné avec l’importation massive d’autres fils et textiles. Aujourd’hui, c’est sous l’impulsion des ONG et avec la mise en place des VOI que ces activités sont à nouveau pratiquées par de nombreux villageois de la région (CITE, 2007).

La situation économique de Madagascar est aujourd’hui en-deçà de celle de la moyenne des pays en voie de développement. Depuis la fin de la colonisation, les différents gouvernements qui se sont succédés, surtout le gouvernement socialiste, n’ont pas favorisé la croissance économique, notamment celle du secteur privé (OCDE, 2006). Il en résulte que le Malgache moyen est aujourd’hui sensiblement plus pauvre que ne l’étaient ses parents et ses grands-parents. En 2005 et 2006, on enregistre un ralentissement de la croissance du PIB (Produit Intérieur Brut) de Madagascar (4,6 puis 4,7 % pour 5,3 % en 2004). Ce ralentissement est dû à différentes causes : la hausse du prix des hydrocarbures, la baisse du prix de certains produits d’exportation comme la vanille, la mise en concurrence du textile malgache avec les marchés asiatiques, la réduction des dépenses publiques et la faiblesse des infrastructures. Le PIB par habitant est parmi les plus bas d’Afrique. En milieu rural, 77 % des Malgaches vivent sous le seuil de pauvreté (OCDE, 2006).

Un nouveau secteur informel s’est créé avec la libéralisation qui a eu lieu dès le début des années 1980. Cette période a été caractérisée par une politique de fort investissement et d’endettement. Cette politique de libéralisation a provoqué une forte pénurie de devises au sein du pays, ce qui a été un frein important au développement agricole. Dans les campagnes, cette crise a été synonyme d’augmentation du coût de la vie et d’accentuation des différences sociales. À cette époque, de nombreux paysans ont dû vendre une partie de leurs terres pour survivre. C’est le secteur informel qui permet aux couches populaires de diversifier leurs sources de revenus sans qu’ils doivent consentir à de gros investissements, et la majorité des activités liées à la soie et au tissage se retrouvent dans ce secteur informel. La grève générale du secteur public de 1991 – longue de 9 mois – a sans conteste révélé l’importance du secteur informel qui a permis la survie économique durant cette période. Ce secteur est fortement orienté vers les activités commerciales, industrielles et les services. Dans les années 1990, la grande majorité de

¹ Cérémonie du retournement des morts ayant lieu en Imerina.

² Linceul, généralement coloré (*mena* signifie « rouge ») servant à entourer le mort lors du *famadihana*.

la population vit encore grâce à l'économie informelle urbaine ou grâce à l'agriculture qui est la base de l'économie rurale. Ces deux types d'économie sont la conséquence de la paupérisation d'une grande partie de la population (Andriamanindriosa, 2004).

Ces dernières années, de nombreux facteurs ont encore augmenté la vulnérabilité et la dégradation du niveau de vie des populations les plus pauvres à Madagascar. Depuis la privatisation de la terre, les familles propriétaires cultivent leurs propres parcelles. La population augmentant, la surface cultivée par personne diminue au cours du temps et l'acquisition de nouvelles terres est souvent difficile (Disaine et al., 1992). Cela entraîne une diminution des revenus et de la nourriture disponible. Les paysans n'ont par ailleurs que peu d'accès aux méthodes qui leur permettent d'augmenter le rendement et peuvent même être réticents aux améliorations ou aux formes de solidarité proposées par l'extérieur (Disaine et al., 1992 ; Andriamanindriosa, 2004). Ce manque de revenus entraîne parfois les paysans dans une spirale d'endettement qui les rend encore plus vulnérables. Une fois endettés, ils doivent rembourser lors de la récolte, en nature ou en argent. Les marchands et créanciers achètent les récoltes à un prix très bas à cette époque. En période de soudure (d'octobre à avril), les paysans ayant cédé leurs récoltes doivent acheter de quoi manger, souvent à un prix plusieurs fois supérieur à celui de la vente lors de la récolte, d'où un nouvel endettement. D'autres facteurs peuvent également augmenter l'appauprissement des familles, tels que l'organisation de grandes fêtes et cérémonies rituelles telles que le *famadihana* qui demandent souvent plusieurs années d'économies (Disaine et al., 1992).

Malgré une situation difficile, les Malgaches ne se contentent cependant pas d'attendre de l'aide de l'extérieur. Les nombreuses stratégies de l'économie populaire relèvent de la capacité des populations à faire face aux difficultés. Dans les campagnes, la baisse du revenu est depuis toujours palliée par la diversification des activités (petit élevage, artisanat), la libéralisation favorisant tout de même ceux qui ont réussi à s'adapter rapidement à tous ces changements récents (Andriamanindriosa, 2004). En moyenne, les revenus totaux (incluant une estimation de l'autoconsommation) en milieu rural à Madagascar s'élevaient à 301,78 € par an en 2000-2001. En moyenne 56 % de ces revenus proviennent du travail agricole, le reste provenant d'autres activités, en particulier le travail salarié (Randrianarison, 2003). Les ménages les plus vulnérables, souvent endettés, sont contraints de vendre leurs terres et deviennent métayers. Ce sont souvent d'autres membres du *fokonolona*³ qui les achètent et s'enrichissent (Andriamanindriosa, 2004). La solidarité tient toujours une place importante dans les campagnes malgaches, mais elle revêt de nouveaux aspects. Au sein du *fokonolona* est instauré un code, le *dina*⁴, concernant les obligations sociales, la sécurité, les travaux d'intérêt collectif que chacun doit respecter s'il veut garder les avantages liés à la communauté.

En ville, on a observé une augmentation de l'activité économique depuis la colonisation, notamment celle des femmes (Andriamanindriosa, 2004). Elle concerne particulièrement l'ouverture de petits commerces et d'ateliers d'artisanat comme la fabrication d'ustensiles de cuisine ou la broderie. La solidarité ne relève plus du *fokonolona* mais des relations de voisinage. Les groupes de familles s'entraident, notamment pour la répartition du travail dans les ateliers. Cette entraide est basée sur la réciprocité et concerne des aspects économiques (prêts d'argent) ou non (garde d'enfants, repas). Cette solidarité de quartier est un aspect essentiel de

³ Communauté villageoise : personnes appartenant à un groupe de descendance avec communauté de résidence (Ramiarantsoa, 1995).

⁴ Convention comprenant un ensemble de règles passées au sein d'une communauté comme le *fokonolona*.

l'économie populaire urbaine et se superpose à la relation que les familles entretiennent avec le *fokonolona* d'origine. Le maintien de la solidarité villes-campagnes s'articule autour des liens forts que les urbains gardent avec leurs origines. Les cérémonies rituelles qui donnent lieu à de grands rassemblements participent au renforcement de ces liens (Andriamanindriosa, 2004).

Dans ce document, nous abordons la place des activités liées à la soie sauvage dans l'économie régionale de la région d'Arivonimamo et à la capitale Antananarivo. Grâce à des enquêtes auprès des différents acteurs impliqués dans la transformation et la vente de la soie, nous décrirons la structure et le fonctionnement de la filière. Par ailleurs, nous aborderons l'importance de la récolte de cocons et du tissage pour les populations rurales de la région d'Arivonimamo.

17.2. MÉTHODOLOGIE

17.2.1. Le champ d'analyse

L'analyse de la filière soie que nous développons dans ce document correspond à l'étude d'un champ particulier, délimité dans l'espace et dans le temps. La zone géographique considérée correspond à des régions historiquement connues pour leur implication dans la filière soie. En ce qui concerne les zones rurales de production de soie, nous avons donc choisi d'étudier la région d'Itasy et particulièrement deux de ses districts : celui d'Arivonimamo et celui de Miarinarivo. Pour l'étude de la commercialisation des produits en soie, nous avons considéré la ville d'Arivonimamo et la capitale Antananarivo.

L'étude a été réalisée de manière ponctuelle au cours d'un travail de terrain qui s'est déroulé de février à juin 2008. Cependant, nous avons tenté d'analyser la filière soie dans sa dimension historique pour mieux en comprendre le fonctionnement.

Les enquêtes ont été menées auprès des acteurs de la filière soie. L'objectif de ces enquêtes est de comprendre les dynamiques et les problématiques en jeu dans cette filière. Les types d'acteurs que nous avons identifiés et interrogés sont présentés dans la liste suivante.

- Les responsables administratifs des communes rurales étudiées :
 - les maires ;
 - les chefs de *fokontany*⁵.
- Les personnes et organismes impliqués dans le transfert de gestion :
 - les présidents des VOI⁶ ;
 - des représentants des ONG et associations appuyant les transferts de gestion.
- Les acteurs de la production de soie :
 - des personnes récoltant régulièrement des cocons de *landibe* ;
 - quelques éleveurs de *landikely*⁷.

⁵ Cellule administrative au-dessous de la commune regroupant plusieurs hameaux ou villages. C'est au niveau du *fokontany* qu'ont lieu les réunions villageoises.

⁶ *Vondron'Olona Ifotony*. Synonyme de CLB (Communauté Locale de Base). Association créée à l'issue d'une convention tripartite destinée à assurer la gestion des ressources naturelles au niveau local.

⁷ Nom vernaculaire de *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae). Littéralement « la petite soie ».

- Les personnes impliquées dans la transformation de la soie :
 - des tisseurs vivant en milieu rural ;
 - des personnes employant des tisseurs en ateliers ;
 - des responsables d'associations de tisseuses ;
 - des formateurs dans les techniques de tissage.
- Les personnes impliquées dans la commercialisation de la soie :
 - des intermédiaires employant des tisseurs en milieu rural ;
 - des revendeurs établis en ville ;
 - des représentants d'organisations impliquées dans la filière soie.

Les enquêtes menées en milieu rural concernent une population beaucoup plus grande et une partie des acteurs de la soie a pu être interrogée. Deux choix ont donc été réalisés : le choix des zones d'étude qui sont au nombre de quatre et le choix des personnes interrogées sur chacun des sites. L'objectif n'a pas été de réaliser un échantillonnage statistiquement représentatif mais de couvrir au mieux les zones choisies et de pouvoir rendre compte des différentes situations rencontrées.

17.2.2. Méthode d'échantillonnage

• *Choix des zones d'étude*

Le choix des zones d'étude a été réalisé à partir d'un ensemble de renseignements comme la présence de forêts de *tapia*, la gestion des forêts par les VOI et la présence de tisseuses. Les renseignements préliminaires à propos des villages à étudier ont été recueillis au fil d'une série d'entretiens auprès de personnes ressources : les maires des communes rurales d'Arivonimamo et de Soamahamanina ; le président du VMSL⁸, Groupe de coordination régional de la filière soie ; des responsables de projets impliqués dans la filière soie dans les organisations SAHA⁹ et SAGE¹⁰ ; et le président de l'Union des VOI, qui assure la coordination entre les différents VOI de la commune d'Arivonimamo II.

Le choix des villages à visiter s'est porté sur quatre *fokontany* (**Figure 17.1**, voir cahier couleur) où les habitants utilisent la ressource soie : Amby, Mahadonga et Ankalamana dans la commune d'Arivonimamo II et Mandrosoa dans la commune de Soamahamanina. Ces *fokontany* ont été choisis en raison de la présence de forêts de *tapia* aux alentours, de la présence des VOI qui en assurent la gestion et également de la présence de tisseurs qui assurent la transformation de la soie. De plus, ces *fokontany* présentaient des différences entre eux qui accentuent leur intérêt comme le montre le **tableau 17.1**. Enfin, nous avons reçu l'accord des maires des communes concernées pour la réalisation des enquêtes et nous avons trouvé des possibilités de logement dans ces communes durant la période d'étude.

⁸ *Vondron Mpandidra ny Seha-pihariana Landy*. Groupe de coordination de la filière soie dans la région d'Itasy.

⁹ *Sahan'Asa Hampandrosoana ny Ambanivohitra*. Coopération suisse à Madagascar.

¹⁰ Service d'Appui à la Gestion de l'Environnement.

Tableau 17.1. Présentation des *fokontany* de la zone d'étude.

	Arivonimamo II	Arivonimamo II	Arivonimamo II	Soamahamanina
<i>Fokontany</i>	Amby	Ankalalahana	Mahadonga	Mandrosoa
Distance par rapport à la RN1	± 4 à 6 km	± 0 à 3 km	± 6 km	± 1 à 6 km
Date de création des VOI	2001 et 2003	2001 et 2003	2001 et 2003	2007
Densité des formations de <i>tapia</i>	± 30 %	± 30 %	± 30 %	± 10 %

RN1 : Route Nationale n°1 ; VOI : *Vondron'Olona Ifotony* (Communauté Locale de Base).

Les enquêtes dans la commune d'Arivonimamo se sont déroulées durant cinq semaines. La première semaine a permis d'interroger une série de personnes ressources de la commune rurale d'Arivonimamo et de tester les grilles d'entretiens. Quelques nouvelles questions nous sont apparues durant cette période et ont été ajoutées aux grilles d'entretiens. Nous avons ensuite pris soin de visiter une deuxième fois les personnes interrogées durant cette première semaine afin de compléter les enquêtes. Les trois semaines suivantes ont été consacrées aux visites des villages des trois premiers *fokontany* concernés. Enfin, la dernière semaine d'enquêtes s'est passée après plusieurs semaines afin de compléter les informations manquantes. Les enquêtes dans le *fokontany* de Mandrosoa se sont déroulées en une semaine.

• *Choix des personnes interrogées en milieu rural*

L'échantillonnage des personnes interrogées au sein de ces villages a été réalisé selon une méthode adaptée aux réalités du terrain. En effet, les agriculteurs sont le plus souvent au champ dans la journée et il est impossible de prévoir quelles personnes seront présentes au village et disponibles pour les entretiens. Cependant, les activités étudiées dans le cadre de cette étude (récolte de cocons, filature et tissage) concernent le plus souvent des femmes et ce sont elles qui restent le plus souvent dans les villages en journée, ce qui a facilité le déroulement de l'étude.

Nous avons décidé de visiter tous les villages de chaque *fokontany* pour brosser un maximum de situations différentes. À chaque arrivée dans un village, nous avons commencé par questionner les personnes présentes sur les activités effectivement pratiquées dans leur village, particulièrement la récolte de cocons, la filature et le tissage. Pour chaque activité effectivement pratiquée dans le village, nous avons décidé d'interroger au minimum une personne concernée. Lorsque cela nous semblait intéressant et nécessaire, nous avons réalisé plus d'un entretien pour chaque activité.

17.2.3. Les entretiens

• *Déroulement des entretiens*

Quelle que soit la personne interrogée, quelques points sont abordés en début d'entretien : la présentation de l'enquêteur et de l'interprète s'il est présent ; une brève présentation des objectifs de l'étude ; et la réponse au « Pourquoi moi ? » (le statut de tisseuse, responsable de tel organisme, etc.). À chaque entretien, le nom de la personne était noté afin de la retrouver par la suite si des précisions s'avéraient nécessaires. Si celle-ci s'inquiète d'être reconnue et de voir ses propos divulgués, nous lui précisons que les données des enquêtes seraient présentées de manière anonyme.

Les informations obtenues lors des entretiens ont toujours été récoltées par prises de notes. L'enregistrement n'a été utilisé que lors des entretiens sur l'histoire des régions rurales en raison du grand nombre de noms de villages cités et de la longueur de ces récits.

- *Grille d'entretien*

Une partie des acteurs ont été interrogés selon un mode d'entretien libre. La personne était alors questionnée d'une manière très large sur ses activités et sur ses implications dans le filière soie. Les acteurs concernés par ce type d'entretien ont été : les maires et chefs de *fokontany*, les représentants d'ONG et d'organisations appuyant le transfert de gestion ou la filière, les responsables d'associations de tisseuses, les personnes vivant en milieu urbain et employant des tisseurs en atelier et enfin les formateurs. Ces acteurs ont été considérés comme des personnes ressources pouvant éclairer certains aspects de la filière.

Les autres acteurs ont été interrogés selon la méthode des entretiens semi-structurés. Des grilles d'entretiens contenant les thèmes à aborder ont été préparées à l'avance pour chacun des types d'acteurs. L'entretien était mené de manière à ce que la personne interrogée soit libre d'aborder ces thèmes ou d'orienter l'entretien vers d'autres sujets. Nous avons cependant veillé à ce que les thèmes de la grille soient tous abordés lors de chaque entretien.

Les thèmes ayant trait à l'analyse économique qui ont été abordés avec les personnes récoltant les cocons sont :

- les activités pratiquées par la personne (récolte, agriculture, tissage, etc.);
- la quantité récoltée par an et les revenus apportés par les cocons ;
- le lieu de vente des cocons ;
- les perspectives d'avenir par rapport à la récolte de cocons.

Les thèmes ayant trait à l'analyse économique qui ont été abordés avec les tisseurs sont :

- les activités pratiquées par la personne (récolte, agriculture, tissage, etc.);
- la place de l'activité de tissage par rapport aux autres activités pratiquées ;
- le statut professionnel (salarié ou à son compte) et raison du choix ;
- l'appartenance à une association de tisseurs ;
- les produits fabriqués (tissus, vêtements, linceuls) et les matériaux utilisés (*landibe*, *landikely*, synthétique, coton, etc.);
- la provenance du *landibe* ;
- les débouchés pour les produits finis ;
- les prix et bénéfices des produits finis ;
- l'évolution de l'activité depuis que la personne tisse ;
- les problèmes rencontrés.

Pour finir, nous avons posé une série de questions d'ordre général : l'âge, le nombre de personnes vivant dans le foyer et le nombre d'enfants de moins de 18 ans, la source d'eau utilisée, l'implication dans des associations, les possessions (nombre de maisons, de bovins et de charrettes) et, enfin, une estimation de la production en riz de la famille. Ces questions permettent de se faire une idée générale de la situation familiale. Enfin, à l'issue de chaque entretien, nous avons demandé à la personne interrogée si elle désirait ajouter quelque chose avant de clore l'interview.

• *Estimation des revenus en milieu rural*

Au cours d'une partie des enquêtes auprès des acteurs ruraux, nous avons tenté de quantifier le revenu annuel des ménages. Une des principales caractéristiques des revenus dans cette région est qu'ils sont issus d'une pluriactivité poussée. Afin d'obtenir les résultats les plus exhaustifs possibles, nous avons procédé comme suit :

- Liste complète des cultures pratiquées par le ménage.
- Estimation des du revenu obtenu grâce aux quantités vendues :
 - Quels sont les mois pendant lesquels ce produit est vendu ?
 - Combien de paniers/kg/*kapoaka*¹¹ par mois sont-ils vendus ?
 - Combien coûte un panier/kg/*kapoaka* ?
- Liste des PFNL (Produits Forestiers Non Ligneux) vendus.
- Liste des activités d'artisanat.
- Estimation des quantités vendues selon la méthode précédente.
- Liste des activités salariées.
- Estimation du revenu salarié :
 - Quels sont les mois occupés par le travail salarié ?
 - Combien de jours par mois travaillez-vous ?
 - Quel est le salaire journalier ?

Grâce à cette méthode, nous n'avons pu obtenir que peu de listes complètes des revenus annuels. En effet, la majorité des listes étaient incomplètes car la personne ne pouvait donner l'une ou l'autre quantité de produits vendus ou ne pouvait estimer le nombre de jours de travail.

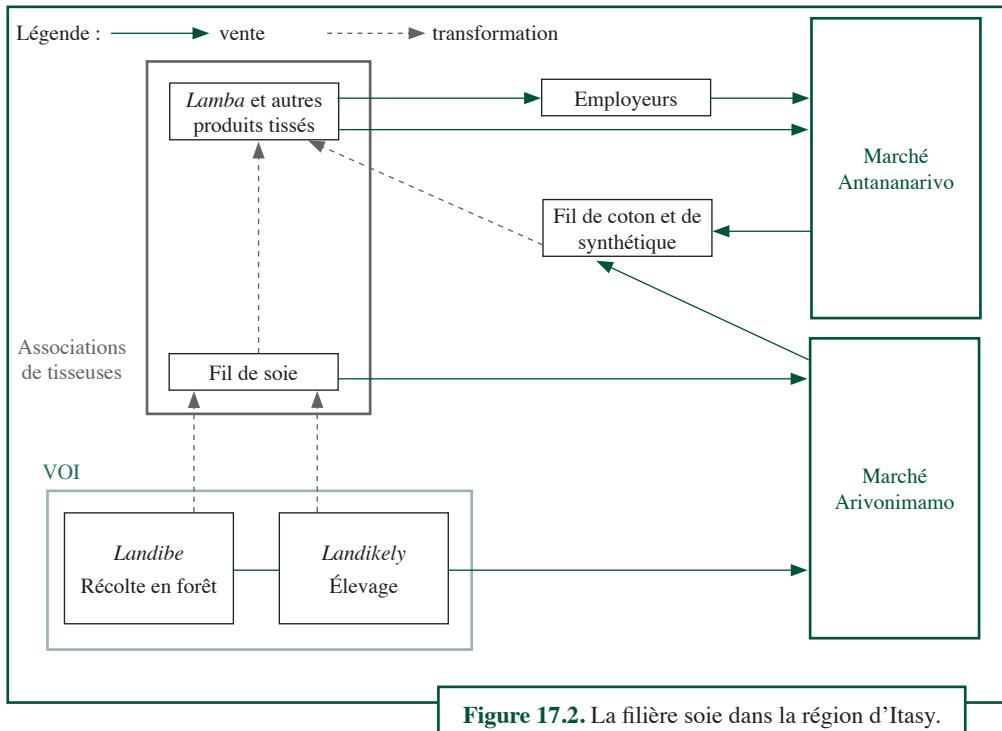
17.3. RÉSULTATS

Les produits en soie sauvage passent par plusieurs étapes de fabrication – la récolte des cocons, le filage, le tissage – et éventuellement par deux autres étapes facultatives que sont la teinture et la couture. À chacune de ces étapes, la valeur du produit augmente et des personnes impliquées dans la filière tirent un certain revenu des étapes de transformation réalisées. Dans les paragraphes suivants, nous expliquerons les différentes implications économiques de la filière soie présentée à la **figure 17.2**, autant au niveau régional que dans l'économie des ménages.

17.3.1. Débouchés pour la soie

Les produits en soie sont vendus à Antananarivo, soit sur les marchés (Andravoahangy, Anosybe, Ambohitrimanjaka) ou dans des boutiques. D'une manière générale, tous ces produits sont destinés à une clientèle aisée. Les *lambamena* sont achetés par les Malgaches pratiquant toujours le retournement des morts et les articles de mode intéressent particulièrement les étrangers, touristes ou résidents. On compte actuellement peu d'exportations des produits de la soie : aucun des revendeurs interrogés ne s'occupe directement d'exportation. Certains clients étrangers achètent en grande quantité pour revendre dans le pays mais cette transaction n'est jamais directement réalisée par le revendeur.

¹¹ Unité de mesure couramment utilisée sur les marchés malgaches correspondant au volume de produit contenu dans une boîte de lait concentré sucré de 250 ml.



Le manque de débouchés est un problème pour tous les acteurs de la filière, tisseuses comme revendeurs. En réalité, seules les personnes qui connaissent la filière dans ses détails, qui possèdent leurs propres contacts et qui ont déjà une renommée suffisante ne rencontrent pas ce problème. En effet, les informations circulent principalement de bouche à oreilles : il n'existe pas de centralisation des informations concernant la filière soie. Seul le VMSL, récemment créé, commence à jouer ce rôle (CITE, 2007). En ce qui concerne les possibilités d'exportation, il existe un autre problème qui est le manque de régularité dans la production des tissus en soie. En effet, la soie sauvage se récolte seulement deux fois par an et la matière première n'est pas stockée. Les acheteurs étrangers demandent souvent une certaine régularité dans l'approvisionnement ou alors de grandes quantités à brève échéance. La faible quantité et l'irrégularité de l'approvisionnement en matières premières empêchent les exportateurs potentiels d'accéder à ces demandes.

17.3.2. Place de la soie dans l'économie rurale

Comme dans de nombreuses régions rurales de Madagascar, l'économie de la région d'Arivonimamo est basée sur l'agriculture. En effet, toutes les personnes vivant en milieu rural possèdent des terres agricoles qu'elles utilisent à dessein. Une grande partie des produits cultivés sont directement destinés à l'autoconsommation au sein du ménage. Cependant, ces villages ne vivent pas totalement repliés sur eux-mêmes : la plupart des échanges commerciaux ont lieu le vendredi sur le marché de la commune urbaine d'Arivonimamo.

Les sources de revenus des ménages de cette région sont :

- la vente des surplus des produits agricoles (riz, haricots, manioc, pommes de terre, *voanjobory*¹², avocats) ;
- la vente de produits agricoles de rente (tomates, canne à sucre, haricots verts, brèdes) ;
- la vente d'animaux d'élevage (poulets, porcs, bœufs) ;
- la vente des produits forestiers non ligneux (champignons, fruits du *tapia*, goyaves, *bokana*¹³, cocons et chrysalides de *landibe*) ;
- l'artisanat (tissage de paniers et nattes, forge, travail du bois, tissage de tissus, fabrication de fil de *landibe*) ;
- le travail salarié (salariés agricoles, tisseurs, instituteurs, chefs de *fokontany*).

Nous avons constaté que la polyactivité était la norme dans la région d'étude : les gens tentent de compléter le peu de revenus apportés par l'agriculture par d'autres activités. L'agriculture elle-même est toujours très diversifiée. Ce phénomène n'est pas propre à la région d'étude, c'est le cas dans l'ensemble de l'Imerina (Ramarantsoa, 1995).

Au cours de notre étude, nous avons interrogé 28 personnes sur leurs revenus annuels. Cependant, seules 8 enquêtes ont peu être menées de manière exhaustive. En effet, la majorité des personnes ne pouvaient chiffrer l'un ou l'autre de leurs revenus : nous n'avons donc pas pu utiliser ces données de manière globale et avons décidé de présenter quelques exemples.

Le **tableau 17.2** illustre les revenus totaux annuels de trois ménages de la région d'étude qui ne pratiquent ni la récolte de cocons ni le tissage. Les ménages repris dans ce tableau ne pratiquent pas de travail salarié ni d'artisanat. Le salaire d'un ouvrier agricole varie entre 1 500 et 2 500 MGA (entre 0,61 et 1 €) par jour, le repas du midi étant fourni par l'employeur. Les ménages 1 et 3 du tableau présentent un revenu annuel très faible : inférieur à 25 €. Les enquêtes nous ont révélé que ces ménages ne subvenaient à leurs besoins en riz qu'une partie de l'année, respectivement 6 et 3 mois. Ces ménages doivent donc acheter le riz une partie de l'année ou se nourrir d'autres récoltes. Le ménage 2, qui a un revenu annuel très élevé (244,41 €) se nourrit toute l'année grâce à ses réserves de riz et en vend également une grande quantité. Ce ménage possède également suffisamment de porcs et de poulets pour en vendre régulièrement, ce qui nous a semblé être rarement le cas. Ces trois cas illustrent les fortes disparités qui existent au sein de ces campagnes. Ces différences sont directement liées aux surfaces de terres disponibles pour chaque famille et de nombreuses terres témoignent d'une grande richesse. Les ménages les plus riches sont souvent aussi ceux dont un membre pratique une activité rémunérée régulière comme instituteur ou chef de *fokontany*. Ce sont souvent ces personnes aux postes importants qui possèdent de nombreuses terres et qui emploient d'autres paysans régulièrement, notamment au moment de la récolte du riz.

¹² *Vigna sugiterranea* (Fabaceae), littéralement «*Arachide rond*» par analogie avec les plants d'arachide dont on récolte également les fruits souterrains.

¹³ Petit fruit sauvage et comestible, violet à noir et de la taille d'une olive.

Tableau 17.2. Revenus annuels de trois ménages sans revenus liés à la soie.

Source de revenu	Ménage 1 - Ambohidava, Ankalalahana			Ménage 2 - Morarano, Ankalalahana			Ménage 3 - Ambohijaka, Amby		
	MGA	€	% Revenu	MGA	€	% Revenu	MGA	€	% Revenu
Haricots	8 000	3,23	13,2	0	0,00	0,0	4 200	1,70	8,9
Riz	15 000	6,06	24,8	400 000	161,60	66,1	0	0,00	0,0
Manioc	5 000	2,02	8,3	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
Haricots verts	32 500	13,13	53,7	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
<i>Voanjobory</i>	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0	12 000	4,85	25,3
Revenus totaux issus de l'agriculture	60 500	24,44	100,0	400 000	161,60	66,1	16 200	6,54	34,2
Poulets	0	0,00	0,0	25 000	10,10	4,1	0	0,00	0,0
Porcs	0	0,00	0,0	180 000	72,72	29,8	0	0,00	0,0
Revenus totaux issus de l'élevage	0	0,00	0,0	205 000	82,82	33,9	0	0,00	0,0
Champignons	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0	24 000	9,70	50,6
Fruits du <i>tapia</i>	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0	7 200	2,91	15,2
Revenus totaux issus des PFNL	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0	31 200	12,60	65,8
Revenus Totaux	60 500	24,44	100,0	605 000	244,41	100,0	47 400	19,15	100,0

MGA : Malagasy Ariary.

• Économie rurale et genre

Nous parlons ici des revenus des ménages en tenant compte des revenus issus de l'agriculture ainsi que des activités complémentaires de tous les membres de la famille. Il faut cependant signaler que dans cette région de Madagascar, l'argent du ménage est le plus souvent géré par la femme ou éventuellement par le couple, surtout pour les choix concernant les dépenses plus importantes. Nos enquêtes ont confirmé cette tendance au sein de la région d'étude. Cependant, les femmes gagnent en général moins que les hommes et cette différence croît avec l'augmentation du niveau de vie (Randrianarison, 2003). En effet, dans les campagnes, ce sont le plus souvent des hommes qui occupent les postes d'importance (chef de *fokontany*, instituteur, etc.).

• Récolte des cocons

La grande majorité des cocons récoltés et une partie des chrysalides sont vendus par les villageois sur le marché d'Arivonimamo le vendredi. Certaines personnes revendent également les cocons à des tisseuses ou à des associations de leur village ou d'ailleurs qui viennent expressément leur acheter. Certaines femmes pratiquant à la fois le tissage et la récolte de cocons nous ont expliqué qu'elles récoltaient pour leur propre production de *lamba*.

Le prix des cocons est renseigné pour les cocons qui sont déjà retournés, cette étape étant réalisée au sein du foyer des personnes récoltant les cocons. Le prix des cocons nous a été renseigné par 30 récolteurs de cocons de la région d'Arivonimamo. Parmi ces personnes, 19 nous ont renseigné un prix par kilo. Le prix moyen des cocons est de $5\,829 \pm 523$ MGA/kg ou $2,35 \pm 0,21$ €/kg.

Nous avons pu calculer le revenu annuel apporté par la récolte de cocons en interrogeant les personnes sur les quantités récoltées et vendues. En moyenne, une famille récoltant des cocons retire $62\,195 \pm 20\,533$ MGA ($25,3 \pm 8,3$ €) de sa récolte par an, les revenus étant répartis sur 2 à 5 mois de l'année. Par contre, nous n'avons pas pu évaluer combien pouvait rapporter en moyenne une journée de récolte de cocons. En effet, ce revenu dépend énormément de la quantité de cocons disponible dans la forêt et varie donc considérablement selon les années.

Le **tableau 17.3** illustre la situation économique des personnes récoltant des cocons de *landibe* en présentant les revenus annuels de deux d'entre elles. Pour ces deux personnes, les produits forestiers non ligneux représentent une part importante dans les revenus totaux. La forêt tient donc une place importante dans les revenus de certains ménages, notamment à Ankalahana où la récolte des PFNL est particulièrement importante. On peut également observer que les revenus de ces deux ménages sont en moyenne supérieurs à ceux des trois ménages ne récoltant pas de produits en forêts, ce qui montre que l'apport de ces produits peut être substantiel.

Il faut cependant rappeler que les quantités de cocons récoltées actuellement sont faibles et ne sont pas représentatives du potentiel que représente la forêt. De plus, les personnes interrogées nous ont souvent expliqué qu'elles consommaient la totalité ou une grande partie des chrysalides récoltées et que celles-ci ne généreraient que peu de revenus, ce qui ne serait pas le cas avec une production plus importante.

Tableau 17.3. Revenus annuels de deux ménages récoltant des cocons de *landibe*.

Source de revenu	Ménage 1 - Tsaramasoandro, Amby			Ménage 2 - Ankalahana, Ankalahana		
	MGA	€	% Revenu	MGA	€	% Revenu
Tomates	90 000	36,36	14,9	0	0,00	0,0
Haricots	90 000	36,36	14,9	35 500	14,34	27,0
Manioc	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
Canne à sucre	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
Revenus totaux issus de l'agriculture	180 000	72,72	29,8	35 500	14,34	27,0
Champignons	360 000	145,44	59,5	0	0,00	0,0
Fruits du <i>tapia</i>	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
<i>Bokana</i>	30 000	12,12	5,0	0	0,00	0,0
Cocons de <i>landibe</i>	35 000	14,14	5,8	54 000	21,82	41,1
Chrysalides de <i>landibe</i>	0	0,00	0,0	42 000	16,97	31,9
Revenus totaux issus des PFNL	425 000	171,70	70,2	96 000	38,78	73,0
REVENUS TOTAUX	605 000	244,41	100,0	131 500	53,12	100,0

MGA : Malagasy Ariary.

• Des cocons au fil

Une fois les cocons récoltés, ils sont transformés en fil selon des méthodes traditionnelles, le plus souvent à la main. On estime la production de fil de *landibe* à 715 kg par an dans la région d'Itasy. Comme seulement 290 kg de fil peuvent être produits avec la récolte actuelle de cocons dans la région, une partie des matières premières provient d'autres régions, notamment de Tuléar, où la matière première est moins chère en raison de la qualité inférieure de cette soie (CITE, 2007).

Les fileuses que nous avons rencontrées nous ont dit vendre le fil entre 600 et 1 000 MGA (entre à 0,24 et 0,40 €) pour un écheveau de 160 m de fil (40 écheveaux pesant approximativement 0,5 kg (CITE, 2007)). Elles peuvent filer jusqu'à 100 écheveaux par semaine et peuvent donc gagner 80 000 MGA (32,32 €) par semaine en moyenne avec des cocons récoltés dans la forêt. Étant donné le prix moyen des cocons et du fil, le bénéfice est de 70 285 MGA (28,39 €) par semaine si les cocons sont achetés. Ce bénéfice semble considérable au vu du revenu moyen dans les campagnes de cette région. Cependant, le calcul de la rentabilité économique de l'activité sur l'année donne un revenu de 1 386 MGA par jour et donc de 8 316 MGA (3,36 €) par semaine (CITE, 2007). Cette différence considérable vient probablement du fait que les personnes que nous avons interrogées nous ont donné un nombre maximal d'écheveaux tissés par semaine, chiffre probablement rarement atteint dans la réalité. En effet, ces tisseuses nous ont dit filer toute l'année alors qu'il est certain qu'elles passent une partie de leur temps aux champs ou à d'autres activités. De plus, nous n'avons pas tenu compte dans nos calculs du coût en matériel et en savon (qui est négligeable par rapport au coût des cocons). La rentabilité de la filature semble alors inférieure au salariat agricole qui est de 1 500 à 2 000 MGA par jour. Cependant, cette activité permet aux femmes de rester à la maison et de s'occuper des enfants et de la tenue de la maison en même temps.

- *Le tissage : une activité économique d'importance*

Dans la région d'étude, le tissage est une activité génératrice d'un revenu relativement important comme le montre la contribution du tissage à la valeur ajoutée de la filière. Les différents débouchés des tisseuses sont : certains marchés et marchés artisanaux d'Antananarivo : Anosibe, Andravohangy, Analakely ou Pochard ; le marché d'Arivonimamo I ; des revendeurs à Antananarivo ; les foires-expositions comme Fier Mada ; et plus rarement des connaissances qui passent éventuellement commande.

Cependant, le problème principal invoqué par les tisseuses est le manque de débouchés pour les produits. Les *lambamena* sont de moins en moins demandés car les gens pratiquent de moins en moins souvent la cérémonie du retourement. Comme les *lambamena* en *landibe* sont très chers, ils leur préfèrent de plus en plus souvent le coton ou le synthétique sur lesquels les tisseuses font moins de bénéfices. En général, les tisseuses ont observé une baisse globale de la demande depuis plusieurs années. Cependant, alors que les tisseuses affirment que les principaux acheteurs potentiels de *lamba*¹⁴ sont les étrangers, elles ne cherchent pas à entrer directement en rapport avec les touristes. En réalité, les tisseuses habitant en milieu rural n'ont ni les contacts ni les connaissances nécessaire à une recherche efficace des débouchés possibles.

En 2007, le nombre de produits en soie tissés a été évalué à 2 918 *lamba*, 440 écharpes et 23 linceuls constitués de trois panneaux dans la région d'Itasy dont 98 % tissés dans le district d'Arivonimamo (CITE, 2007). Dans le **tableau 17.4** sont repris les prix des *lamba* en fonction du type de tissage et de la matière utilisée. On observe que le fil de soie est le matériau le plus cher, mais aussi celui qui rapporte le plus. En effet, le temps de travail nécessaire à la confection d'un *lamba* varie d'un à deux jours et ne dépend pas du type de fil utilisé mais plutôt des motifs tissés et de l'expérience de la tisseuse.

¹⁴ Morceau d'étoffe d'assez grande dimension servant à se vêtir. C'est traditionnellement la base de l'habillement malgache.

Tableau 17.4. Prix et bénéfices des différents types de *lamba* (moyennes \pm erreurs standards).

Produit	Prix		Bénéfice	
	MGA	€	MGA	€
<i>Lamba</i> en soie, tissé léger	$25\,714 \pm 2\,749$	$10,39 \pm 1,11$	$10\,500 \pm 1\,591$	$4,24 \pm 0,64$
<i>Lamba</i> en soie, tissé serré	$90\,385 \pm 42\,688$	$36,51 \pm 17,25$	$19\,115 \pm 3\,256$	$7,72 \pm 1,32$
<i>Lamba</i> synthétique ou coton	$11\,750 \pm 1\,339$	$4,75 \pm 0,54$	$4\,683 \pm 543$	$1,89 \pm 0,22$
<i>Lamba</i> mélangé synthétique/soie	$26\,000 \pm 12\,028$	$10,50 \pm 4,86$	$10\,000 \pm 5\,298$	$4,04 \pm 2,14$

MGA : Malagasy Ariary.

Pour une tisseuse travaillant à son compte, il est donc plus intéressant de travailler avec de la soie qu'avec des matériaux moins nobles comme le coton et le fil synthétique. Cependant, dans la région d'Arivonimamo, la soie est de plus en plus rarement tissée en raison de l'investissement nécessaire et de la difficulté de vendre des produits à un prix élevé. Les *lamba* tissés plus lâches et les *lamba* en matériaux mélangés sont deux solutions intermédiaires qui permettent de réduire le coût des matières premières tout en augmentant le bénéfice par rapport au *lamba* en coton ou en synthétique.

Les tisseuses salariées, quant à elles, tissent presque toujours des *lamba* en coton ou en synthétique. En effet, les personnes qui emploient ces tisseuses viennent d'Arivonimamo et ne reçoivent que peu de commandes pour des *lamba* en soie. Ces tisseuses salariées touchent un salaire moyen de $3\,331 \pm 197$ MGA ($1,35 \pm 0,08$ €) pour un *lamba* tissé en 1 à 2 jours selon l'expérience. Étant donné que le salariat agricole se situe entre 1 750 et 2 000 MGA (entre 0,77 et 0,81 €) par jour, une tisseuse expérimentée gagne plus qu'en pratiquant un travail non qualifié. Malgré un bénéfice moins important, la majorité des tisseuses rencontrées en milieu rural ont choisi d'être salariées en raison de la sécurité que cela apporte : aucun investissement n'est nécessaire, et elles ne doivent pas chercher elles-mêmes des acheteurs pour les produits fabriqués. Le **tableau 17.5** illustre les revenus totaux annuels de deux tisseuses salariées de cette région : peu d'entre elles ont pu estimer leurs revenus au cours de l'année. Pour ces deux personnes, le tissage tient une part importante dans les revenus totaux. L'ensemble des enquêtes auprès des tisseuses confirme cette tendance pour nombre d'entre elles. Seules quelques tisseuses (possédant probablement davantage de terres que les autres) nous ont dit tirer la plus grande part de leurs revenus de l'agriculture. C'est le cas du ménage 1 présenté dans le **tableau 17.5** qui tire 50 % de ses revenus de la vente de riz. En effet, la tisseuse de ce ménage nous a confié ne pas connaître de période de soudure et vendre le riz excédentaire. Néanmoins, ce cas est relativement rare dans cette région.

Nous avons vu précédemment que les tisseuses rencontraient de nombreux freins à leur activité. Une solution qui pourrait contribuer à résoudre nombre de problèmes (notamment l'investissement en matières premières et le manque de débouchés) serait de développer des relations de commerce équitable avec des organisations étrangères ou nationales. En effet, ce type de commerce a pour objectif de donner une juste rémunération aux producteurs et exige de moins grandes quantités que d'autres acheteurs. Cependant, le développement du commerce équitable demanderait quelques avancées au sein de la filière :

- une bonne organisation des tisseuses au sein d'associations dynamiques ;
- une augmentation de l'approvisionnement en matières premières ;

- probablement des fonds d’investissement pour le démarrage de l’activité;
- une amélioration de la qualité des produits et une diversification des modèles proposés.

Tableau 17.5. Revenus annuels de deux ménages pratiquant le tissage salarié.

Source de revenu	Ménage 1 - Antsonjo, Mandrosoa			Ménage 2 - Feratanana, Mandrosoa		
	MGA	€	% Revenu	MGA	€	% Revenu
Haricots	40 000	16,16	5,6	18 000	7,27	4,9
Riz	360 000	145,44	50,0	36 000	14,54	9,8
Manioc	0	0,00	0,0	30 000	12,12	8,2
<i>Voanjobory</i>	0	0,00	0,0	18 000	7,27	4,9
Total Agriculture	400 000	161,60	55,6	102 000	41,21	27,9
Tissage	320 000	129,28	44,4	264 000	106,65	72,1
Revenus Totaux	720 000	290,88	100,0	366 000	147,86	100,0

MGA : Malagasy Ariary.

17.4. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Aujourd’hui, l’élevage du *landibe* n’est plus l’activité principale des populations de la région d’Arivonimamo comme c’était le cas avant les années 1950, mais l’impulsion récente apportée par les ONG a relancé l’intérêt des femmes pour le tissage et la récolte de cocons. En effet, le tissage est une activité très rentable par rapport au salariat agricole. La récolte de cocons offre quant à elle un revenu supplémentaire, qui restera cependant peu important tant que les quantités de cocons disponibles resteront limitées.

L’approche économique montre que la soie tient une place importante dans l’économie de la région, notamment en milieu rural. En effet, la récolte de cocons et le tissage semblent apporter un revenu important par rapport aux autres activités comme l’agriculture. Dans une perspective historique, nous avons vu que l’économie populaire a toujours eu une place importante dans les échanges à Madagascar. Aujourd’hui, c’est toujours le cas pour la filière soie. La majorité des ventes de matières premières et de produits finis se fait sur les marchés, loin des statistiques officielles. C’est pourquoi tout appui à la filière doit être envisagé dans cette perspective.

Par ailleurs, les actions de développement qui pourraient être menées en appui à la filière soie pourraient parfaitement être intégrées dans une problématique de «genre». En effet, la majorité des personnes impliquées en milieu rural dans la récolte de cocons et le tissage sont des femmes. Nous avons vu que le tissage est une activité particulièrement rémunératrice par rapport à un salaire non qualifié comme le salariat agricole. Il en résulte que la valorisation du tissage dans les campagnes favoriserait l’indépendance financière des femmes par rapport à leur mari.

Une des solutions à envisager en ce qui concerne le problème du manque de débouchés est celle du commerce équitable. En effet, la filière équitable comporte le double avantage de demander de moins grandes quantités que la filière traditionnelle et de rémunérer davantage les producteurs à la base de la filière. Idéalement, la mise en place d’une filière «commerce équitable de soie sauvage» permettrait de redynamiser les associations de tisseuses en place

et d'accéder à la première demande de celles-ci : trouver davantage de débouchés pour leurs produits. Cependant, nous pensons que la mise en place d'une telle filière dans la région est actuellement impossible. En effet, la quantité de matière disponible est bien insuffisante pour produire les quantités nécessaires à l'exportation, même si elles sont inférieures avec le commerce équitable. Une telle filière serait donc à mettre en place si les villageois de la zone arrivent à maintenir des populations de papillons suffisantes pour augmenter la production.

17.5. BIBLIOGRAPHIE

- Andriamanindriosa E., 2004. *Économie populaire, territoires et développement à Madagascar. Dimensions historiques, économiques et socioculturelles du fokonolona*. Thèse de doctorat. Université Catholique de Louvain (Belgique).

CITE, 2007. *Collecte d'informations sur la filière soie dans le cadre de l'appui à la gestion des informations économiques pour le VMSL*. Rapport d'étude. Antananarivo : CITE.

Disaine B., Laha G., Randriafamatanantsoa J. & Randriamanana simbolonirina B., 1992. *Concept de développement dans le contexte socio-culturel Malgache*. Série « Documents et Études » n° 21. Antananarivo : Ministère du Budget et du Plan.

Organisme de Coopération et Développement Économique (OCDE), 2006. *Perspectives économiques en Afrique 2005-2006*. Madagascar. www.oecd.org/dataoecd/27/38/36797732.pdf (18.11.2007).

Ramiarantsoa H.R., 1995. *Chair de la terre, œil de l'eau : Paysanneries et recompositions de campagnes en Imerina (Madagascar)*. Montpellier, France : IRD.

Randrianarison L., 2003. Revenus extra-agricoles et pauvreté. In : Minten B., Randrianarisoa J.C. & Randrianarison L. (eds). *Agriculture, pauvreté rurale et politiques économiques à Madagascar*. Ithaca, USA : Cornell University.

18 — Tissu social, coopérations et conflits entre les acteurs de la filière soie de *landibe* dans la région d'Itasy

Lise DIEZ, Marc PONCELET, Naritiana RAKOTONIAINA,
Gabrielle RAJOELISON, François J. VERHEGGEN, Éric HAUBRUGE

La soie sauvage est produite à partir des cocons d'un papillon endémique de Madagascar qui appartient au genre *Borocera*, appelé localement le *landibe*. Dans ce travail, nous avons cherché à éclairer certains aspects socio-anthropologiques de la filière soie sauvage. Pour cela, nous avons réalisé une série d'entretiens avec les acteurs de la filière soie en milieu rural et urbain. L'étude en milieu rural a été réalisée au sein de deux communes de la région d'Itasy, situées à une cinquantaine de kilomètres à l'ouest d'Antananarivo. Des acteurs urbains vivant à Antananarivo ont également été interrogés. L'analyse des acteurs de la filière soie a révélé une dynamique complexe. À chaque niveau de la filière, ces personnes impliquées dans la filière soie ont des objectifs bien précis, le principal étant l'augmentation des revenus grâce à la soie. En milieu rural, les activités liées à la soie sont toutes pratiquées en complément de l'agriculture. Les acteurs collectifs de la filière sont principalement les VOI (ou Communautés Locales de Base) qui sont en charge de gérer la forêt, les associations de tisseuses et les ONG qui s'occupent d'actions de développement, dont certaines ont comme objectif le renforcement de l'un ou l'autre aspect de la filière soie. Ces acteurs collectifs agissent en coopération et dans l'intérêt des populations, mais nous avons également observé des conflits et malentendus entre les individus et ces associations, ce qui peut entraver l'atteinte des objectifs communs de développement de la filière et de préservation de l'environnement.

Social interactions and conflicts between wild silk production actors in the Itasy region

Wild silk in Madagascar is made by endemic silk moths of the genus *Borocera*, locally named *landibe*. In this study, we tried to shed light on the social aspects of the wild silk sector, by understanding the interactions between the actors involved. We interviewed different professionals such as weavers and cocoon harvesters in the country and in the city. The study area was located in villages of the Itasy region, situated 50 km West of Antananarivo. Moreover, people working in the silk sector were also interviewed in Antananarivo. Analysis of the wild silk's sector revealed complex dynamics. Each player has his own purpose, not the least of which is finding additional revenues with silk. In the country, cocoon harvesting and weaving are complementary activities to agriculture. The collective actors of the silk sector are the VOI (Local Communities) who are managing *tapia* woods, weaving women associations, and NGOs who try to develop silk sector in the region. These collective actors cooperate with the local population, but it appears that some conflicts and misunderstandings arise between individuals and associations, which could hamper meeting the shared goals of silk sector development and preservation of the natural environment.

18.1. INTRODUCTION

La soie sauvage de Madagascar est produite à partir des cocons d'un papillon endémique des Hautes Terres du centre de l'île dont le nom vernaculaire est *landibe* et qui appartient au genre *Borocera* (Lepidoptera : Lasiocampidae) (chapitre 1). Les cocons sont directement récoltés à la main dans les bois de *tapia* (*Uapaca bojeri* Baill., Euphorbiaceae), le fil est fabriqué à la main et les écharpes sont tissées sur des métiers traditionnels en bois. Les produits finis sont ensuite vendus principalement à Arivonimamo et Antananarivo (chapitre 17).

Des personnes récoltant les cocons de *landibe* aux commerçants, de nombreux acteurs entrent en interactions les uns avec les autres pour former la filière soie. Les relations entre ces acteurs, qu'elles soient de l'ordre du conflit ou de la coopération, vont influencer le fonctionnement et la structure de la filière dans son ensemble. En effets, les choix et actions de chacun des acteurs peuvent profiter à la filière dans son ensemble, mais ce n'est pas toujours le cas, notamment en ce qui concerne le maintien de cette filière sur le long terme. C'est pourquoi dans cet article nous avons cherché, grâce à une approche socio-anthropologique, à mieux comprendre la nature des relations qui existent entre les différents acteurs.

18.2. MÉTHODOLOGIE

18.2.1. Acteurs et stratégies : quelques notions théoriques

Debuyst (2001) présente un schéma actionnel qui peut être utilisé lorsqu'on s'intéresse aux acteurs et à leurs objectifs. Les acteurs peuvent alors être définis comme «des individus ou des groupes sociaux qui interviennent dans une action et se sentent impliqués dans les objectifs de cette action». Ces acteurs peuvent être de type individuel et dans ce cas leurs objectifs sont personnels mais une série de paramètres communs avec d'autres personnes permet de les placer dans une même catégorie d'acteurs. Ils peuvent également être de type collectif et, dans ce cas, les personnes appartenant à ce groupe poursuivent sciemment des objectifs communs ; on peut citer l'exemple des associations. On peut distinguer les acteurs institutionnels qui disposent d'une autorité légitime que ne possèdent pas les acteurs non institutionnels. Ces derniers peuvent cependant se constituer en groupement susceptible d'exercer un certain pouvoir décisionnel.

Plusieurs champs semblent particulièrement pertinents dans l'étude des acteurs, de leurs objectifs et de leurs logiques d'action : l'identité de ces acteurs et leurs rapports sociaux ; l'occupation de l'espace, la démographie et les environnements biologique et physique ; les conditions socio-économiques ; les savoir-faire ; les pouvoirs et les organisations sociales en place ; et les représentations et logiques sociales. Ce dernier point mérite d'être défini plus précisément. Les représentations sont la figuration que les acteurs se font des logiques sociales en place. Les logiques sociales se réfèrent au sens et à la cohérence de leurs modes de pensée et d'action. Elles visent le plus souvent à reproduire la situation en place dans une logique interne, mais cette reproduction s'oppose parfois à des facteurs externes non contrôlables. Ceci concerne la reproduction des sociétés dans leur ensemble, des institutions et organisations et enfin la reproduction des acteurs (Debuyst, 2001).

Pour l'analyse des points présentés ci-dessus, l'espace et de la temporalité de l'étude sont deux facteurs déterminant le bon déroulement de celle-ci. En effet, la présente étude touche

diverses disciplines telles que la socio-anthropologie, la gestion des ressources naturelles et la biologie des insectes. Ces différentes disciplines englobent un espace différent : la socio-anthropologie se réfère principalement à un espace perçu par les acteurs, mais aussi à un espace social. La gestion des ressources naturelles analyse l'espace comme une surface de ressources disponibles dans un espace géographique référencé. La biologie des insectes se réfère quant à elle à un espace qui est l'écosystème. Ces trois types d'espace s'entrecoupent, mais il est nécessaire d'être conscient des différences dans leurs perceptions et leurs définitions (Defourny, 2001). La temporalité est également différente selon la discipline étudiée. L'important est alors de prendre en compte chaque élément dans sa temporalité propre et de l'intégrer dans celle des autres. En effet, si le cycle de reproduction de la forêt et la fréquence des coupes de bois sont très différentes, celles-ci concernent une même ressource et ces deux temporalités sont à prendre en compte. L'intégration de la situation étudiée dans son histoire, d'une part, et dans les perspectives envisagées, d'autre part, est une condition nécessaire à une bonne prise en compte de ces diverses temporalités (Defourny, 2001).

18.2.2. Le champ d'analyse

L'analyse de la filière soie que nous développons dans ce document correspond à l'étude d'un champ particulier, délimité dans l'espace et dans le temps. La zone géographique considérée correspond à des régions historiquement connues pour leur implication dans la filière soie. En ce qui concerne les zones rurales de production de soie, nous avons donc choisi d'étudier la région d'Itasy et particulièrement deux de ses districts : celui d'Arivonimamo et celui de Miarinarivo. Pour l'étude de la commercialisation des produits en soie, nous avons considéré la ville d'Arivonimamo et la capitale Antananarivo.

L'étude a été réalisée de manière ponctuelle au cours d'un travail de terrain qui s'est déroulé de février à juin 2008. Cependant, nous avons tenté d'analyser la filière soie dans sa dimension historique pour mieux en comprendre le fonctionnement. Les enquêtes ont été menées auprès des acteurs de la filière soie. L'objectif de ces enquêtes est de comprendre les dynamiques et les problématiques en jeu dans cette filière.

Les types d'acteurs que nous avons identifiés et interrogés sont présentés dans la liste suivante :

- les responsables administratifs des communes rurales étudiées (les maires et les chefs de *fokontany*¹);
- les personnes et organismes impliqués dans le transfert de gestion (les présidents des VOI² et des représentants des ONG et associations appuyant les transferts de gestion);
- les acteurs de la production de soie (des personnes récoltant régulièrement des cocons de *landibe* et quelques éleveurs de *landikely*³);
- les personnes impliquées dans la transformation de la soie (des tisseurs vivant en milieu rural ; des personnes employant des tisseurs en ateliers ; des responsables d'associations de tisseuses ; des formateurs dans les techniques de tissage);

¹ Cellule administrative au-dessous de la commune regroupant plusieurs hameaux ou villages. C'est au niveau du *fokontany* qu'ont lieu les réunions villageoises.

² *Vondron'Olona Ifotony*. Synonyme de CLB (Communauté Locale de Base). Association créée à l'issue d'une convention tripartite destinée à assurer la gestion des ressources naturelles au niveau local.

³ Nom vernaculaire de *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae). Littéralement « la petite soie ».

– les personnes impliquées dans la commercialisation de la soie (des intermédiaires employant des tisseurs en milieu rural ; des revendeurs établis en ville ; des représentants d'organisations impliquées dans la filière soie).

Une partie de ces enquêtes a été menée à Antananarivo et à Arivonimamo. Celles-ci visaient principalement des personnes ressources fortement impliquées dans la filière soie et des commerçants vendant de la soie. Nous avons choisi d'interroger un maximum de ces acteurs.

Les enquêtes menées en milieu rural concernent une population beaucoup plus grande et une partie des acteurs de la soie a pu être interrogée. Deux choix ont donc été réalisés : le choix des zones d'étude qui sont au nombre de quatre et le choix des personnes interrogées sur chacun des sites. L'objectif n'a pas été de réaliser un échantillonnage statistiquement représentatif mais de couvrir au mieux les zones choisies et de pouvoir rendre compte des différentes situations rencontrées.

18.2.3. Méthode d'échantillonnage

Le choix des zones d'étude a été réalisé à partir d'un ensemble de renseignements comme la présence de bois de *tapia*, la gestion des forêts par les VOI et la présence de tisseuses. Les renseignements préliminaires à propos des villages à étudier ont été recueillis au fil d'une série d'entretiens auprès de personnes ressources : les maires des communes rurales d'Arivonimamo et de Soamahamanina ; le président du VMSL⁴, Groupe de coordination régional de la filière soie ; des responsables de projets impliqués dans la filière soie dans les organisations SAHA⁵ et SAGE⁶ ; et le président de l'Union des VOI, qui assure la coordination entre les différents VOI de la commune d'Arivonimamo II.

Le choix des villages à visiter s'est porté sur quatre *fokontany* (**Figure 17.1**, voir cahier couleur) où les habitants utilisent la ressource soie : Amby, Mahadonga et Ankalalana dans la commune d'Arivonimamo II et Mandrosoa dans la commune de Soamahamanina. Ces *fokontany* ont été choisis en raison de la présence de bois de *tapia* aux alentours, de la présence des VOI qui en assurent la gestion et également de la présence de tisseurs qui assurent la transformation de la soie. De plus, ces *fokontany* présentaient des différences entre eux qui accentuent leur intérêt comme le montre le **tableau 17.1** (page 258). Enfin, nous avons reçu l'accord des maires des communes concernées pour la réalisation des enquêtes.

Les enquêtes dans la commune d'Arivonimamo se sont déroulées durant cinq semaines. La première semaine a permis d'interroger une série de personnes ressources de la commune rurale d'Arivonimamo et de tester les grilles d'entretiens. Quelques nouvelles questions nous sont apparues durant cette période et ont été alors ajoutées. Nous avons ensuite pris soin de visiter une deuxième fois les personnes interrogées durant cette première semaine afin de compléter les enquêtes. Les trois semaines suivantes ont été consacrées aux visites des villages des trois premiers *fokontany* concernés. Enfin, la dernière semaine d'enquêtes s'est passée après plusieurs semaines d'analyse des données afin de compléter les informations manquantes. Les

⁴ *Vondron Mpandidra ny Seha-pihariana Landy*. Groupe de coordination de la filière soie dans la région d'Itasy.

⁵ *Sahan'Asa Hampandrosoana ny Ambanivohitra*. Coopération suisse à Madagascar.

⁶ Service d'Appui à la Gestion de l'Environnement.

enquêtes dans le *fokontany* de Mandrosoa se sont déroulées à la fin de la période d'étude, en une semaine.

L'échantillonnage des personnes interrogées au sein de ces villages a été réalisé selon une méthode adaptée aux réalités du terrain. En effet, les agriculteurs sont le plus souvent au champ dans la journée et il est impossible de prévoir quelles personnes seront présentes au village et disponibles pour les entretiens. Cependant, les activités étudiées dans le cadre de cette étude (récolte de cocons, filature et tissage) concernent le plus souvent des femmes et ce sont elles qui restent le plus souvent dans les villages en journée, ce qui a facilité le déroulement de l'étude.

Nous avons décidé de visiter tous les villages de chaque *fokontany* pour brosser un maximum de situations différentes. À chaque arrivée dans un village, nous avons commencé par questionner les personnes présentes sur les activités effectivement pratiquées dans leur village, particulièrement la récolte de cocons, la filature et le tissage. Pour chaque activité effectivement pratiquée dans le village, nous avons décidé d'interroger au minimum une personne concernée. Quelle que soit la personne interrogée, quelques points sont abordés en début d'entretien : la présentation de l'enquêteur et de l'interprète s'il est présent ; une brève présentation des objectifs de l'étude ; et la réponse au « Pourquoi moi ? » (le statut de tisseuse, responsable de tel organisme, etc.). À chaque entretien, le nom de la personne était noté afin de la retrouver par la suite si des précisions s'avéraient nécessaires. Si celle-ci s'inquiète d'être reconnue et de voir ses propos divulgués, nous lui précisions que les données des enquêtes seraient présentées de manière anonyme. Les informations obtenues lors des entretiens ont toujours été récoltées par prise de notes.

Certains acteurs ont été interrogés selon un mode d'entretien libre. La personne était alors questionnée d'une manière très large sur ses activités et sur ses implications dans la filière soie. Les acteurs concernés par ce type d'entretien ont été : les maires et chefs de *fokontany*, les représentants d'ONG et d'organisations appuyant le transfert de gestion ou la filière, les responsables d'associations de tisseuses, les personnes vivant en milieu urbain et employant des tisseurs en atelier et enfin les formateurs. Ces acteurs ont été considérés comme des personnes ressources pouvant éclairer certains aspects de la filière.

Les autres acteurs ont été interrogés selon la méthode des entretiens semi-structurés. Des grilles d'entretiens contenant les thèmes à aborder ont été préparées à l'avance pour chacun des types d'acteurs. L'entretien était mené de manière à ce que la personne interrogée soit libre d'aborder ces thèmes ou d'orienter l'entretien vers d'autres sujets. Nous avons cependant veillé à ce que les thèmes de la grille soient tous abordés lors de chaque entretien.

Les thèmes qui ont été abordés avec les personnes récoltant les cocons sont :

- les activités pratiquées par la personne (récolte, agriculture, tissage, etc.) ;
- les connaissances sur la biologie du *landibe* (différentes espèces, ennemis, etc.) ;
- les techniques de récolte ;
- les techniques de gestion de la reproduction des papillons connues et pratiquées ;
- la quantité récoltée par an et les revenus apportés par les cocons ;
- le lieu de vente des cocons ;
- l'évolution de la ressource « cocons » depuis qu'ils l'utilisent ;
- les solutions proposées ;
- les commentaires par rapport aux VOI ;
- les problèmes rencontrés ;
- les perspectives d'avenir par rapport à la récolte de cocons.

Les thèmes abordés avec les tisseurs sont :

- les activités pratiquées par la personne (récolte, agriculture, tissage, etc.);
- la place de l'activité de tissage par rapport aux autres activités pratiquées;
- le statut professionnel (salarié ou à son compte) et raison du choix;
- l'appartenance à une association de tisseurs;
- les techniques de tissage et le matériel utilisé;
- les étapes de transformation réalisées sur place (filature, tissage);
- les produits fabriqués (tissus, vêtements, linceuls) et les matériaux utilisés (*landibe*, *landikely*, synthétique, coton, etc.);
- la provenance du *landibe*;
- les débouchés pour les produits finis;
- les prix et bénéfices des produits finis;
- l'évolution de l'activité depuis que la personne tisse;
- les problèmes rencontrés.

Pour finir, nous avons posé une série de questions d'ordre général : l'âge, le nombre de personnes vivant dans le foyer et le nombre d'enfants de moins de 18 ans, la source d'eau utilisée, l'implication dans des associations, les possessions (nombre de maisons, de bovins et de charrettes) et, enfin, une estimation de la production en riz de la famille. Ces questions permettent de se faire une idée générale de la situation familiale. Enfin, à l'issue de chaque entretien, nous avons demandé à la personne interrogée si elle désirait ajouter quelque chose avant de clore l'interview.

18.3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

18.3.1. Aperçu général des acteurs et de leurs relations

Les étapes de la filière soie sont assurées par une série d'acteurs qui entretiennent différents types de relations à prendre en compte. Dans ce travail, nous avons donc cherché à savoir qui étaient ces acteurs et comment s'agagnaient les relations entre chacun d'eux. Nous avons cherché à décrire l'ensemble des relations que nous avons pu observer.

Les personnes impliquées dans la filière soie sont très nombreuses dans la région d'Itasy. En effet, 1 726 familles sont concernées par des activités relatives à la filière dont 41 % sont impliqués dans les activités liées au *landikely*, 37 % au *landibe* et 22 % à la gestion des bois de *tapia* (CITE, 2007). La prédominance des activités liées au *landikely* est due au développement récent de cet élevage autour de Miarinarivo. Dans le présent travail, nous n'avons rencontré que peu d'éleveurs de *landikely* car la plupart d'entre eux se trouvaient en dehors de la zone d'étude. On peut observer sur la **figure 18.1** que les acteurs peuvent être classés selon deux critères. En effet, nous avons pu clairement différencier les acteurs urbains des acteurs ruraux et les acteurs individuels des acteurs collectifs.

18.3.2. Conflits et consensus autour de la gestion des forêts

Les bois de *tapia* sont actuellement gérés à Arivonimamo II et Soamahamanina par une application de la loi GELOSE⁷. Le principal objectif de la GELOSE est de transférer la gestion

⁷ GEStion LOcale SÉcurisée.

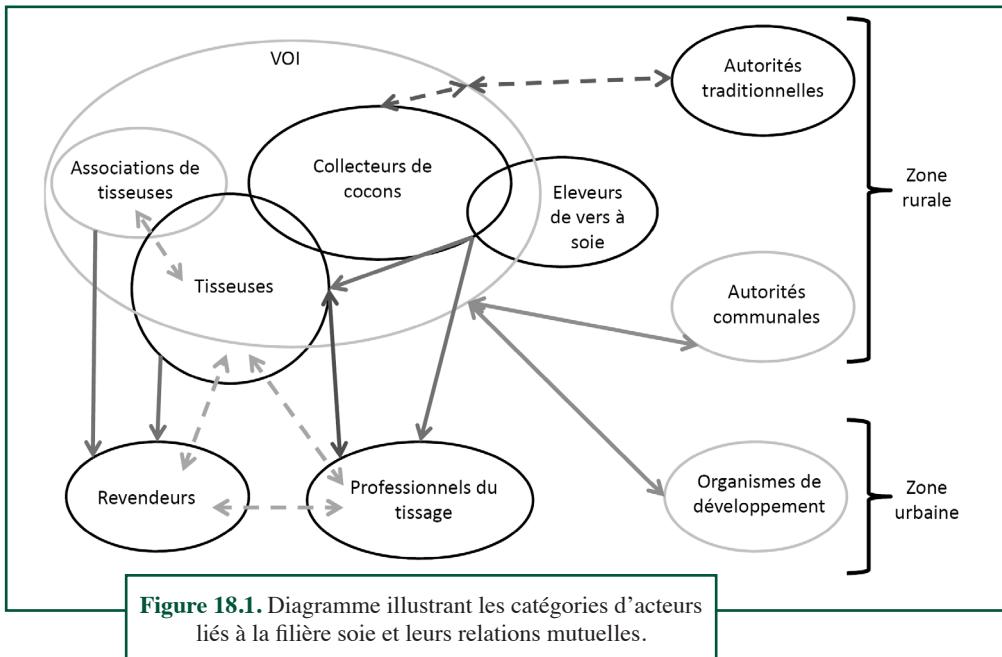


Figure 18.1. Diagramme illustrant les catégories d'acteurs liés à la filière soie et leurs relations mutuelles.

de ces ressources, de l'État vers les communautés locales, dans le but de les protéger plus efficacement (Sarrazin, 2009). Au niveau de la commune d'Arivonimamo II, l'Union des VOI Maitso (littéralement « Union verte ») s'occupe de la coordination et de l'organisation des VOI établis au niveau villageois. Elle comprend 19 VOI en tout, répartis dans les 21 *fokontany*. Sur les 19 VOI, 2 ont été créés en 1999 comme VOI pilotes, 9 en 2001 et 8 en 2003. Dans la commune de Soamahamanina, l'Union Anala (« Union de la forêt ») regroupe les différents VOI créés en 2007. La durée du contrat GELOSE est de trois ans, renouvelable ensuite pour 10 ans. Dans la commune d'Arivonimamo II, le renouvellement des contrats n'a actuellement pas encore eu lieu mais les VOI continuent tout de même de fonctionner sur le même modèle, en attendant ce renouvellement. Les statuts sont communs à tous les VOI, mais ceux-ci sont individuellement responsables de la gestion forestière et du *dina*⁸ à faire respecter par les membres. Le *dina* est un ensemble de règles mis en place collectivement à l'échelle locale. Le non-respect de ces règles entraîne le paiement d'une amende par le fautif.

Les bois de *tapia* sont gérés de manière participative par les VOI : des réunions sont organisées régulièrement pour débattre et prendre des décisions concernant la gestion forestière et le fonctionnement interne du VOI en question. Dans les deux communes étudiées, la mise en place des VOI a été appuyée par le SAGE afin de promouvoir les produits pouvant apporter une source de revenus durable comme la production et la transformation locale de la soie de *landibe*.

Les systèmes d'appropriation des terres et des ressources naturelles est un élément clé de la compréhension de la gestion des ressources naturelles. En Imerina, les terres cultivables sont transmises de génération en génération. Tant que les parents sont vivants, les enfants

⁸ Convention comprenant un ensemble de règles passées au sein d'une communauté comme le *fokontany* ou le VOI.

reçoivent une partie de la terre en usufruit : l'héritage n'est effectif qu'au décès des parents. Par contre, les terres «inutilisées» comme les bois de *tapia* sont du domaine de l'État. Cependant, les formes de valorisation de la terre par les particuliers, comme la plantation d'eucalyptus, constituent un moyen d'appropriation personnelle de la terre (Ramiarantsoa, 1995). Il semble que la valorisation des bois de *tapia* par l'élevage de *landibe* ait eu les mêmes conséquences jusque dans les années 1950. En effet, les villageois possédaient chacun une petite parcelle de forêt bien délimitée qui leur servait à l'élevage extensif du papillon. Aujourd'hui, les bois de *tapia* appartiennent à nouveau à l'État mais sont soumises à la gestion des VOI.

L'Union des VOI assure la coordination entre tous les VOI de la commune. Elle doit notamment assurer la transmission des informations : le président et les membres de l'Union doivent convoquer les villageois lorsque des formations sont organisées pour eux.

Chaque VOI établi au niveau d'un *fokontany* ou d'un ensemble de hameaux a les responsabilités suivantes :

- s'assurer du respect du *dina* au sein du territoire villageois par les membres du VOI et les personnes extérieures ;
- rendre des rapports trimestriels sur l'avancement de la gestion forestière, notamment sur les feux de brousse, le nombre d'arbres plantés, les coupes de bois vert et les *lavaka*⁹ ;
- prendre des initiatives pour la protection, la gestion forestière et celle des PFNL¹⁰ ;
- assurer le renouvellement du bureau (le président, le trésorier et le secrétaire) du VOI tous les trois ans ;
- gérer l'argent mis à disposition du VOI : fonds provenant des bailleurs et fonds internes apportés par les cotisations et les amendes.

Au niveau local, les principaux moyens humains mis à disposition des VOI sont les bureaux, composés du président, du trésorier et du secrétaire. Le président s'assure du bon déroulement des réunions des VOI, établit des rapports, notamment lorsque certains arbres sont tombés et s'assure du respect du *dina* du VOI. La surveillance des forêts est assurée par les villageois eux-mêmes. Certaines personnes qui assistent le président sont responsables de rapporter les infractions observées dans le territoire qui leur est confié. Tout villageois qui observe une infraction aux règles doit également le signaler au président. Les règles à appliquer qui concernent la gestion recouvrent en général :

- l'interdiction de couper du bois vert ;
- l'interdiction d'allumer des feux qui pourraient provoquer des feux de brousse ;
- l'obligation de signaler des arbres tombés (par exemple lors des cyclones) car ce bois doit être distribué entre les membres du VOI ;
- dans certains VOI, notamment à Mandrosoa, la coupe de bois d'eucalyptus (même sur un terrain privé) requiert une autorisation spéciale et payante du président.

La régénération du *tapia* étant relativement lente, les VOI ont également pris l'initiative de planter de jeunes plants. Cependant, les tentatives relatées par les responsables de VOI se sont révélées infructueuses, avec un faible taux de survie des arbres plantés.

⁹ Érosion due à une action combinée du ruissellement superficiel et du glissement en masse. Ce sont des échancrures développées sur les versants des interfluves ; leur progression, régressive, entretient une paroi verticale du côté amont (Ramiarantsoa, 1995).

¹⁰ Produits Forestiers Non Ligneux. Ensemble des produits autres que le bois récoltés en forêt par les populations vivant dans ou au voisinage de cette forêt.

Un phénomène sociologique peu pris en compte dans l'évaluation des transferts de gestion est la composante culturelle des ONG étrangères impliquées dans le transfert de gestion. En effet, celles-ci ont des exigences et des manières de travailler qui peuvent différer fortement, notamment en fonction du pays d'origine de ces ONG. Le manque d'harmonisation à ce niveau interfère avec la formation des médiateurs et donc avec la mise en place des VOI (Feltz et al., 2004).

Plusieurs ONG ont travaillé dans la région d'étude lors de la mise en place du transfert de gestion : le FIDA¹¹ (financement), le WWF¹² (conseils techniques), le PSDR¹³ (subventions et prestation de services), Feed Back Madagascar (repeuplement de *landibe*), le SAHA (financement et conseils techniques) et le SAGE (soutien technique). Actuellement, les responsables des VOI citent principalement le SAHA et le PSDR comme les plus actifs dans le transfert de gestion.

Un autre acteur important est le VMSL, groupe de coordination de la filière soie dans la région d'Itasy. Cette plateforme a été créée dans l'objectif d'augmenter la production et la qualité de la soie, de tenir les acteurs de la filière mieux informés et de permettre une meilleure commercialisation. Son rôle est de créer un environnement favorable à toutes ces informations.

Durant notre séjour dans la zone d'étude, nous n'avons observé ni feux de brousse, ni bois vert coupé ou arbres abattus. Même si elle semble lente, nous avons observé de la régénération naturelle dans les bois de *tapia*. Il semble donc que le résultat de l'action des VOI sur les forêts soit globalement positif. Nous n'avons cependant pas eu le temps d'évaluer ces résultats de manière quantitative.

La gestion forestière est assurée par la communauté dans la région d'étude. Bien que les rôles du VOI soient relativement bien définis au niveau administratif, l'observation montre que les réalités humaines conduisent à des incompréhensions et à des conflits. Les enquêtes menées auprès des villageois et des responsables ont révélé certains d'entre eux qui seront exposés ici. Cependant, cette étude ne peut être exhaustive en ce qui concerne ces conflits d'intérêts autour de la gestion des ressources naturelles. En effet, de nombreux points et notamment les relations des VOI avec les autorités traditionnelles n'ont pu être étudiés car les personnes interrogées ne désiraient pas aborder ces questions.

Le respect des *dina* ne semble pas être un problème au sein des VOI. En effet, les responsables de bureaux comme la plupart des villageois, affirment tous la volonté de protéger la forêt et de respecter les règles comme il se doit, notamment les règles concernant les feux de brousse et les coupes de bois. De plus, la très grande majorité des personnes interrogées ont affirmé avoir suffisamment de bois pour leur consommation quotidienne avec les branches mortes et l'eucalyptus, tous deux autorisés à la coupe. Cependant, il faut ajouter que les VOI ne semblent pas appliquer les amendes lorsque les règles ne sont pas respectées. En effet, plusieurs présidents de VOI nous ont affirmé qu'aucune amende n'a été payée depuis la création des VOI, du moins durant leur mandat.

Les conflits semblent en effet être réglés à l'amiable, c'est le cas d'un problème survenu dans le village d'Ankazo (*fokontany Amby*) : des membres avaient fait du charbon de *tapia*. Par une décision collective lors d'une réunion du VOI, les fautifs n'ont pas dû payer l'amende

¹¹ Fonds d'Intervention pour le Développement Agricole. Agence spécialisée des Nations Unies.

¹² World Wide Fund for Nature.

¹³ Programme de Soutien pour le Développement Rural. Programme du gouvernement malgache appuyé par la Banque Mondiale.

mais ont eu une remontrance verbale du président de l'Union et du président du *fokontany*. Les personnes dont les intérêts sont en contradiction avec les règles du VOI contournent le problème en allant faire les récoltes en dehors du territoire de leur VOI. Le principal problème concernant le *dina* réside donc en général dans le non-respect des règles par des personnes extérieures au VOI (souvent membres d'un VOI voisin). Par exemple, si le VOI a interdit la récolte de *landibe*, des personnes cherchent à le récolter en dehors de leur propre VOI. Il est en effet plus difficile de poursuivre les personnes extérieures car elles sont moins bien connues.

Dans la commune de Soamahamanina, la création des VOI est plus récente et date de 2007 dans le *fokontany* de Mandrosoa. C'est pourquoi on observe de nombreuses différences avec la commune d'Arivonimamo II quant aux conflits et problèmes invoqués. En effet, aucun conflit dû au manque de communication n'est encore apparu. Les principales inquiétudes des villageois résident dans le respect des règles. En effet, le seul bois qu'ils sont autorisés à récolter sans demande officielle sont les branches mortes de *tapia*. Pour couper du bois d'eucalyptus, il faut faire une demande officielle au président et payer une participation. La récolte de *tapia* mort est également organisée collectivement. De cette lourde administrative résulte un certain scepticisme quant aux quantités de bois qui seront disponibles dans l'avenir pour les villageois. Ils racontent que les quantités ont été suffisantes jusqu'ici mais ignorent si cela va continuer.

La gestion des ressources forestières concerne de nombreux intérêts collectifs et individuels. Plusieurs problèmes et conflits ont pu être observés au niveau de l'Union Maintso et des VOI. Au fil des enquêtes, les points de vue nous ont été exposés et nous avons pu apprécier les conflits d'intérêts entre les différents acteurs agissant sur la gestion de la ressource. Dans la commune d'Arivonimamo II, nous avons observé que les conflits se situent souvent au niveau du croisement entre intérêt collectif et intérêt particulier. Dans cette commune, les VOI ont été créés plusieurs années auparavant et les opinions de chacun sur les VOI et leur fonctionnement se sont déjà bien formées. Pour que l'organisation fonctionne bien, l'intérêt collectif devrait primer, particulièrement chez les responsables. Comme ce n'est pas toujours le cas, il en résulte des mécontentements et jalousies. Nous expliquons donc les conflits et divergences de points de vue dans les paragraphes suivants.

Le manque de communication entre les différents acteurs donne lieu à de nombreuses mésententes et conflits. En effet, les responsables de l'Union Maintso et particulièrement le président sont les personnes qui reçoivent les informations et formations qui concernent la gestion des forêts et qui sont utiles à l'ensemble des VOI. Cependant, le président ne semble pas suffisamment faire passer l'information jusqu'aux responsables des VOI. Mal informés, les membres des bureaux des VOI prennent de mauvaises décisions et provoquent le mécontentement des villageois. Les membres de l'Union Maintso sont accusés de chercher dans l'Union principalement des avantages personnels de toutes sortes (déplacements payés, formations, prestige, etc.) mais de ne pas servir la collectivité comme il se devrait.

Le manque de transparence au niveau des comptes des VOI provoque le scepticisme des villageois quant à l'utilisation de l'argent, notamment celui des cotisations. Une grande partie des dépenses du VOI sert pour sa seule organisation interne : les indemnités des membres du bureau du VOI et de l'Union ; les frais de transport et de nourriture des membres du bureau en déplacement pour des réunions ; et les frais de nourriture des étrangers qui viennent visiter le VOI.

D'autres dépenses des VOI sont directement destinées à la conservation et à la gestion forestière, mais nombre d'entre elles se sont révélées inutiles comme les trois exemples suivants : des plants de *tapia* ont été achetés pour être replantés mais le taux de reprise de ces plants est si faible que l'opération s'est révélée inutile ; plusieurs VOI ont construit une maison destinée à l'élevage du *landibe* alors qu'il est pour l'instant impossible de le maintenir vivant en captivité ; et des filets ont été placés pour protéger les *landibe* de certains arbres des martins tristes, mais ces filets n'ont pas été entretenus et ne servent actuellement plus à rien.

Comme l'argent du VOI ne sert concrètement pas directement à la protection des forêts, les villageois se posent la question de l'utilité des cotisations à payer. Cependant, ni les membres des différents bureaux des VOI ni ceux de l'Union Maitso n'ont été accusés de détourner de l'argent. C'est surtout la mauvaise utilisation de celui-ci qui leur est reprochée. Certains trésoriers ont également commis l'erreur d'emprunter de l'argent au VOI pour une utilisation personnelle sans pouvoir le rembourser à temps. Ce problème est lié au manque de communication entre les membres du bureau et les villageois. Avec une meilleure transparence durant les réunions sur les dépenses réelles du VOI, les villageois comprendraient mieux le travail fourni par les responsables.

Le renouvellement des membres du bureau pose problème à de nombreux niveaux, mais pas partout de la même manière. Les membres du bureau de l'Union Maitso sont des personnes importantes au niveau communal et ne semblent pas avoir envie de perdre leur poste. Il apparaît que ces personnes n'ont pas divulgué la date du vote pour le renouvellement du bureau, présentant cette date comme celle d'une simple réunion. De ce fait, les membres de l'Union – et notamment les candidats potentiels – n'étaient pas présents ou n'étaient pas préparés à cette élection. Les postes du bureau de l'Union ont par conséquent été réattribués aux membres sortants.

D'autres types de conflits se sont manifestés entre les membres des bureaux des VOI et les villageois. Des anciens membres des bureaux des VOI d'Ankalalahana et de Mahadonga chez qui des enquêtes ont été réalisées nous ont expliqué qu'ils avaient démissionné sous la pression des villageois. L'ancienne trésorière du VOI de Mahadonga a été, selon elle, injustement accusée de détourner les fonds du VOI. L'ancien président du VOI d'Ankalalahana, lui, a été accusé de mal gérer le VOI alors que la communication de la part de l'Union avait été déficiente. Cette mésentente au sein de certains VOI a entraîné un renouvellement très fréquent des membres du bureau, ce qui constitue également un frein au bon fonctionnement de l'organisation.

La mise en place du transfert de gestion nécessite des dirigeants (président, trésorier, secrétaire) représentatifs de la population. En théorie, ils sont élus par les membres. Dans le contexte malgache, les autorités traditionnelles ont leur importance dans ces élections. En effet, les détenteurs de pouvoir traditionnels comme les chefs de clans ou de familles importantes prennent les postes importants. Tout représentant de la population doit avoir l'aval de ces chefs traditionnels pour obtenir la légitimité suffisante à une bonne mise en place du transfert de gestion ou de toute autre organisation (Rakotondrainibe et al., 2007). Dans les *fokontany* étudiés, nous avons observé que les postes importants étaient souvent occupés par les membres d'une même famille, voire par la même personne. En guise d'exemple, dans le village d'Antsamanimahazo, ce sont des frères qui occupent les postes de chef de *fokontany*, instituteur, président de l'association de tissage Taratra et surveillant de quartier. Par ailleurs, le président de l'Union Maitso d'Arivonimamo est également président du VOI Herintsoa, président de l'association de la pompe à eau de Merinavaratra et président de l'association de l'église.

Il apparaît donc que les relations de pouvoir autour du transfert de gestion ne sont pas du tout indépendantes des conflits et relations qui préexistent dans les communautés. Cette nouvelle forme de pouvoir constituée par les VOI ne fait que s'ajouter aux rapports qui existaient auparavant. Il en résulte qu'une mauvaise mise en place du transfert de gestion peut avoir de nombreux effets pervers, autant sur la structure sociale des villages que sur la gestion des forêts elle-même. En effet, la gestion traditionnelle des forêts en place avant les contrats GELOSE vaut parfois mieux qu'un transfert de gestion raté (Feltz et al., 2004).

Le phénomène de courtage est le fait que les personnes qui s'impliquent dans le transfert de gestion ne sont pas les personnes ayant des pouvoirs anciens et légitimes sur les ressources mais plutôt des personnes jeunes et lettrées (et ayant donc vécu à l'extérieur du village), appréciées des organismes de développement qui mettent en place le transfert. En effet, les groupes de pouvoirs en présence et les lignages fondateurs ne voient pas l'intérêt de s'impliquer dans une organisation qui s'occupe des ressources naturelles puisque c'est un pouvoir qu'ils possèdent déjà. Si des personnes n'ayant aucune légitimité traditionnelle obtiennent le pouvoir de gestion des ressources par l'intermédiaire du VOI, un conflit de pouvoir a de grandes chances d'apparaître avec les détenteurs du pouvoir traditionnel. De plus, le manque de légitimité de ces nouvelles personnes impliquées les empêche de faire respecter le contrat du transfert de gestion qui sera voué à l'échec (Feltz et al., 2004). Dans les villages étudiés au sein de la commune rurale d'Arivonimamo, nous avons observé que certaines personnes cumulaient les mandats. Par exemple, le président de l'Union Maitso est également président du VOI Herintsoa, président de l'association de gestion de l'eau et président de l'association de l'église. Il en résulte une certaine confusion quant au rôle précis de cette personne qui illustre le phénomène de courtage car elle profite de la prolifération des associations pour asseoir ses champs de pouvoir. Cependant, son appartenance à une famille ancienne du village de Merinavaratra empêche de le considérer comme un détenteur « illégitime » des pouvoirs sur les ressources naturelles.

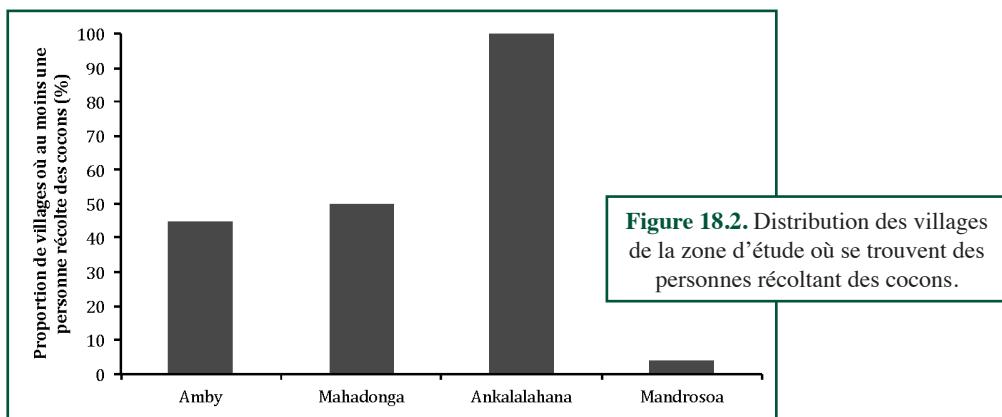
Le contexte associatif qui suit la mise en place du VOI est un autre élément à prendre en compte dans l'analyse. En effet, la création de nombreuses associations à la suite de la signature du contrat est un phénomène classique qui a été observé dans les villages de la commune d'Arivonimamo II. Ce phénomène peut être interprété comme une déchirure dans la structure communautaire car il illustre le fait que chacun désire obtenir sa propre part du pouvoir (Feltz et al., 2004). Cependant, les associations créées dans les villages étudiés sont principalement des associations de tisseuses qui n'ont rien à voir avec la gestion des ressources. Leur création peut donc difficilement être interprétée comme une réaction face aux nouvelles dispositions du VOI.

Plusieurs problèmes ont été également constatés du côté du **passage de l'information** entre l'État, les communautés de base, les communes et les organismes de développement. Un premier point est l'absence de centralisation des contrats de transfert qui sont par ailleurs très difficiles à consulter. Par ailleurs, les contrats de transferts sont pour l'instant peu demandés par les communautés elles-mêmes mais le plus souvent initiés par des organismes extérieurs car il n'y a pas de publicité à ce niveau. En effet, il y a un manque de diffusion de l'information sur les possibilités du transfert de gestion. Une campagne d'information serait nécessaire au niveau national afin que les villages puissent décider eux-mêmes de mettre en place la démarche de signature du contrat (Feltz et al., 2004). De plus, une meilleure prise en compte des contextes sociaux spécifiques serait nécessaire à la réussite des transferts. Une meilleure formation des personnes servant d'interface entre les organisations et les individus comme les médiateurs et les vulgarisateurs serait aussi nécessaire.

18.3.3. Place de la récolte de *landibe* dans les pratiques villageoises

L'activité de récolte de cocons est pratiquée dans de nombreux villages de la zone d'étude. Les cueilleurs travaillent de manière individuelle et la récolte est généralement réalisée par les femmes et les enfants. Aucun regroupement de personnes récoltant des cocons n'a été observé. Dans les paragraphes suivants, nous décrirons certains aspects intéressants dans la répartition spatiale des personnes récoltant les cocons et dans l'évolution de cette activité au cours du temps.

La récolte de cocons n'est en aucun cas organisée mais ce n'est pas non plus une activité pratiquée de manière homogène dans tous les villages étudiés. Certains villages semblent s'être spécialisés dans la récolte de cocons. Dans les *fokontany* de Amby et Mahadonga, une partie seulement des villageois pratiquent la récolte de cocons. En effet, cette activité est pratiquée dans 40 à 50 % des villages (Figure 18.2). Les raisons pour lesquelles ils ne récoltent pas sont le manque de temps, la faible quantité de cocons dans les forêts et l'interdiction de récolte par les VOI. C'est dans le *fokontany* d'Ankalalahana que nous avons rencontré le plus de personnes récoltant des cocons puisque tous les villages sont concernés. Cette particularité semble être due à la présence conjointe de la Route Nationale n°1 (RN1) et d'une grande densité de bois de *tapia*. En effet, la route permet un acheminement aisément des marchandises vers le marché à Arivonimamo. C'est pourquoi on observe que tous les PFNL sont davantage utilisés dans ce *fokontany*. Dans le *fokontany* de Mandrosoa, les personnes récoltant des cocons régulièrement étaient extrêmement peu nombreuses et présentes dans un seul village. La plupart des personnes interrogées à propos de la récolte de cocons n'avait pratiqué cette activité que durant un ou deux ans lors de la forte augmentation du nombre de cocons au début des années 2000, considérant cette activité comme une opportunité.



En ce qui concerne l'identité des personnes récoltant des cocons, il apparaît que cette activité est principalement féminine et pratiquée avec l'aide des enfants comme les autres activités de récolte des PFNL. Les hommes récoltent également mais consacrent davantage de temps que les femmes au travail agricole. Les personnes récoltant des cocons rencontrent actuellement de nombreuses difficultés, et cette activité semble de moins en moins pratiquée. En effet, nombre de personnes enquêtées nous ont expliqué qu'elles récoltaient autrefois mais ont arrêté ces dernières années pour diverses raisons. La première est la diminution récente de la quantité de cocons présents dans les bois de *tapia*. Si la quantité de cocons n'est pas suffisante, l'activité

devient beaucoup moins lucrative que d'autres (agriculture, récolte d'autres produits, activité salariée) et est abandonnée. En 2008, plusieurs VOI ont suggéré d'arrêter temporairement la récolte de cocons et certains ont même interdit cette activité. Cette mesure a été prise en vue de préserver les chrysalides et de favoriser la reproduction des papillons. Certaines personnes, surtout dans le *fokontany* d'Ankalalahana, nous ont cependant expliqué qu'elles estimaient la quantité de cocons présents dans la forêt suffisante pour une bonne récolte. La raison de cette contradiction n'a pas pu être élucidée. D'autres raisons de l'arrêt de la récolte sont la fatigue des yeux et le manque de débouchés : il est de plus en plus difficile de vendre sur le marché et certaines personnes interrogées se plaignent de la baisse des prix.

Les anciennes techniques traditionnelles d'«élevage» du *landibe* sont connues de nombreux villageois qui récoltent des cocons. Ces techniques sont réputées efficaces mais sont aujourd'hui totalement abandonnées. La raison invoquée de cet abandon est le désintérêt actuel des gens pour cette activité. Jusqu'aux années 1950, l'élevage de *landibe* était l'activité principale des habitants. Ils consacraient une grande partie de leur temps à surveiller les arbres portant les Chenilles pour les protéger des prédateurs. Aujourd'hui, plus personne ne semble prêt à consacrer ce temps à l'élevage de papillons car tous sont fortement impliqués dans l'agriculture. De plus, certaines personnes interrogées ont expliqué que les martins tristes (*Acridotheres tristis*) sont beaucoup plus nombreux actuellement que les oiseaux prédateurs locaux, comme le *kakafotra* (*Cuculus rochii*), qui étaient les seuls présents à l'époque. Cette trop grande quantité de prédateurs empêcherait tout bonnement le bon fonctionnement d'un élevage de type traditionnel.

Dans le *fokontany* de Mandrosoa, l'activité de récolte de cocons a toujours été beaucoup moins pratiquée que dans la commune d'Arivonimamo II. En effet, 67% des personnes interrogées et ayant déjà récolté des cocons n'avaient pratiqué cette activité que durant un an ou deux. Pour les habitants de ce *fokontany*, la récolte de cocons n'est donc pas habituellement une source de revenus.

18.3.4. Le tissage : une activité nécessitant des stratégies d'adaptation

Le tissage est une activité qui génère un revenu important par rapport à l'agriculture et aux autres activités pratiquées dans la région d'étude. La raison principale pour laquelle les femmes tissent dans la région est donc l'apport de revenus qui servira pour des achats personnels ou pour le ménage. Dans l'ensemble, les revenus d'un ménage de cette zone rurale sont faibles car l'activité principale, l'agriculture, est destinée en très grande partie à l'autoconsommation. Cependant, certains produits sont en partie vendus sur le marché d'Arivonimamo I, notamment les tomates, le riz, les haricots, les avocats, les brèdes, le manioc, les *voanjobory* (*Vigna sugiterranea*), la canne à sucre, les haricots verts, les porcs et les poulets. D'autres produits sont récoltés en forêt pour être vendus : les fruits du *tapia*, les champignons et les goyaves (chapitre 15). Enfin, une source supplémentaire de revenus est l'emploi salarié, notamment le salariat agricole qui est le plus couramment rencontré. Parmi toutes ces sources de revenus, le tissage peut prendre une part importante dans les ressources du ménage.

Même si la tradition du tissage dans cette région est très ancienne, la majorité des tisseuses interrogées n'exercent cette activité que depuis quelques années. En effet, 22,5% des tisseuses interrogées dans la commune d'Arivonimamo II ont commencé à exercer en 2000 et 30% ont commencé entre 2001 et 2008. Il semblerait que cet engouement pour le tissage soit dû aux recherches de revenus alternatifs suite à la création des VOI. En effet, la création des VOI a

été accompagnée par des organisations comme le SAGE qui ont cherché à développer des sources de revenus alternatifs au charbon de bois. Le tissage en fait partie : des associations de tisseuses ont été créées et des formations ont été données pour permettre à davantage de femmes d'exercer cette activité. Au vu du nombre de tisseuses, ces opérations ont donc rencontré un succès certain. Dans le *fokontany* de Mandrosoa, ce phénomène n'est pas marqué aussi nettement puisque 21 % des tisseuses ont commencé à exercer après l'année 2000. Cela peut être expliqué par le fait que dans ce *fokontany*, les VOI n'ont pas été créés à cette époque et aucune formation n'a été organisée.

Cependant, toutes les femmes des villages ne tissent pas. Les raisons de ce choix qui ont été invoquées sont la présence de jeunes enfants qui demandent une attention permanente ; le travail aux champs qui leur prend trop de temps ; le fait que le tissage ne rapporte pas suffisamment au vu du travail fourni ; le fait de n'avoir jamais appris à tisser ; la baisse de la vue ou encore un mari qui refuse cette activité.

Les problèmes qui ont pu être identifiés et qui poussent parfois les tisseuses à arrêter leur activité sont : le coût des matières premières, particulièrement celui de la soie ; la difficulté à trouver des débouchés, particulièrement pour les tisseuses qui n'ont pas les moyens de se déplacer loin ; le manque d'expérience de certaines tisseuses qui entraîne une baisse de la qualité globale des produits de la région ; le caractère irrégulier de l'approvisionnement en matières premières qui empêche de remplir les exigences de gros acheteurs ; et le manque de dynamisme des associations qui n'arrivent pas à se maintenir.

Plusieurs stratégies ont été choisies pour faire face à ces problèmes. Elles seront présentées dans les paragraphes suivants. Certaines tisseuses, souvent les plus innovantes et celles possédant un capital de base suffisant, peuvent exercer l'activité seules et à leur compte, mais la majorité ont choisi d'autres stratégies : l'activité salariée et le regroupement en associations.

L'investissement de départ pour la fabrication d'un *lamba* est souvent beaucoup trop important pour le budget des tisseuses. De plus, les difficultés à trouver des débouchés sont importantes. C'est pourquoi de nombreuses tisseuses ont décidé de pratiquer leur travail en tant que salariées. Sur les 37 tisseuses interrogées dans la commune d'Arivonimamo II, 25 ne travaillent jamais à leur compte et 5 y associent le travail salarié. Dans le *fokontany* de Mandrosoa, seule une tisseuse sur les 12 interrogées travaille encore à son compte à l'heure actuelle.

L'emploi salarié présente des avantages : c'est l'employeur qui s'occupe de centraliser les commandes, fournit les matières premières, choisit les modèles et vend la marchandise. L'artisane s'occupe uniquement du tissage et fait les déplacements pour aller chercher le fil et apporter le produit fini. Le plus souvent, les employeurs se trouvent à Arivonimamo I et les tisseuses vont les voir de préférence le vendredi, jour du marché. Le problème de ces tisseuses est qu'elles ne gagnent que très peu pour un *lamba* par rapport au gain d'une tisseuse qui investit dans les matières premières. De plus, elles sont totalement dépendantes de leur employeur et n'ont du travail que lorsque celui-ci leur en donne. Les commandes sont en général plus importantes lors des fêtes, et il y a de nombreux moments dans l'année où elles n'ont pas de travail. Certaines d'entre elles sont satisfaites de cette situation car le travail salarié leur évite les soucis de devoir avancer l'argent et de trouver des débouchés. D'autres désireraient se mettre à leur compte mais ne disposent ni de l'argent ni de l'énergie nécessaires.

Nous avons recensé plusieurs associations de tisseuses dans les trois premiers *fokontany* étudiés. Certaines sont encore en activité, d'autres n'ont fonctionné que quelques années.

D'une manière générale, ces associations nous ont paru peu dynamiques et semblaient n'offrir que peu de bénéfices à leurs membres. Les objectifs des associations sont généralement : la centralisation et la redistribution des commandes ; la recherche de nouveaux débouchés, par exemple la participation à des foires-expositions ; la mise en commun d'un grand métier à tisser si l'association a pu en obtenir un ; l'organisation de formations et/ou la circulation de l'information entre les tisseuses quant aux formations disponibles dans la région ; l'achat en commun de matières premières et l'élevage de *landikely*.

Cependant, ces objectifs ne sont généralement pas atteints. En effet, on observe en général que l'information entre les membres de l'association circule très mal. Il en résulte que le président ou la présidente bénéficie davantage des bénéfices de l'association que les autres membres. Les tisseuses anciennement ou actuellement membres d'associations nous ont rapporté différents conflits au sein de leur groupe. La recherche de débouchés est un gros problème des tisseuses. L'association est un espoir pour elles, mais elles sont souvent déçues car elles n'ont pas plus de commandes en faisant partie. Parfois, les membres accusent le président/la présidente d'honorer seul(e) les commandes de l'association. Le grand métier est souvent une source de conflits au sein des associations qui en possèdent un. En effet, peu de personnes sont formées à l'utilisation du grand métier, c'est pourquoi ces privilégiés seuls l'utilisent et cela crée des tensions au sein de l'association. Cependant, l'avantage du grand métier qui est de produire de très grands panneaux est également un inconvénient : les débouchés pour des tissus de cette taille sont restreints. D'une manière générale, les membres, qui doivent payer une cotisation annuelle, sont rapidement déçus des prestations de l'association et ont tendance à la quitter rapidement. Il faut cependant remarquer qu'elles-mêmes n'ont jamais fait un effort personnel en faveur de la réalisation des objectifs de l'association. Elles se placent plutôt dans une situation d'attentisme, considérant que l'association va fonctionner « seule » et leur apporter les bénéfices recherchés.

Le phénomène de professionnalisation des acteurs de la filière soie est plutôt récent et est essentiellement urbain. En effet, ces personnes ont un meilleur accès aux débouchés pour les produits tissés. Nous avons pu rencontrer à Arivonimamo et à Antananarivo plusieurs professionnels de la soie. Certains d'entre eux sont de simples revendeurs, d'autres contrôlent la fabrication du produit tout au long de la filière. Les différents « types » de professionnels de la soie sont décrits ci-dessous.

Les professionnels de la soie que nous avons rencontrés à Arivonimamo emploient des tisseuses qui vivent dans les villages aux alentours. Ces employées se déplacent elles-mêmes en ville, souvent le vendredi, pour apporter les produits finis et reprendre les matières premières fournies par leur employeur. Les produits fabriqués par ces professionnels sont les *lambamena*¹⁴ traditionnels, mais aussi des tissus servant à l'habillement (écharpes, cravates) et à la décoration de la maison (couvre-lits, coussins, nappes). Les matières premières utilisées sont principalement le coton et les fibres synthétiques, les produits en soie (sauvage ou d'élevage) étant fabriqués rarement et sur commande en raison du prix élevé de ces matières premières et de la difficulté à trouver des acheteurs. Les produits sont vendus soit sur commande, soit sur les marchés d'Antananarivo.

Nombreux sont les endroits à Antananarivo où on peut acheter des produits tissés. Certains revendeurs se trouvent directement sur les marchés de la ville comme celui d'Anosibe ou

¹⁴ Linceul, généralement coloré (*mena* signifie « rouge ») servant à entourer le mort lors du *famadihana* (cérémonie de retournement des morts en Imerina).

Petite vitesse ; d'autres possèdent de petites boutiques, la majorité se trouvant dans le quartier Ilanivato. Une partie de ces personnes sont de simples revendeurs, d'autres s'occupent également de l'achat des matières premières et du tissage. Dans ce cas, les produits sont soit tissés en ateliers comme présenté à la **figure 18.3** (voir cahier couleur), soit tissés à la maison en milieu rural et apportés aux revendeurs à l'instar des intermédiaires d'Arivonimamo. Contrairement à ces derniers, les professionnels de la capitale vendent des produits en soie. En effet, ils ont pour la plupart davantage de moyens financiers, ce qui leur permet l'investissement nécessaire à l'achat de ces matières premières au coût élevé.

Différents problèmes sont rencontrés par ces revendeurs. Le premier est lié aux faibles quantités et à la saisonnalité des matières premières disponibles. En effet, les récoltes de cocons ne peuvent avoir lieu que deux fois par an, et les quantités ont tendance à diminuer. Les revendeurs expliquent qu'il est impossible d'exporter dans ces conditions, alors que les acheteurs étrangers réclament de grosses quantités de produits à n'importe quel moment de l'année. En matière de cocons de soie sauvage, la demande semble bien supérieure à l'offre. Les professionnels de la capitale se plaignent notamment des étrangers, entre autres d'Allemands et d'Américains qui achètent ces cocons au prix fort avant de superviser la filature à Madagascar et d'assurer eux-mêmes l'export dans leur pays.

18.4. CONCLUSIONS

Les enquêtes menées auprès des acteurs de la filière soie nous ont permis de dessiner un schéma général des dynamiques et relations entre ces acteurs. Nous avons pu notamment identifier les objectifs de chacun de ces acteurs, trouver leur place et identifier certains des relations et conflits qui existent au sein de la filière. Les acteurs interrogés étaient les récolteurs de cocons, les artisans, tisseurs et fileurs et les commerçants vendant de la soie. Ces différents acteurs sont effectivement tous liés à la filière soie, mais cette classification s'est révélée quelque peu restrictive.

Les acteurs ruraux sont les récolteurs de cocons, les éleveurs de *landlikely* et les tisseurs et fileurs individuels mais aussi les différentes associations qui sont liées à la filière soie : les VOI et les associations de tisseuses. Une autre classification des acteurs apparaît alors : les acteurs individuels et les acteurs collectifs (associations) qui poursuivent des objectifs communs. L'ensemble des acteurs ruraux individuels sont des agriculteurs dont l'activité liée à la soie est complémentaire aux cultures. Les associations rurales ont, quant à elles, été créées récemment dans le cadre de la loi GELOSE.

Les acteurs urbains sont d'un autre type. La plupart des professionnels de la filière soie à Antananarivo et Arivonimamo sont responsables d'un atelier de tissage, revendeurs ou encore membres d'organisations du développement qui sont impliquées dans l'appui à l'un ou l'autre aspect de la filière.

18.5. BIBLIOGRAPHIE

CITE, 2007. *Collecte d'informations sur la filière soie dans le cadre de l'appui à la gestion des informations économiques pour le VMSL*. Rapport d'étude. Antananarivo : CITE.

- Debuyst F., 2001. Acteurs, stratégies et logiques d'action. In : Debuyst F., Defourny P. & Gerard H. (éds). *Savoirs et jeux d'acteurs pour des développements durables*. Louvain-la-Neuve, Belgique : Academia-Bruylant.
- Defourny P., 2001. Espace et temporalité pour une analyse multidisciplinaire des jeux d'acteurs. In : Debuyst F., Defourny P. & Gerard H. (éds). *Savoirs et jeux d'acteurs pour des développements durables*. Louvain-la-Neuve, Belgique : Academia-Bruylant.
- Feltz G. & Goedefroid S., 2004. *Contribution à l'étude « Évaluation et perspectives des transferts de gestion des ressources naturelles dans le cadre du programme environnemental 3 » : Document de synthèse*. Antananarivo : Institut de Recherche pour le Développement.
- Ramiarantsoa H.R., 1995. *Chair de la terre, œil de l'eau : Paysanneries et recompositions de campagnes en Imerina (Madagascar)*. Montpellier, France : IRD.
- Rakotondrainibe P. & Montagne P., 2007. De la représentativité des CLB : Adhésion sociale et représentation des usagers des ressources naturelles. In : Montagne P., Razanamahavo Z. & Cooke A. (eds), 2007. *Tanteza : Le transfert de gestion à Madagascar, dix ans d'efforts*. Antananarivo : Resolve Conseil.

19 —

La soie de *landibe* : connaissances biologiques et savoir-faire des populations rurales de la région d'Arivonimamo

Lise DIEZ, Marc PONCELET, Naritiana RAKOTONIAINA,
Gabrielle RAJOELISON, François J. VERHEGGEN, Éric HAUBRUGE

La soie sauvage de Madagascar est un produit de luxe tissé à partir des cocons d'un papillon endémique de l'île, appelé *landibe* et appartenant au genre *Borocera*. Les tissus de soie sauvage sont fabriqués depuis des centaines d'années à Madagascar et servaient autrefois à vêtir les hommes les plus puissants de l'île ou à fabriquer les linceuls des ancêtres. Aujourd'hui, les écharpes en soie sont destinées en grande partie aux étrangers et aux Malgaches les plus aisés. Grâce à des enquêtes de terrain dans la région rurale d'Arivonimamo, nous avons pu évaluer les connaissances des personnes qui récoltent les cocons de *landibe* sur la biologie et les méthodes d'élevage du papillon. Nous avons également enquêté auprès des personnes impliquées dans la transformation de la soie afin de décrire les techniques actuelles utilisées pour filer et tisser la soie. Afin de fabriquer les tissus de soie sauvage, les cocons sont directement récoltés dans les bois de *tapia* (*Uapaca bojeri*) et le processus de transformation est majoritairement réalisé de manière traditionnelle.

***Landibe* silk: biology and know-how of local populations in the Arivonimamo region**

Wild silk in Madagascar is made by endemic silk moths of the genus *Borocera*, locally named *landibe*. For centuries, wild silk has been woven in Madagascar to dress the more powerful islanders or shroud the ancestors at the time of first and second burials. Nowadays, mostly wealthy Malagasy and foreigners buy and wear wild silk. By interviewing the cocoon harvesters in the rural region of Arivonimamo, we aimed at a better understanding of their knowledge of the butterflies' biology and rearing methods. We also interviewed persons implied in the silk sector to describe the techniques that are presently used in silk transformation. In Arivonimamo region, *Borocera* cocoons are directly harvested in *tapia* (*Uapaca bojeri*) forests, and wild silk is still processed in a traditional way.

19.1. INTRODUCTION

À Madagascar, on la nomme *landibe*, « la grande soie ». Douce et imputrescible, la soie sauvage drape les ancêtres qui dorment dans leurs tombeaux. Textile à la fois brut et noble, elle est un cadeau concluant l'alliance et transmettant respect et remerciements. Symbole du pouvoir, elle était réservée aux rois et aux nobles. Aujourd'hui, la soie sauvage est portée avec fierté par les dames de la capitale malgache ou vendue à prix d'or aux étrangers à la recherche d'un cachet local. Entre pressions anthropiques, menaces naturelles et besoins économiques, les populations de papillons qui tissent les cocons recherchés diminuent et les forêts dont les Chenilles se nourrissent ne sont plus que lambeaux. Ces bois de *tapia* (*Uapaca bojeri*) sont depuis quelques années gérées par les communautés locales qui espèrent redonner vigueur

aux populations de papillons. Des ONG et autres organismes cherchent à appuyer la filière et à soutenir la protection de cette ressource naturelle.

Lors d'enquêtes de terrain dans la région rurale d'Arivonimamo, nous avons inventorié les connaissances des villageois sur la biologie et les pratiques de gestion des populations de papillons du genre *Borocera*. Nous avons également questionné les personnes impliquées dans la filière soie afin de répertorier les pratiques et les savoirs faire des populations concernant toutes les étapes de fabrication des produits en soie, de la récolte de cocons au produit fini.

19.2. MÉTHODOLOGIE

19.2.1. Zones d'étude

Le choix des zones d'étude a été réalisé à partir d'un ensemble de renseignements comme la présence de bois de *tapia*, la gestion des forêts par les VOI¹ et la présence de tisseuses. Les renseignements préliminaires à propos des villages à étudier ont été recueillis au fil d'une série d'entretiens auprès de personnes ressources : les maires des communes rurales d'Arivonimamo et de Soamahamanina ; le président du VMSL², Groupe de coordination régional de la filière soie ; des responsables de projets impliqués dans la filière soie dans les organisations SAHA³ et SAGE⁴; et le président de l'Union des VOI, qui assure la coordination entre les différents VOI de la commune d'Arivonimamo II.

Le choix des villages à visiter s'est porté sur quatre *fokontany* (**Figure 17.1**, voir cahier couleur) où les habitants utilisent la ressource soie : Amby, Mahadonga et Ankalalana dans la commune d'Arivonimamo II et Mandrosoa dans la commune de Soamahamanina. Ces *fokontany* ont été choisis en raison de la présence de bois de *tapia* aux alentours, de la présence des VOI qui en assurent la gestion et également de la présence de tisseurs qui assurent la transformation de la soie. De plus, ces *fokontany* présentaient des différences entre eux qui accentuent leur intérêt comme le montre le **tableau 17.1** (page 258). Enfin, nous avons reçu l'accord des maires des communes concernées pour la réalisation des enquêtes et nous avons trouvé des possibilités de logement dans ces communes durant la période d'étude.

Les enquêtes dans la commune d'Arivonimamo se sont déroulées durant cinq semaines en 2008. La première semaine a permis d'interroger une série de personnes ressources de la commune rurale d'Arivonimamo et de tester les grilles d'entretiens. Quelques nouvelles questions nous sont apparues durant cette période et ont été alors ajoutées. Nous avons ensuite pris soin de visiter une deuxième fois les personnes interrogées durant cette première semaine afin de compléter les enquêtes. Les trois semaines suivantes ont été consacrées aux visites des villages des trois premiers *fokontany* concernés. Enfin, la dernière semaine d'enquêtes s'est passée après plusieurs semaines d'analyse des données afin de compléter les informations manquantes. Les enquêtes dans le *fokontany* de Mandrosoa se sont déroulées à la fin de la période d'étude, en une semaine.

¹ *Vondron'Olona Ifotony*. Synonyme de CLB (Communauté Locale de Base). Association créée à l'issue d'une convention tripartite destinée à assurer la gestion des ressources naturelles au niveau local.

² *Vondron Mpandridra ny Seha-pihariana Landy*. Groupe de coordination de la filière soie dans la région d'Itasy.

³ *Sahan'Asa Hampandrosoana ny Ambanivoohitra*. Coopération suisse à Madagascar.

⁴ Service d'Appui à la Gestion de l'Environnement.

19.2.2. Choix des personnes interrogées en milieu rural

L'échantillonnage des personnes interrogées au sein de ces villages a été réalisé selon une méthode adaptée aux réalités du terrain. En effet, les agriculteurs sont le plus souvent au champ dans la journée et il est impossible de prévoir quelles personnes seront présentes au village et disponibles pour les entretiens. Cependant, les activités étudiées dans le cadre de cette étude (récolte de cocons, filature et tissage) concernent le plus souvent des femmes et ce sont elles qui restent le plus souvent dans les villages en journée, ce qui a facilité le déroulement de l'étude.

Nous avons décidé de visiter tous les villages de chaque *fokontany* pour brosser un maximum de situations différentes. À chaque arrivée dans un village, nous avons commencé par questionner les personnes présentes sur les activités effectivement pratiquées dans leur village, particulièrement la récolte de cocons, la filature et le tissage. Pour chaque activité effectivement pratiquée dans le village, nous avons décidé d'interroger au minimum une personne concernée.

Les types d'acteurs que nous avons identifiés et interrogés sont présentés dans la liste suivante :

- Les acteurs de la production de soie
 - des personnes récoltant régulièrement des cocons de *landibe* (N = 48) ;
 - deux éleveurs de *landikely*⁵ (N = 2).
- Les personnes impliquées dans la transformation de la soie
 - des tisseurs vivant en milieu rural (N = 56) ;
 - une personne employant des tisseurs en ateliers (N = 1) ;
 - des responsables d'associations de tisseuses (N = 3).

L'objectif n'a pas été de réaliser un échantillonnage statistiquement représentatif mais de couvrir au mieux les zones choisies et de pouvoir rendre compte des différentes situations rencontrées.

19.2.3. Déroulement des entretiens

Quelle que soit la personne interrogée, quelques points sont abordés en début d'entretien : la présentation de l'enquêteur et de l'interprète s'il est présent ; une brève présentation des objectifs de l'étude ; et la réponse au « Pourquoi moi ? » (le statut de tisseuse, responsable de tel organisme, etc.). À chaque entretien, le nom de la personne était noté afin de la retrouver par la suite si des précisions s'avéraient nécessaires. Si celle-ci s'inquiète d'être reconnue et de voir ses propos divulgués, nous lui précisons que les données des enquêtes seraient présentées de manière anonyme. Les informations obtenues lors des entretiens ont toujours été récoltées par prise de notes.

Les acteurs ont été interrogés selon la méthode des entretiens semi-structurés. Des grilles d'entretiens contenant les thèmes à aborder ont été préparées à l'avance pour chacun des types d'acteurs. L'entretien était mené de manière à ce que la personne interrogée soit libre d'aborder ces thèmes ou d'orienter l'entretien vers d'autres sujets. Nous avons cependant veillé à ce que les thèmes de la grille soient tous abordés lors de chaque entretien.

⁵ Nom vernaculaire de *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae). Littéralement « la petite soie ».

Les thèmes qui ont été abordés avec les personnes récoltant les cocons sont :

- les activités pratiquées par la personne (récolte, agriculture, tissage, etc.);
- les connaissances sur la biologie du *landibe* (différentes espèces, ennemis, etc.);
- les techniques de récolte ;
- les techniques de gestion de la reproduction des papillons connues et pratiquées.

Les thèmes abordés avec les tisseurs sont :

- les activités pratiquées par la personne (récolte, agriculture, tissage, etc.);
- les techniques de tissage et le matériel utilisé ;
- les étapes de transformation réalisées sur place (filature, tissage) ;
- les produits fabriqués (tissus, vêtements, linceuls) et les matériaux utilisés (*landibe*, *landikely*, synthétique, coton, etc.);
- la provenance du *landibe*.

Pour finir, nous avons posé une série de questions d'ordre général : l'âge, le nombre de personnes vivant dans le foyer et le nombre d'enfants de moins de 18 ans, la source d'eau utilisée, l'implication dans des associations, les possessions (nombre de maisons, de bovins et de charrettes) et, enfin, une estimation de la production en riz de la famille. Ces questions permettent de se faire une idée générale de la situation familiale. Enfin, à l'issue de chaque entretien, nous avons demandé à la personne interrogée si elle désirait ajouter quelque chose avant de clore l'interview.

19.3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

19.3.1. Connaissances des personnes récoltant les cocons sur la biologie des papillons du genre *Borocera*

Les connaissances biologiques sur le *landibe* des personnes qui récoltent les cocons varient fortement en fonction de leur intérêt pour l'activité et de leur ancienneté dans cette pratique. En ce qui concerne les connaissances sur le cycle du papillon, certaines personnes connaissent uniquement les mois de récolte des cocons (janvier/février et mai/juin), d'autres peuvent expliquer le cycle complet du papillon et les époques auxquelles on trouve chaque stade dans la forêt. Les villageois peuvent dénombrer jusqu'à trois espèces de *landibe* vivant dans les bois de *tapia* (Tableau 19.1 et Figure 2.3, voir cahier couleur). Ce sont les chenilles et non les papillons qui sont identifiées car elles présentent des morphologies très différentes entre espèces. Pourtant, dans la commune d'Arivonimamo, 75 % des cueilleurs interrogés considèrent qu'il n'y a qu'un seul *landibe* et 14 % en connaissent deux espèces. Cela illustre le fait que très peu de cueilleurs ont de réelles connaissances sur la biologie du papillon.

Tableau 19.1. Espèces de *Borocera* identifiées dans la zone d'étude.

Nom vernaculaire	Nom latin	Apparence de la chenille	Apparence et emplacement du cocon	Abondance
<i>Landy menamaso</i>	<i>Borocera cajani</i>	Corps gris; touffes de poils rouges et noirs au niveau de la tête	Cocons piquants, dans la canopée (été) ou dans les herbes (hiver)	+++
<i>Landy mbato</i>	<i>Borocera nigricornis</i>	Corps blanc, poils au niveau des pattes	Petits cocons dans les anfractuosités du tronc	++
<i>Landy savina</i>	<i>Borocera marginepunctata</i>	Corps noir dans les premiers stades et rouge ensuite, peu de poils	-	+

Les prédateurs du *landibe* sont notamment, les oiseaux insectivores, les araignées et les fourmis. Certains Hémiptères de la famille de Pentatomidae attaquent également les larves de *landibe*, notamment *Glypusus truculentus* Walker, deux espèces de *Nezara* et *Anoplocnemis madagascariensis* Signoret (Paulian, 1953). Les ennemis affectant le développement du *landibe* sont également connus de certains villageois récoltant des cocons. Au niveau du climat, un temps pluvieux et venteux est présenté comme favorisant la mort des chrysalides. Ce type de climat peut également affecter les jeunes larves en les faisant tomber de l'arbre alors que celles-ci sont encore trop vulnérables pour remonter sur une plante. Les prédateurs les plus souvent nommés sont les oiseaux : le martin triste (*Acridotheres tristis*), le kakafotra (*Cuculus rochii*) et le goika (*Corvus alba*) et dans une moindre mesure les fourmis. À propos du martin triste, il faut signaler que l'immense majorité des personnes interrogées le citent comme la cause principale de la diminution des populations de *landibe*, particulièrement dans la commune d'Arivonimamo II. Pourtant, durant nos visites de terrain, nous n'avons observé que rarement le martin triste. La proportion des chenilles effectivement mangées par cet oiseau est actuellement inconnue et il faut donc émettre une certaine réserve quant à la responsabilité réelle du martin dans la diminution des populations de *landibe*.

Le *landibe* est attaqué par une série de parasitoïdes dont le nom vernaculaire est *vofotsy* appartenant à la famille des Ichneumonidae (Hymenoptera). Plusieurs espèces parasitant *B. cajani* sont citées dans la littérature : *Pimpla madecassa* Saussure, *Prospilus vermeuleni* Serv. (Anonyme, 1996), *Xanthopimpla hova* Saussure, une autre espèce du genre *Xanthopimpla* (Grangeon, 1907). D'autres espèces parasitent *B. marginepunctata* : *Xanthopimpla* sp., *Pimpla* sp. et *Prospilus* sp. (Paulian, 1953). Ces Ichneumonidae piquent la chenille pour y pondre un œuf. Celui-ci se développe, tandis que l'hôte continue sa croissance. La chenille tisse le cocon et c'est à ce moment qu'elle meurt et que le parasite entame sa nymphose à l'intérieur du cocon (Grangeon, 1907). De petits parasitoïdes de la famille des Braconidae (Hymenoptera) du genre *Apanteles* (*A. borocerae* Gr. et *A. decaryi* Gr.) (Paulian, 1953) se développent à l'intérieur de la chenille et en sortent pour tisser de petits cocons jaunes à la surface de celle-ci, provoquant la mort (Razafimanantsoa, 2008). Ces Baraconidae sont également hyperparasités par des Chalcidide (Anonyme, 1996). De petits Hyménoptères de la famille des Chalcididae comme *Brachymeria borocera* Steff. (Paulian, 1953) pondent dans la larve pour finir le cycle dans le cocon de *landibe* qui présente alors de petits trous témoins de la sortie des adultes. Les personnes récoltant les cocons nomment ces insectes *moka* (moustiques). Les Chalcididae peuvent également hyperparasiter certains Ichneumonidae (Grangeon, 1907) ou Braconidae (Anonyme, 1996). Dans la famille des Tachinidae, *Synthesiomyia nudiseta* Wulp. parasite *B. cajani* et *Thelairosoma pulchellum* Mesnil. parasite *B. marginepunctata* (Paulian, 1953). Plusieurs maladies ont également été observées par Grangeon (1907) et nommées par analogie aux symptômes observés sur *Bombyx mori*. Cependant, l'origine réelle de ces symptômes n'a pas été déterminée avec précision. Les maladies observées sont la flacherie (chenille flasque et pendue aux branches par les fausses pattes postérieures), la muscadine (chrysalide «plâtrée» à l'intérieur du cocon) et la pébrine (l'insecte présente au microscope des corpuscules de pébrine).

Les maladies répertoriées par les personnes récoltant les cocons dans la région d'étude sont : la chrysalide morte dans le cocon sans identification de la cause ; la chrysalide blanche à l'intérieur du cocon, qui a en réalité été remplacée par la nymphe d'un hyménoptère parasitoïde de la famille des Ichneumonidae appelé *fangaraka* ; la maladie appelée *votavy* dont les symptômes sont de nombreux petits cocons qui émergent de la chenille morte (nymphe de Braconidae) ; et enfin le cocon piqué par des *moka* (Diptères de la famille des Tachinidae), sur lequel on identifie clairement de petits trous dans la coque.

Enfin, les pressions anthropiques sur les populations de *landibe*, et particulièrement les récoltes de cocons avant l'émergence, sont généralement reconnues. En effet, la consommation des chrysalides entraîne une baisse des populations de papillons. Par contre, la récolte des cocons vides n'a aucune influence sur le *landibe* et la récolte de cocons contenant des parasitoïdes peut justement favoriser les populations de *landibe* en exerçant un contrôle des populations de parasitoïdes.

Les connaissances recueillies ici sont celles de l'ensemble des villageois interrogées. Nos données ne permettent pas de quantifier précisément la qualité des connaissances individuelles. Cependant, il semble qu'une minorité de personnes particulièrement expérimentées ont des connaissances relativement étendues sur ces papillons, alors que la majorité des personnes récoltant des cocons ont un savoir minimal (reconnaissance de l'espèce de *Borocera* principale et du martin triste, connaissance des mois de récolte des cocons).

19.3.2. Élevage du *landibe*

Les vers à soie sauvage de Madagascar, notamment *B. cajani* et *B. madagascarensis*, ne peuvent être élevés en magnanerie comme les vers à soie domestiques (Prudhomme, 1906). Ce constat serait dû au fait que les chenilles auraient besoin de migrer et, enfermées, elles se développeraient mal. La température et l'humidité dans un environnement fermé pourraient également être des facteurs qui empêcheraient le bon développement du *landibe*. Cependant, les données précises manquent pour étayer ces informations. À Madagascar, l'« élevage » du *landibe* était donc réalisé traditionnellement en extérieur. Les papillons provenant des plus beaux cocons sont utilisés pour la reproduction : on les fait pondre sur de petites branches ou de petites bottes d'herbes sèches qui sont ensuite placées sur la plante hôte choisie avant ou après éclosion (Dubois, 1938). Pour cela, les femelles sont attachées par une patte au support à l'aide d'un fil. Les œufs ou les jeunes chenilles sont ensuite placées sur des arbres faciles d'accès. La surveillance des arbres est assurée pour éviter la venue des prédateurs. Les chenilles sont déplacées sur d'autres arbres une fois que les premiers n'ont plus suffisamment de feuilles pour les nourrir. Pour empêcher une migration trop importante des vers, de petits fossés peuvent être creusés autour de la parcelle d'élevage. Un fossé peut également être creusé au milieu du champ en y laissant les touffes d'herbes pousser. Une fois le développement larvaire achevé, les chenilles tissent leur cocon sur la canopée (en été) ou au sol, dans les herbes (en hiver). Les chenilles qui migrent tombent alors dans les fossés et filent les cocons dedans ou sur les touffes d'herbes (Dubois, 1938). La récolte peut alors être effectuée, à l'aide d'une pince en bois tout en préservant une partie des cocons pour la reproduction. De cette manière, on peut réaliser deux récoltes par an en prenant soin de ne pas épuiser les plantes hôtes (Prudhomme, 1906).

Cette méthode traditionnelle d'élevage extensif du *landibe* n'est plus pratiquée aujourd'hui mais reste connue de nombre de villageois. Aujourd'hui, les cueilleurs de cocons se contentent d'aller les récolter en forêt sans chercher à en assurer la régénération.

19.3.3. Du cocon au *lamba* : un savoir-faire artisanal toujours d'actualité

Dans la région d'étude, les matières premières utilisées par les tisseuses sont de plusieurs types et de plusieurs origines. Le *landibe* est le plus souvent d'origine locale. Une partie des tisseuses achètent directement le fil de soie au marché à Arivonimamo I, dans d'autres villages ou à des vendeurs qui viennent à leur domicile. Certaines tisseuses récoltent également des cocons dans

la forêt pour leur propre production de *lamba*⁶, mais la petite quantité de cocons présente dans la forêt actuellement ne leur permet pas de soutenir la production uniquement avec le *landibe* récolté. Le fil de *landikely* est acheté soit à Arivonimamo I, soit directement à des personnes qui élèvent le ver à soie domestique. Enfin, le fil de coton et les différents fils synthétiques sont achetés soit à Arivonimamo I, soit à Antana. Le coton et les fils synthétiques sont les matières premières les plus tissées actuellement dans la zone d'étude. En effet, la soie est un matériau beaucoup plus cher et demande un investissement important. De plus, il semble être de plus en plus difficile de trouver des acheteurs pour les *lamba* en soie, assez onéreux. D'une manière générale, les tisseuses se plaignent du manque de moyens pour l'investissement de départ. C'est une des raisons pour laquelle de nombreuses tisseuses préfèrent pratiquer leur activité en tant qu'employées.

La filature des cocons de soie sauvage est réalisée selon un procédé traditionnel qui peut varier selon la région de l'île. Les méthodes décrites dans ce paragraphe ont été notées lors d'entretiens avec des fileuses de la région d'Arivonimamo et sont complétées par les ouvrages de Prudhomme (1906) et Rakoto-Andriantsalama (2004). Les éléments relevant des innovations récentes ont été rapportés dans un entretien avec Fenomanantsoa Ratianarijaona, consultant à l'ONUDI en ce qui concerne la filature et le tissage de la soie.

Les étapes de la transformation traditionnelle des cocons se déroulent comme suit :

- La préparation

Après la cueillette, les cocons sont brossés pour enlever les poils. Ensuite, ils sont ouverts, séparés de la chrysalide et retournés, c'est-à-dire que la face externe du cocon devient la face interne et inversement. Les cocons retournés sont associés par trois : deux cocons sont placés à l'intérieur d'un troisième.

- La cuisson

Les cocons sont ensuite bouillis dans une eau contenant des cendres et du savon émietté afin de dissoudre la matière agglutinante des cocons et de désagréger les coques. Le temps de cuisson diffère en fonction des fileuses et de la provenance des cocons et peut aller de 30 min à une semaine.

- La macération et le séchage

Selon la provenance des cocons et les techniques utilisées, les cocons sont éventuellement mis à macérer ou à fermenter sous terre. Lavés à l'eau froide avec éventuellement du savon, ils sont ensuite séchés au soleil pour donner les bourres.

- La filature

Dans la région d'Arivonimamo, le fil est fait à la main, en étirant la bourre et en faisant tourner le fil sur une plaque de bois rugueuse et mouillée. Dans le Sud (Fianarantsoa et Ambositra), le filage est réalisé grâce à une quenouille appelée *ampela* en malgache.

- Le bobinage

Les fils sont enroulés en petits écheveaux de 160 m environ grâce à un cadre en bois de 40 cm de long que l'on fait tourner. Durant cette étape, des haricots secs sont placés sur les fils non encore enroulés pour éviter qu'ils ne s'emmêlent.

⁶ Morceau d'étoffe d'assez grande dimension servant à se vêtir. C'est traditionnellement la base de l'habillement malgache.

- La teinture

Cette étape facultative consiste à tremper les bobines de fil dans une teinture naturelle ou artificielle.

Le tissage à Madagascar est une activité principalement féminine. En effet, les vêtements sont directement associés à la féminité (Fee, 2002). Même si le tissage n'est pas une activité exclusivement féminine, le peu d'hommes impliqués dans cette activité nous a décidé à employer le féminin dans le reste de ce document. Nous parlerons donc de tisseuses sans considérer que l'activité est taboue pour les hommes.

Les régions d'Arivonimamo, Ambositra et Ambalavao sont connues comme les centres du tissage malgache, notamment celui de la soie. Du temps de son règne, Radama I avait donné la responsabilité du tissage de la soie à certains villages précis en Imerina (Mack, 1989). La pratique du tissage dans la région d'Arivonimamo est donc historiquement très ancienne et la plupart des tisseuses sont capables de réaliser des motifs complexes. Le tissage de la soie est considéré comme le plus noble : il était par exemple interdit aux tisseuses d'exercer leur activité alors qu'un mort était présent dans la maison afin de préserver le caractère pur de la soie (Fee, 2002).

Les métiers à tisser traditionnels de Madagascar fonctionnent sur un principe en deux temps qui correspondent au « croisé/décroisé » des fils. Ils sont constitués d'un cadre en bois dont la longueur est adaptable en fonction de la longueur de tissu désirée. La pression sur les fils est traditionnellement exercée à la main grâce à un outil en bois. Une innovation relativement récente est l'introduction d'une pédale comme moyen de pression sur les fils (**Figure 19.1**, voir cahier couleur). Le métier est soit posé à même le sol (**Figure 19.2**, voir cahier couleur), le tissage se faisant accroupi, soit surélevé de manière à tisser assis (**Figure 19.3**, voir cahier couleur). Cette dernière position est maintenant le plus souvent adoptée chez les tisseuses.

D'autres outils sont utilisés par les tisseuses : un support en bois, sur lequel sont fixées des baguettes, sert à enrouler et croiser les fils pour former la chaîne comme présenté à la **figure 19.4**, (voir cahier couleur) (Augustins, 1972). Un appareil servant à enrouler le fil autour de la navette (**Figure 19.5**, voir cahier couleur) est également retrouvé chez la quasi-totalité des tisseuses. Enfin, le fuseau à pédale (**Figure 19.6**, voir cahier couleur), qui permet un filage rapide a été introduit très récemment par un formateur de l'ONIDO, mais n'a été retrouvé que chez deux tisseuses particulièrement riches de la région d'étude.

19.4. CONCLUSIONS

Durant cette étude, il est apparu que la filière soie est un secteur en mutation, entre tradition et modernité. Les connaissances qu'ont les personnes qui récoltent les cocons concernant le *landibe* sont très variables, et semblent dépendre principalement de l'expérience dans la récolte de cocons. Les pratiques d'élevage des vers à soie sauvages ont été perdues depuis plusieurs décennies. Les villageois de la zone d'étude se souviennent de leurs parents ou grands-parents élevant des chenilles en forêt, mais ils ont eux-mêmes délaissé cette activité pour se consacrer davantage à l'agriculture. Les techniques de transformation de la soie, filature et tissage, sont restées très traditionnelles, particulièrement en milieu rural. Ce type de pratique a l'avantage de nécessiter un investissement minimal, de plus l'activité peut être pratiquée à domicile.

Cependant, différentes ONG tentent d'apporter du nouveau matériel ou des améliorations à ces techniques, comme le fuseau ou les métiers à pédale. Dans les ateliers urbains, les grands métiers manuels à pédale sont courants. Ils nécessitent un investissement intermédiaire entre les métiers traditionnels et les machines qu'on peut trouver dans les usines de filature.

19.5. BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme, 1996. Le *landibe*. In : CITE (éd.). *La sériciculture : Élevage des vers à soie*, Tome 2. Dossier documentaire 24. Antananarivo : CITE.
- Augustins G., 1972. Le tissage dans la région d'Arivonimamo (Itasy). *Taloha*, IV, 205-209.
- Dubois H.M., 1938. *Monographie des Betsileo (Madagascar)*. Paris : Institut d'Ethnologie.
- Fee S., 2002. Cloth in Motion: Madagascar's Textiles through History. In: Kraemer C.M. & Fee S. (eds). *Objects as Envoy: Cloth Imagery and Diplomacy in Madagascar*. Washington D.C.: National Museum of African Arts, Smithsonian Institution.
- Grangeon M., 1907. *Les vers à soie sauvages de Madagascar*. Paris : Augustin Challamel.
- Mack J., 1989. *Malagasy Textiles*. Aylesbury, UK : Shire Publications.
- Paulian R., 1953. Observations sur les *Boroceras* de Madagascar : Papillons séricigènes. *Nat. Malgache*, 5(1), 69-88.
- Prudhomme E., 1906. *La sériciculture aux colonies : Étude faite à Madagascar*. Paris : Bibliothèque d'agriculture coloniale.
- Rakoto-Andriantsalama T.A., 2004. *Stratégie de relance de la filière séricicole par l'implantation d'un système productif localisé : Cas région d'Arivonimamo*. Mémoire. Université d'Antananarivo (Madagascar).
- Razafimanantsoa T.M., 2008. *Étude bioécologique des papillons séricigènes dans les familles de Lasiocampidae et de Saturniidae au Parc National de Ranomafana et dans la forêt de tapia d'Ambohimanjaka*. Mémoire : Université d'Antananarivo, Antananarivo.

Madagascar possède une longue tradition séricole basée sur l'exploitation d'un papillon (*Borocera cajani*) endémique à l'île rouge. En effet, la chenille de celui-ci, localement appelée *landibe*, produit de la soie lors de la formation de la chrysalide. Cette soie est traditionnellement exploitée par les locaux, suite à la cueillette des cocons du papillon dans les bois de *tapia* (*Uapaca bojeri*), son hôte principal. La technicité et le savoir-faire liés à la production des tissus soyeux sont spécifiques à l'île. En effet, ceux-ci se réalisent de manière traditionnelle et manuelle à cause des faibles moyens financiers des producteurs. Les contraintes technologiques de la soie sauvage imposent le filage manuel de la bourre de soie et un tissage sur métier à tisser traditionnel. À l'heure actuelle, la majorité de la soie sauvage malgache produite est distribuée au niveau national dans les différents marchés et boutiques spécialisées du pays, principalement à Antananarivo. Les volumes de production de tissus soyeux sont très faibles. Cependant, ceux-ci possèdent des qualités technologiques, visuelles, texturales, etc. différentes de la soie traditionnelle ou industrielle asiatique. L'étude socio-économique de la valorisation du *landibe* est réalisée en illustrant la profitabilité de la filière durant les différentes étapes de production, du ramassage des cocons dans les bois jusqu'à la fabrication des produits finis. Depuis plusieurs décennies, une diminution des volumes de soie sauvage est observée à cause des contraintes socio-culturelles, les habitants changeant leurs habitudes alimentaires et modifiant leurs activités agricoles. Les contraintes environnementales ont également fortement modifié les quantités de vers à soie sauvages.

Wild silk production chain in Madagascar studied by a socio-economic approach in the Arivonimamo region

Madagascar has a long tradition of sericulture based on the use of an endemic moth (*Borocera cajani*). This insect's larva, also named *landibe* by the locals, produces wild silk when cocooning, which can be collected in the *tapia* forest (*Uapaca bojeri*), its natural habitat. Technology and know-how related to the production of wild silk is specific to the island. Indeed, the silky products are made by traditional methods due to the limited financial resources of the producers. Technological constraints of the silk spinning require manual floss and weaving on traditional loom. The majority of the Malagasy silk produced is currently distributed in different markets and specialized stores through the country but mainly in Antananarivo. The production volume of silky products is very low. However, these products show outstanding technological, visual and textural properties in comparison with the traditional silk industry in Asia. This socio-economic study is looking at the enhancement of *landibe* by showing the profits of the sector during the different stages of production, from the collection of cocoons in the *tapia* forest to the manufacture of finished silky products. Since several decades, a decrease of the volume of wild silk is observed due to socio-cultural constraints, people change their food habits and change their farming activities. Environmental constraints have modified the amounts of the wild silkworm.

20.1. INTRODUCTION

Madagascar est caractérisé par une grande variabilité éco-systémique et un taux d'endémisme exceptionnel d'environ 80 % (Giret, 2011). Cependant, depuis quelques décennies et malgré les efforts fournis en matière de protection et préservation de l'environnement, la biodiversité de l'île s'effrite, particulièrement en milieu forestier : les estimations montrent qu'entre 150 000 et 200 000 ha de forêt disparaissent à Madagascar tous les ans (Randrianarison, 2011). Ce pays est principalement marqué par son relief, composé de ses Hautes Terres au centre du pays qui abritent les bois de *tapia* (*Uapaca bojeri* Baill.) et de ses plaines sur les façades est et ouest de l'île (Ballet, 2011).

Ce pays possède une longue tradition séricole basée sur l'utilisation de la soie secrétée par un papillon endémique, le *Borocera cajani* Vinson, également appelé par les locaux le *landibe* (Lépidoptère appartenant à la famille des Lasiocampidae, sous-famille des Gonometinae et endémique à Madagascar). L'élaboration de tissus soyeux est pratiquée sur l'île depuis le temps des périodes royales et coloniales (Foucart, 1894; Rakotoalison et al., 2000). La pratique de la sériciculture est une activité courante dans les Hautes Terres malgaches comprenant l'Imerina, Betsileo et la région d'Ambalavao. D'ailleurs, l'emploi de *lambamena* (linceuls) et de *lamba* (écharpes) est encore ancré dans les us et coutumes des populations locales. Par la suite, le ver à soie chinois, ou *Bombyx mori*, a été introduit sur l'île au 19^e siècle (Rakotoalison et al., 2000) et les deux types de soie étaient alors produites en parallèle par les producteurs. Depuis le début du 20^e siècle, la sériciculture malgache connaît des cycles d'activités fortement contrastés, passant de périodes d'intenses activités à des phases de déclin. Ces cycles d'activités dépendent notamment des besoins en tissus durant la colonisation, des programmes de valorisation de la filière via des financements étatiques ou par des organismes internationaux tels que SAHA, PROSPERER ou CITE. Ces organismes ont principalement financé la filière soie domestique par des apports en formation et en matériel aux populations locales. Les changements observés dans les activités agricoles des paysans, qui se sont dirigés vers des cultures de rente, et l'apparition de nouveaux textiles de substitution à la soie, contribuent également à ces réductions de production (Rakotoalison et al., 2000; Vestalys et al., 2008 ; Ramamonjisoa, com. pers.). Actuellement, la sériciculture à Madagascar est dérisoire par rapport au volume de production mondiale de soie grège car la production de cocons est réalisée de manière extensive par ramassage des cocons dans les bois de *tapia*. De ce fait, ce pays se classe à la 73^e place des pays producteurs de soie grège avec 0,002 % de la production mondiale de soie grège en 2010 (International Trade Center, 2012).

Actuellement, la commercialisation des produits soyeux malgaches se limite à la vente nationale de linceuls et d'écharpes. La quantité de soie produite à Madagascar est très faible. La production de soie sauvage décline depuis le début du siècle passé : en 1902, l'île produisait environ 103 tonnes de cocons vides contre 43 tonnes produites en 2009 (Razafimanantsoa et al., 2012, chapitre 1). Cependant, le regain d'intérêt et la redynamisation de cette filière pourraient permettre de valoriser l'ensemble des acteurs travaillant dans le secteur de la sériciculture.

Sur base de ces informations, il convient de s'intéresser à l'état des lieux et aux enjeux liés à la valorisation de la filière soie sauvage sur les Hauts-Plateaux de Madagascar dans la région d'Itasy.

20.2. ANALYSE TECHNIQUE ET FONCTIONNELLE DE LA FILIÈRE SOIE SAUVAGE

Les vers à soie sauvages tels que les *B. cajani* ne peuvent pas être élevés en magnanerie, contrairement à *B. mori* (Grangeon, 1906 ; CITE/BOSS Corporation, 2009). Pour se développer, *B. cajani* doit bénéficier d'un climat tropical d'altitude, d'une température moyenne avoisinant les 15 °C et d'une pluviométrie annuelle supérieure à 1 500 mm.

Actuellement, les villageois récoltent deux fois par année les cocons dans les bois de *tapia* aux alentours des villages, durant la période d'avril à juin et entre septembre et octobre (Vestalys et al., 2008). Après avoir été ramassés, les cocons sont brossés afin d'en retirer les poils puis les producteurs incisent les cocons pour les évider de leur chrysalide. À partir de ce moment, les cocons sont appelés « coques » et sont vendus sur les marchés spécialisés (CITE/BOSS Corporation, 2009).

Le rôle des filateurs consiste à transformer les coques en fils de soie prêts à être tissés. Le filage est une activité pratiquée par les femmes. La rémunération pour cette activité est définie en fonction de la longueur de fil réalisée par journée de travail (Vestalys et al., 2008 ; CITE/BOSS Corporation, 2009). La méthode de préparation de la bourre de soie est similaire dans les différentes régions du pays tandis que les techniques de filage varient en fonction du type de soie, de la région et du matériel disponible. Il existe deux types de matériel, traditionnel ou amélioré (Rakototoalison et al., 2000 ; CITE/BOSS Corporation, 2009).

Le matériel traditionnel est simple et peu onéreux. En effet, cette technique de filage ne nécessite pas ou très peu d'investissements car celle-ci résulte souvent d'une fabrication artisanale et d'une technique manuelle (Vestalys et al., 2008). Selon les régions, plusieurs types de filage sont employés :

- le filage à la quenouille ou *ampela* est la plus utilisée dans le pays ; le fil s'enroule autour de la quenouille puis est placé sur un écheveau ;
- le filage à la tablette ou *foly akalana* est une technique de filature traditionnelle provenant de la région d'Itasy ; le fil est produit en frottant la bourre de soie sur une tablette ; le fil produit est vendu sur des petits écheveaux d'environ 30 g (CITE/BOSS Corporation, 2009).

Le filage amélioré nécessite du matériel moderne tel que des bassins de filature et des rouets à pédale ou motorisés. Ces outils permettent d'augmenter les volumes de production, la qualité et l'homogénéité du filage. Le recours au matériel moderne nécessite des formations et un temps d'apprentissage. Ce type d'appareillage est observé dans les régions d'Amoron'i Mania, de l'Analamanga et d'Itasy car elles ont bénéficié de donations de matériel suite à des programmes de financement internationaux (e.g. ONUDI, SAHA). Toutefois, l'utilisation de ce type de matériel reste minime.

La coloration des fils de soie peut être réalisée suite à cette étape. Pour ce faire, les producteurs emploient des colorants naturels provenant de minéraux ou végétaux locaux. Les principaux colorants sont la boue ferrugineuse, qui permet d'obtenir une coloration rouge, le safran provenant du crocus (*Crocus sativus*) pour la couleur jaune-orangée, la plante de dingadingana (*Psidia altissima*) pour obtenir une couleur verte, les fruits du tamarinier (*Tamarindus indica*) pour la couleur bleue (Cazin, 1868 ; Cardon, 2005). Les fils peuvent également être colorés à l'aide de teintures chimiques mais ce procédé est peu employé dans les milieux ruraux car ces produits sont onéreux.

L'activité de tissage est effectuée par les femmes principalement sur des métiers à tisser de type traditionnel. Les métiers traditionnels employés sont similaires dans toutes les régions, leur prix est d'environ 35,7 €. Toutefois, ils sont souvent construits par les artisans avec des matériaux locaux. Le tissage est une activité permettant de générer des revenus complémentaires.

Les métiers à tisser fonctionnent sur un principe de « croisé/décroisé » des fils, ils sont de petite taille et placés légèrement au-dessus du sol de manière horizontale (**Figure 20.1**, voir cahier couleur). Certaines améliorations peuvent être apportées comme la surélèvement du métier pour travailler en position assise (CITE/BOSS Corporation, 2009). Le principal inconvénient de ce type de matériel est la non-standardisation de celui-ci, conduisant à des produits peu homogènes. La longueur du métier est adaptable en fonction de la longueur des tissus désirée.

Dans l'éventualité où les tisseurs ne peuvent pas répondre à une commande, la sous-traitance est couramment utilisée afin de réduire les délais de fabrication. Celle-ci s'organise en regroupement où chaque sous-traitant est payé à l'unité produite et en fonction du type de produits demandés.

Des formations sont également dispensées par différents organismes internationaux œuvrant pour le développement de la filière afin d'améliorer la qualité du tissage. Cependant, les femmes connaissent généralement la technique du tissage traditionnel car les tisseuses se transmettent le savoir-faire entre générations. Dans certaines régions, les artisans effectuent l'ensemble des étapes du cycle de production de la soie (région d'Amoron'i Mania) tandis que dans d'autres régions, les producteurs achètent souvent les fils pour élaborer des tissus (Itasy). Le choix entre ces deux procédés influence la qualité et le nombre de produits fabriqués (CITE/BOSS Corporation, 2009).

Le tissage réalisé à partir de matériel moderne représente la minorité de la production, il nécessite des formations. Ce matériel est principalement employé dans la région de l'Analavory. Les métiers à tisser modernes permettent de fabriquer des tissus de 1 à 1,5 mètres en laize avec des longueurs de plusieurs mètres. Ces produits sont également de meilleure qualité et standardisés par rapport aux métiers traditionnels. Le prix de ce matériel est d'environ 625 €. Ce type de matériel est uniquement retrouvé dans les ateliers des boutiques spécialisées proposant des produits haut de gamme (CITE/BOSS Corporation, 2009).

20.3. LE MARCHÉ NATIONAL DE LA SOIE SAUVAGE

La commercialisation des produits soyeux au niveau national se divise en trois segments : les linceuls ou *lambamena*, les écharpes ou *lamba*, et les accessoires et tissus. Ces produits se distribuent à la fois dans les marchés artisanaux et dans les boutiques spécialisées.

20.3.1 *Lambamena*

Dans l'avenir, les ventes de linceuls resteront probablement stables ou péricliteront légèrement à cause de la diminution des pratiques de l'exhumation des corps, des changements des us et coutumes de la population malgache qui abandonne les pratiques traditionnelles, à cause de la diminution du pouvoir d'achat (les Malgaches ne peuvent plus acheter de

lambamena à cause du prix élevé des produits) ou encore à cause de l'apparition de nouveaux tissus de substitution tels que les tissus en soie synthétique. Ces produits sont moins chers par rapport aux linceuls classiques. Les linceuls s'achètent dans les boutiques spécialisées, qui maintiennent leur chiffre d'affaire grâce à la qualité de leurs produits et à leur clientèle aisée. Par contre, les vendeurs dans les marchés spécialisés voient leur chiffre d'affaire diminuer et possèdent des produits moins chers et de moins bonne qualité. Les linceuls appréciés par les Malgaches sont épais, en soie sauvage, avec des teintes naturelles et peu de motifs. Ce secteur est spécifique à la population malgache.

20.3.2 *Lamba*

Le secteur des écharpes, *lamba* et consorts, est un secteur porteur au niveau de la valorisation car le port du *lamba* est bien ancré dans les moeurs de toutes les classes sociales malgaches. Au niveau des écharpes, ce produit est intéressant à la fois pour les Malgaches et pour les touristes. On retrouve ces produits dans les marchés artisanaux ou spécialisés ainsi que dans les boutiques spécialisées. Le type et la qualité du produit varient fortement entre les produits et le lieu de vente. Globalement, la qualité est inférieure dans les marchés artisanaux et supérieure dans les magasins et marchés spécialisés car ceux-ci possèdent leur propre atelier de tissage et du matériel perfectionné et moderne. Toutefois, les produits vendus dans les marchés spécialisés sont moins chers que dans les boutiques spécialisées. Au niveau de la clientèle, les produits en soie domestique teintée avec des colorants naturels et motifs originaux sont préférés par les Malgaches tandis que les touristes préfèrent la soie sauvage avec des couleurs vives.

20.3.3 Accessoires et tissus

Le secteur des accessoires et tissus est récent et spécifique. En effet, il est apparu suite à l'utilisation de matériel moderne permettant de réaliser des tissus au mètre de bonne qualité. Au niveau national, ce secteur est essentiellement destiné à une clientèle aisée ainsi qu'aux touristes. Ce secteur est en plein essor et possède une haute valeur ajoutée notamment au niveau du tissu au mètre.

Les perspectives générales de vente des produits soyeux malgaches sur le marché intérieur sont généralement en hausse. Elles devraient contribuer au développement et à la valorisation de la filière à moyen et à long terme. Cependant, le marché national est tributaire (1) de l'élévation du pouvoir d'achat de la population ; (2) de l'intérêt des pouvoirs publics dans la redynamisation de la filière ; (3) de la diversification et la « démocratisation » de la soie par la diversification des produits ; (4) du développement et de l'augmentation du tourisme dans le pays (CITE/BOSS Corporation, 2009).

Cependant, un manque de formations des artisans est observé au niveau des producteurs ruraux entraînant à la fois une limitation de la capacité de production et de la qualité des produits. Cette limitation est due au manque de moyens financiers des producteurs pour s'équiper en matériel moderne. Ces problèmes de qualité sont un frein au développement et à la valorisation des produits artisanaux malgaches aux niveaux national et international. De plus, les produits soyeux malgaches sont 2 à 3 fois plus chers que leurs équivalents asiatiques et ne répondent pas aux exigences du marché (Thierry, 2008). L'ensemble de ces problèmes rendent la soie malgache non compétitive sur le plan international.

20.4. PROFITS DE LA FILIÈRE DANS LA RÉGION D'ITASY

20.4.1 Collecte des cocons

Les cocons de *B. cajani* sont collectés dans les bois de *tapia* et sont vendus sur les marchés spécialisés. Les prix en 2012 varient en fonction de l'origine des cocons. En effet, les coques sont vendues à environ 3,6 € par kg pour la région d'Itasy contre 5,4 € par kg dans la région d'Amoron'i Mania sur les marchés d'Ambositra (CITE/BOSS Corporation, 2009). Cette variation s'explique par la différence de qualité des coques. Les revenus annuels générés par la vente des coques récoltées durant les deux saisons peuvent atteindre 21,5 € par an et par récolteur (CITE/BOSS Corporation, 2009). Il est difficile de quantifier avec précision ces revenus à cause de la variation de la disponibilité en matière première ou du temps de travail imparié à cette tâche.

20.4.2 Filage de la bourre de soie

La qualité du travail de filage est très importante pour apporter une haute valeur ajoutée aux produits finis. Cette étape est longue et laborieuse et se réalise principalement via de la main-d'œuvre de type familial. En cas de recours à la main-d'œuvre salariale, celle-ci se situe à environ 2,68 € par journée de travail. La quantification des coûts de production de cette étape montre que l'activité de filage est profitable. Cependant, les revenus familiaux générés par cette activité sont inférieurs à la moyenne salariale rurale. La main-d'œuvre familiale est rémunérée à 0,34 € quotidiennement contre 0,9 € pour un revenu moyen journalier en milieu rural (Interviews de 10 producteurs dans la région d'Arivonimamo réalisées en 2012). Les faibles revenus générés par cette étape sont comblés par l'activité de filage qui est très profitable. La plupart du temps, l'ensemble des étapes de production de la soie sont réalisées dans la même exploitation.

20.4.3 Tissage des fils de soie

Cette étape se réalise avec un équipement de type traditionnel. Cependant, les investissements à effectuer pour acheter le matériel ainsi que les frais sous-jacents à cette activité sont plus élevés que pour les autres étapes. Un métier à tisser traditionnel coûte environ 35 €. Toutefois, la plupart des producteurs fabriquent leur métier traditionnel de manière artisanale (CITE/BOSS Corporation, 2009). L'activité de tissage se réalise principalement à l'aide de main-d'œuvre de type familial. Le recours à la main-d'œuvre salariale peut avoir lieu si les producteurs ne peuvent répondre à l'ensemble des commandes reçues. La rémunération salariale est comprise entre 0,5 et 2,5 € par unité tissée en fonction de la région et du type d'équipement employé (SAHA, 2007). Un tisseur peut produire un article fini de 0,4 m × 2 m pour une masse de 0,25 kg par journée de travail. Suite à l'analyse des revenus, l'étape de tissage est très profitable pour les producteurs, la marge bénéficiaire réalisée étant de plus de 22,6 %, ce qui équivaut à des revenus journaliers familiaux de 3 € (sur base d'entretiens avec 10 producteurs en 2012).

La répartition de la valeur ajoutée dans la production d'articles en soie sauvage est fortement influencée par le temps de travail nécessaire pour effectuer les différentes étapes et le type de main-d'œuvre utilisée (homme/jour). Au niveau de la collecte des cocons, celle-ci

est difficile à estimer et n'entre pas dans les étapes de fabrication car les producteurs achètent les cocons dans les marchés spécialisés.

20.5. CONTRAINTES LIÉES À LA FILIÈRE

Actuellement, une diminution du nombre de cueilleurs et de producteurs de soie sauvage est observée car les populations locales ont tendance à abandonner les activités séricicoles pour se diriger vers d'autres activités. Ce phénomène s'explique par la variabilité de la disponibilité en matière première et la diminution de la demande en soie sauvage. Les paysans ramassent également les larves de *B. cajani* dans les forêts de *tapia* afin de les consommer car les larves possèdent une valeur énergétique importante et apportent un complément alimentaire aux populations rurales. L'augmentation de cette pratique limite la disponibilité en matière première et réduit la population de papillons (Gade, 1985).

Le *landibe* est soumis à un taux de mortalité important, principalement aux premiers stades larvaires car les larves ont besoin de se nourrir continuellement. En effet, celles-ci ne supportent pas une période de jeûne de plus de 4 jours et dépendent de la présence de nourriture à proximité (Razafimanantsoa et al., 2012, chapitre 1). Les larves sont également sensibles aux prédateurs tels que les fourmis, les oiseaux insectivores mais également à différents parasites tels que des Hyménoptères de la famille des Ichneumonidae. Certains parasites s'attaquent aux chenilles tels qu'*Apanteles borocerae* Gr. (Braconidae) ainsi qu'aux chrysalides comme *Brachymeria borocerae* Steff. (Chalcididae), *Xanthopimpla hova* Sauss., *Pimpla madecassa* Sauss, *Prospilus borocerae* Benoit (Ichneumonidae), *Synthesiomyia nudiseta* Wulp (Tachinidae) (Grangeon, 1907 ; Paulian, 1953 ; Razafimanantsoa, 2012).

L'anthropisation, la pratique culturale de «l'abattis-brûlis», des feux de brousse et l'utilisation du *tapia* comme bois de chauffe entraînent une déforestation qui diminue la biodiversité et les superficies de forêt disponible (**Figure 20.2**, voir cahier couleur). De plus, l'introduction du pin (*Pinus* sp.) et de l'eucalyptus (*Eucalyptus robusta*) menace également les superficies de *tapia* sur tout le territoire malgache (Gade, 1996 ; Randrianarison, 2011). Actuellement, un déclin et une dégradation des bois de *tapia* est à déplorer (Rakotondrasoa et al., 2013, chapitre 12), cela s'observe par le dessèchement de la cime des arbres et la présence de gourmands sur les branches basses (**Figure 20.2**, voir cahier couleur). La dégradation s'explique par l'apparition de conditions météorologiques exceptionnelles appelées «l'Inversion de l'Alizé» (Vignal, 1963).

20.6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Actuellement, la sériciculture est une activité mineure à Madagascar. Il reste environ 10 000 familles qui travaillent dans le secteur de la soie (Razafimanantsoa et al., 2012, chapitre 1). Une valorisation de la filière soie sauvage pourrait mettre à mal la ressource par sa surexploitation. Afin de redynamiser la sériciculture malgache, il conviendrait de sensibiliser les populations rurales pratiquant encore cette activité afin de préserver *B. cajani* et son habitat. Il conviendrait également de développer une gestion intégrée de la ressource via les communautés locales de base (VOI) et les associations œuvrant pour la promotion et la valorisation de la soie.

Il est également intéressant de réaliser des essais d'élevage extensif de *landibe* tels que ceux effectués par l'organisme SAHA afin de ré-augmenter la population de *B. cajani*. La formation des populations locales peut également être bénéfique pour relancer la filière et démontrer que cette activité est viable. En effet, l'illustration des revenus générés par la filière montre que la filière soie sauvage est globalement plus profitable aux producteurs que les salaires moyens ruraux. La relance de cette activité pourrait également limiter l'exode des populations rurales via la création d'emplois et l'apport des rentrées financières complémentaires pour les paysans. Le marché des produits soyeux malgaches se réalise presque uniquement au niveau national. Ce marché est tributaire de l'élévation du pouvoir d'achat de la population malgache, de l'intérêt des pouvoirs publics pour la redynamisation de la filière et de la diversification et la démocratisation de soie sauvage par la diversification des produits. Or, le pouvoir d'achat de la population est en phase de décroissance et les pouvoirs publics ne subventionnent plus cette filière. Une alternative pour développer la filière est d'ouvrir le produit au marché international tout en préservant la ressource disponible.

20.7. BIBLIOGRAPHIE

- Ballet J., 2011. *Vulnérabilité, insécurité alimentaire et environnement à Madagascar*. Paris : L'Harmattan.
- Cazin F.J., 1868. *Traité pratique et raisonné des plantes médicinales indigènes*. Paris : P. Asselin.
- Cardon D., 2005. *Ressources végétales de l'Afrique tropicale*. Vol. 3. *Colorants et tanins*. Wageningen, Pays-Bas : Prota.
- CITE/BOSS Corporation, 2009. *Étude nationale de la filière soie Analamanga, Ambalavao, Amoron'i Mania, Vakinakaratra, Itasy*. Rapport final. Antananarivo : CITE.
- Foucart G., 1894. *Le commerce et la colonisation à Madagascar*. Paris : Augustin Challamel.
- Gade D.W., 1985. Savanna woodland, fire, protein and silk in Highland Madagascar. *J. Ethnobiol.*, **5**(2), 109-122.
- Gade D.W., 1996. Deforestation and its effects in Highland in Madagascar. *Mt Res. Dev.*, **16**(2), 101-116.
- Giret A., 2011. *Histoire de la biodiversité*. Paris : L'Harmattan.
- Grangeon M., 1906. Étude sur le « *Landibe* ». *Bull. Écon. Madagascar*, **2**, 121-127.
- Grangeon M., 1907. *Les vers à soie sauvage de Madagascar. Étude sur le « *Landibe* »*. Paris : Augustin Challamel.
- Paulian R., 1953. Observation sur les *Boroceras* de Madagascar, papillons séricigènes. *Nat. Malgache*, **5**(1), 69-86.
- International Trade Centre, 2012. *Trademap*. www.trademap.org/Country_SelProductCountry.aspx (02.03.2012).
- Rakotoalison M. et al., 2000. *Le landibe Borocera du tapia Arivonimamo II, évolution historique de la filière landibe : la commercialisation et la stratégie de relance de l'élevage à partir des deux VOI gelose « santatra et Meva » de Kianjanarivo et d'Antsampanimahazo*. Arivonimamo : FDP/SR/C.
- Rakotondrasoa O. et al., 2013. Identification des indicateurs de dégradation de la forêt de *tapia* (*Uapaca bojeri*) par une analyse sylvicole. *Tropicultura*, **31**(1), 10-19.
- Randrianarison M., 2011. *La protection de la biodiversité à Madagascar : les paiements pour services environnementaux (PSE)*. Paris : L'Harmattan.

- Razafimanantsoa T. et al., 2012. Silk moths in Madagascar: A review of the biology, uses, and challenges related to *Borocera cajani* (Vinson, 1863) (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Biotechnol. Agron. Sci. Environ.*, **16**(2), 269-276.
- SAHA, 2007. *Collecte d'informations sur la filière soie dans le cadre de l'appui à la gestion des informations économiques pour le VMSL*. Antananarivo : SAHA.
- Thierry B., 2008. *Potentialités de la filière soie dans le cadre de l'appui à la gestion des informations économiques pour le VMSL*. Tananarive, non publié.
- Vestalys H. & Andrianarivelo A.M.S., 2008. *Analyse de la filière soie dans les régions Analamanga, Itasy et Haute Matsiatra. Programme de soutien aux pôles de micro-entreprises rurales et aux économies régionales (PROSPERER)*. Antananarivo : Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche.
- Vignal R., 1963. Les phénomènes de météorologie dynamique et la disparition des formations forestières malgaches d'altitude. *Bois For. Trop.*, **89**, 31-35.

21 — La soie naturelle des Hauts-Plateaux de Madagascar : les facteurs socio-institutionnels entravant une filière dynamique et pérenne

Misha R. RABEARISOA, Bruno S. RAMAMONJISOA, Marc PONCELET, Olivia L. RAKOTONDRAISOA, Gabrielle L. RAJOELISON, Éric HAUBRUGE, Tsiresy M. RAZAFIMANANTSOA, Noromalala RAMINOSOA, François J. VERHEGGEN, Jan BOGAERT

Le ver à soie sauvage endémique ou *Borocera cajani* a une grande importance culturelle, sociale et socio-économique dans les Hauts-Plateaux malgaches mais est également sujette à des processus de dégradation et de raréfaction. Dans l'optique de gérer durablement cette ressource et son habitat *Uapaca bojeri*, également endémique à Madagascar, une étude de la filière séricicole combinant des approches économiques et socio-anthropologiques a été menée. L'analyse filière éclaire les réalités rurales sous-jacentes aux facteurs économiques et l'approche socio-anthropologique tente de lier tous ces facteurs à des considérations plus sociales. L'étude se focalise sur des contextes de transferts de gestion dans les régions d'Itasy et d'Amoron'i Mania. En définitive, il apparaît que des facteurs institutionnels, économiques et sociaux déterminent le dynamisme potentiel et actuel de la filière soie sauvage. Considérer tous ces paramètres dans leurs interactions est essentiel pour une vision durable de gestion de ces ressources.

Natural silk of the Malagasy Highlands: socio-institutional factors inhibiting a dynamic and sustainable production chain

Despite the cultural, social and socio-economic importance for societies situated in the Highlands of Madagascar, the endemic silk moth *Borocera cajani* and its habitat *Uapaca bojeri* are endangered by many factors. In order to sustainably manage these resources, the silk production chain has been studied combining economic and socio-anthropologic approaches. Silk chain production analysis situates the underlying rural realities in an economic context; socio-anthropological considerations link those economic factors to their social context. The current study focuses on decentralized natural resource management in Itasy and Amoron'i Mania. It appears that institutional, economic and social factors tend to determine silk moth production chain dynamics. Considering all of these parameters and their interactions is considered crucial for a sustainable management of these endangered resources.

21.1. INTRODUCTION

L'intérêt culturel de la soie sauvage (communément et localement appelée *landibe*) est traditionnellement caractérisé par des valeurs s'articulant autour du culte des ancêtres ainsi que du respect des anciens dans la société malgache (et spécifiquement celle des Hautes Terres) (Serre-Ratsimandisa, 1978 ; Willame, 1994 ; Graeber, 1995). Ainsi, depuis des siècles, l'usage de cette ressource pour les rites funéraires et les évènements solennels sociaux s'est perpétué et a perduré. Le caractère endémique des vers à soie *Borocera cajani* (une dizaine d'espèces

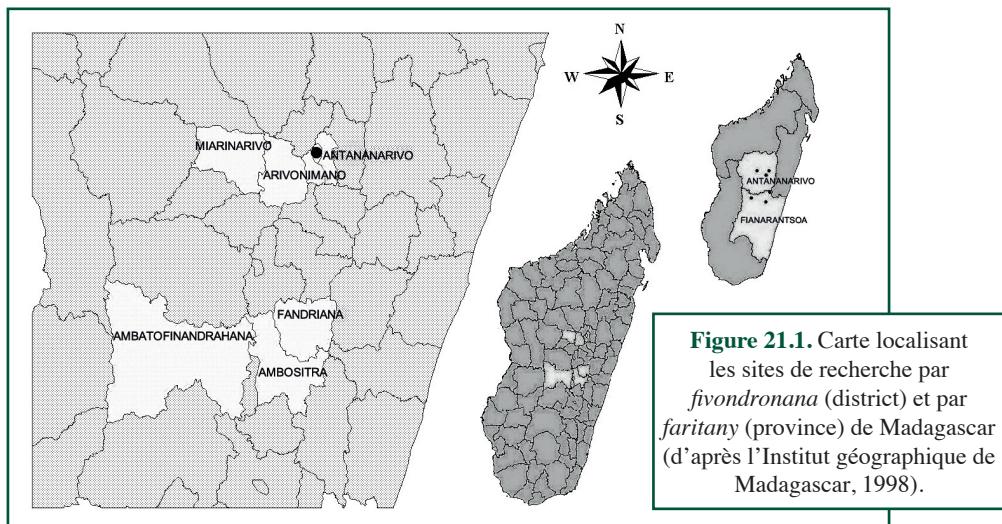
du genre *Borocera*) et de leur habitat naturel *Uapaca bojeri* (ou *tapia* dans le langage local) a renforcé ce caractère identitaire et culturel de la soie sauvage sur les Hauts-Plateaux malgaches.

Ces ressources forestières (*landibe* et *tapia*) ont toutes deux d'autres vocations sociales que celles relatives à la sériciculture : usage des produits forestiers non ligneux tels que récolte de cocons notamment pour l'entomophagie et la vente, cueillette de fruits de *tapia* (dans la perspective autant de consommation que de vente), mais également du *tapia* en tant que ressource ligneuse (bois d'énergie, etc.) et de la forêt comme réserve foncière agricole. L'économie de produits issus de la forêt de *tapia* a donc toute son importance dans une économie marquée par la rareté et où la production familiale reste centrale en termes de subsistance quotidienne des populations locales.

Historiquement, la sériciculture était déjà pratiquée au 16^e siècle à Madagascar (CITE et al., 2009). La soie sauvage était la seule variété utilisée dans toutes les activités séricicoles jusqu'à l'introduction au 19^e siècle de la soie d'élevage. Outre la collecte en forêt, les paysans malgaches pratiquaient un semi-élevage de *landibe* dans les forêts de *tapia* à cette époque. Pendant les périodes monarchiques suivantes, la réputation en termes d'expertise et de dynamisme de certaines régions productrices de produits de tissage en soie naturelle telles qu'Arivonimamo (*B. cajani* principalement) et Ambohidrabiby (essentiellement *Bombyx mori*) était certaine (pour les références géographiques des sites mentionnés dans le présent article, voir **Tableau 21.1** et **Figure 21.1**). La réputation d'antan des produits locaux, l'importance économique potentielle de la filière ainsi que les menaces actuelles ont conduit au choix du site principal d'Arivonimamo pour commencer cette recherche. Des recherches socio-économiques complémentaires ont été ensuite réalisées dans la région d'Amoron'i Mania.

Tableau 21.1. Coordonnées géographiques des sites et localités étudiés pour les régions d'Itasy, d'Antananarivo et d'Amoron'i Mania. Celles-ci se réfèrent à des points spécifiques différents selon la localité (mairie, habitation du chef *fokontany*, etc.).

Région	Localité	Latitude	Longitude
Antananarivo	Ambohidrabiby	18° 46'S	47° 37'E
Itasy	Amby	19° 01'S	47° 07'E
	Andramalaza	19° 03'S	47° 09'E
	Ankalalahana	19° 00'S	47° 07'E
	Arivonimamo	19° 00'S	47° 09'E
	Mahadonga	19° 03'S	47° 08'E
	Vatolaivy	18° 57'S	47° 06'E
Amoron'i Mania	Ambositra	20° 31'S	47° 14'E
	Ambatofinandrahana	20° 33'S	46° 48'E
	Ambatomenaloha	20° 31'S	46° 46'E
	Andrahalana	20° 33'S	46° 45'E
	Ifasina	20° 31'S	46° 39'E
	Itremo	20° 35'S	46° 38'E
	Isoavina	20° 39'S	47° 05'E
	Sandrandahy	20° 20'S	47° 17'E
	Vinany	20° 31'S	46° 48'E



Une surexploitation de ces ressources semble avoir eu pour conséquence une raréfaction de celles-ci au point de menacer leur pérennité. Le projet de recherche cherche à évaluer les facteurs biologiques, environnementaux et socio-économiques à l'œuvre. Dans une perspective socio-économique, c'est une relative désaffection qui semble avoir caractérisé la collecte et l'exploitation des cocons dans certaines régions. La visée de cet article est donc de comprendre les raisons de cette réduction et de cette relative désaffection en envisageant globalement les logiques socio-économiques paysannes et d'éclairer le lien souvent posé (à tort ou à raison) entre le niveau de pauvreté et la dégradation des ressources naturelles locales.

La raréfaction des ressources sur le dynamisme de la filière s'est traduite par des régimes de vitalité très contrastés. Aux périodes monarchiques qui auraient été fastes, ont succédé d'autres périodes bien plus mornes telles que la période coloniale qui a connu les premières réglementations relatives à la collecte de *landibe*. Des tentatives visant à soutenir la production nationale de tissus ont vu le jour dans les décennies 1960 et 1970. Des fermes d'État et des laboratoires séricicoles ont été créés pour la soie d'élevage. Les années 1980 ont marqué le désengagement de l'État et l'entrée en scène des projets de développement en matière de sériciculture notamment à travers le financement de la FAO et du Programme des Nations Unies pour le Développement (CITE et al., 2009). Au début du second millénaire, les perspectives de développement dans cette filière semblaient s'intensifier sous la forme de projets, comme déjà souligné dans le chapitre 20.

Il apparaît que ces variations ont été tout autant déterminées par les essais successifs de gouvernance (programmes d'appui tels que mise en place de centres de vulgarisation séricicoles vers 1979, appuis de projets ou d'ONG tels que le Programme de Soutien au Développement Rural dans les années 2000 ou les interdictions d'exploitation vers le début de l'ère coloniale), que par l'environnement socio-économique général et les logiques d'adaptation des villageois (Rakotoalison et al., 2000).

Aujourd'hui, les statistiques sur le nombre et la proportion d'acteurs concernés par la sériciculture (spécifiquement sur Arivonimamo) montrent une diminution (SISEM, 1984; CITE et al., 2007). La pratique séricicole relative à la soie sauvage n'étant plus stable, une

grande partie des producteurs réagissent de manière opportuniste et contextuelle pour s'adapter aux aléas de la disponibilité et des prix de la matière première.

L'activité de collecte et de transformation n'étant plus profitable aux yeux de beaucoup, elle est souvent délaissée au profit d'autres activités considérées comme plus lucratives. Plusieurs acteurs préfèrent ainsi migrer temporairement ou exploiter l'or dans les différents cours d'eau des environs d'Arivonimamo que de continuer une activité de tissage ou de filage. Presque une famille sur deux dans les villages concernés possède du matériel servant au tissage ou à la filature, mais la majorité ne l'utilise qu'occasionnellement. La pratique séricole est devenue une activité opportuniste et non régulière. Elle est surtout reprise pendant les périodes de soudure, en général d'août à décembre. L'activité en tant qu'opportunité de marché n'est réalisée que lorsqu'elle n'empêche pas sur les activités de subsistance telles que l'agriculture.

La collecte de cocons, par contre, est réalisée le plus souvent pendant les périodes de récolte, deux fois par an, par les enfants et, dans une certaine mesure, par les femmes à des moments creux de la journée. La collecte n'induit alors presque aucune contrainte sur les autres activités agricoles considérées comme principales. Les quantités de cocons récoltées ne suivent pas toujours la demande en matières premières. À Arivonimamo, la production annuelle de coques (cocons déjà dévidés de leur chrysalide) est estimée à 388 kg (environ quatre ou cinq tonnes de cocons non dévidés) en 2007 et à 980 kg en 2009 (CITE et al., 2007). La production totale de cocons atteint donc un peu plus d'une quarantaine de tonnes à l'année pour les principales régions des Hauts-Plateaux (principalement Amoron'i Mania et Itasy) (CITE et al., 2009).

D'un autre côté, en tablant sur le rendement de cocons par hectare de bois de *tapia* (estimation faite par Ny Tanintsika et évaluée à 50 kilos de cocons de soie sauvage à l'hectare (CITE et al., 2007)), la production réelle est largement en deçà du rendement théorique des bois de *tapia*. D'ailleurs, les formations de *tapia* sont également sujettes à des dégradations continues qui réduisent leur surface et donc la matière première potentielle de *landibe* (REDD-FORECA, 2009). Cette évolution de la filière semble différente d'une région à l'autre des Hauts-Plateaux malgaches. La filière soie sauvage dans la région d'Ambositra apparaît, de nos jours, plus dynamique que celle d'Arivonimamo. Une qualité spécifique semble faire la renommée de ses produits par rapport à ceux d'Arivonimamo (SISEM, 1984; CITE et al., 2009).

Empiriquement, cette dynamique plus affirmée d'Ambositra apparaît comme liée à une meilleure organisation socio-économique de la filière et de la production. Dans cette région, les structures de production intègrent davantage différents stades de la production, alors que celle-ci est plus souvent indépendante à Arivonimamo. Ensuite, la saisonnalité de la demande crée un marché apte à absorber et donc à rentabiliser les coûts de production connus dans cette région. Cette saisonnalité correspond aux demandes de produits soyeux par les touristes. Ce marché est largement plus important dans la région d'Ambositra puisqu'il y a beaucoup plus de touristes. En effet, Ambositra se situe sur l'axe sud de plusieurs des circuits touristiques les plus réputés de Madagascar. De plus, la région a une tradition artisanale très réputée attirant beaucoup de clients potentiels (touristes comme locaux).

Ces premières considérations générales balisent donc la problématique principale : quelles sont concrètement les caractéristiques déterminant une filière sériciculture (*landibe*) dynamique et pérenne sur les Hauts-Plateaux de Madagascar ? Nous identifierons aussi les ressorts d'une

relace durable et pérenne des activités économiques et revenus liés à l'exploitation de cette ressource naturelle jusqu'ici plutôt sauvage malgré les pratiques et tentatives de semi-élevage (la reproduction naturelle se faisant à l'état sauvage, divers essais de semi-élevage, à travers la reproduction des œufs au stade larvaire par exemple, ont été initiés avec plus ou moins de réussite).

21.2. MÉTHODOLOGIE

En vue de formuler des hypothèses plus précises sur le contexte et les déterminants de la filière séricicole actuelle du *landibe* sur les Hauts-Plateaux, une analyse économique et une analyse socio-anthropologique ont été utilisées en combinaison. L'analyse économique comparative de la filière s'est avérée indispensable pour évaluer les paramètres déterminant le dynamisme (ou non) de chacune des deux régions : Itasy et Amoron'i Mania. Cependant, une analyse économique de la filière, centrée donc sur les produits-marchandises, ne permettrait pas de rendre pleinement compte des pratiques actuelles, ni du potentiel de redéploiement des activités productives autour de cette ressource.

L'hypothèse posée est que les traductions locales des réformes entreprises ont profondément transformé les conditions d'accès à cette ressource et ses usages par les ruraux.

L'approche économique ou filière générale (Gereffi et al., 1994; Hopkins et al., 1994; Duteurtre et al., 2000; Trefon et al., 2007) propose tout d'abord une description des entrées/sorties, de la couverture de cette filière ainsi que de son fonctionnement qui a pour objectif de mettre en exergue sa configuration. L'analyse de la structure de gouvernance est importante dans le sens où elle permet de comprendre le fonctionnement et l'organisation de la filière (les barrières à l'entrée, le cadre organisationnel, etc.). Enfin l'analyse du cadre institutionnel permet de mieux comprendre les conditions dans lesquelles les acteurs interagissent entre eux (accès aux marchés et à l'information), de compléter l'analyse filière et de valider sa pertinence au niveau pratique dans les zones concernées. Empiriquement, les analyses relatives à la description se sont basées sur des suivis des modes de production de différents acteurs basés sur les typologies des acteurs. Les acteurs identifiés au sein des villages étant surtout caractérisés par des modes de production très segmentés par exemple (uniquement de la filature, du tissage, de la cuellette, etc.) et de l'usage de technologies très rudimentaires. L'analyse de la structure de gouvernance s'est penchée sur les caractéristiques normatives et techniques de fonctionnement de cette filière. Combinée à l'analyse du cadre institutionnel, cette dernière a permis de montrer le mode de fonctionnement et d'organisation général de la filière. Les deux régions de référence ont été comparées.

L'analyse socio-anthropologique s'est principalement basée sur des analyses des stratégies d'action des acteurs concernés par le sujet. La démarche adoptée consiste à analyser le comportement des acteurs locaux dans des contextes d'interventions «développementistes» (bien au-delà des objectifs environnementaux ou sociaux des projets, ces contextes voient ainsi se redéfinir les arènes politiques locales, les rapports aux administrations et aux légitimités «traditionnelles» (Olivier de Sardan, 1995). Les ressorts du monde social villageois sont alors perçus sans opposer les institutions traditionnelles ou culturelles et les institutions «contemporaines» administratives, politiques et économiques; sans opposer des logiques individuelles aux logiques collectives, sans opposer ce qui est socialement raisonnable,

historiquement compréhensible et économiquement rationnel dans un contexte donné. Évoquer des logiques dans cette perspective vise précisément à décrire comment ces différents registres s'articulent dans des référents socio-économiques relativement stables, articulés et éprouvés par les acteurs et qui s'éloignent des référents officiels. On évoquera ici la logique de sécurisation globale (sociale) des familles rurales et on évoquera par ailleurs les normes pratiques qui gouvernent les rapports aux nouvelles institutions censées « transférer la gestion des ressources naturelles » aux usagers ruraux.

Une référence à la société « locale » a été opérée, mais il ne s'agit pas de concevoir pour autant celle-ci comme étant coupée du monde extérieur, bien au contraire. Il s'agit de proposer un cadre aux rationalités sociales adoptées par les acteurs locaux en fonction des contextes de la filière considérés. Au niveau de la région d'Itasy, quatre *fokontany* ont été enquêtés : trois appartenant aux sites retenus par le projet (Ankalalahana, Amby et Vatolaivy) et le dernier (Andramalaza, site spécifique au volet socio-anthropologique) en vue d'évaluer l'incidence de l'existence ou non d'un transfert de gestion (site qui appartient toujours à la commune concernée d'Arivonimamo II). Quarante-quatre villages ont été enquêtés, tous intégrés au sein de 8 *fokontany* et de 3 communes toutes rurales. Pour ce qui est de l'Amoron'i Mania, quatre communautés de base (VOI ou *Vondron'Olona Ifotony*) localisées dans quatre *fokontany* différents ont été analysés. Cette partie également spécifique au volet socio-anthropologique se veut complémentaire de l'analyse filière qui a été initiée dans ces localités.

En matière d'analyse filière, les localités d'Arivonimamo, d'Antananarivo et d'Ambositra ont servi de zones d'études en tant que lieux d'interface principaux de tous les secteurs de la filière de leurs régions respectives, à l'exception d'Antananarivo qui constitue une plaque tournante des deux zones (voir chapitre 20).

La production de données s'est principalement inspirée des méthodes de production de données caractéristiques de la socio-anthropologie du développement basée sur la méthode ECRIS (Enquête Collective Rapide d'Identification des conflits et des groupes Stratégiques) et sur des enquêtes à base qualitative (Olivier De Sardan, 2008). Au total, 478 entretiens (basés soit sur des méthodologies strictement économiques soit socio-anthropologiques) ont été menés dans la totalité des sites entre 2008 et 2012.

21.3. CONSTATS

21.3.1. Stratégies locales adoptées face aux processus d'interventions externes

• Faiblesse des appuis institutionnels publics

Dans les années 1990, suite au constat du dysfonctionnement des politiques publiques locales, Madagascar s'est lancé dans un processus de décentralisation et de déconcentration des pouvoirs de l'État. Face à la dégradation des ressources naturelles et dans un courant international libéral et participationniste, il a été choisi de responsabiliser les communautés locales en instituant un processus de transferts de gestion. Nouvelle association locale à adhésion libre et dont les responsables sont élus, le VOI constitue le fondé de pouvoir légal représentant la communauté désormais responsable des ressources naturelles locales (Gestion Locale Sécurisée ou GELOSE).

L'implémentation de ces nouvelles institutions en vue d'une gestion durable des ressources naturelles a contribué à affaiblir les prérogatives (traditionnelles) des populations autochtones. Ces institutions sont le plus souvent peu opérationnelles ou détournées de leurs objectifs. En effet, cette nouvelle configuration a introduit de nouveaux acteurs et donc de nouveaux rapports d'intérêts qui ont induit de nouveaux rapports de pouvoir dans la société rurale malgache. La remise en cause des configurations institutionnelles traditionnelles dans le domaine environnemental a entraîné des dysfonctionnements jusqu'au cœur des systèmes sociaux traditionnels.

En matière d'accès aux ressources forestières, aux mécanismes officiels de sanction répondent toujours des normes pratiques et des pratiques de médiation/sanction à l'amiable. Ces normes et pratiques sont bien entendu étrangères aux cahiers de charge et aux cahiers de sanction « officiels » des VOI. Mais tous les VOI existant dans les villages concernés appliquent des processus informels de médiation/sanction. Seuls les cas les plus graves sont renvoyés vers les institutions de tutelle dans les cas où les pratiques réprimées entraînent des conséquences néfastes sur la communauté ou sur le responsable. Le circuit officiel de recours du VOI passe par le *fokontany*, la commune et enfin les services décentralisés de l'État (respectivement le service forestier, la gendarmerie et la justice).

- *Les normes pratiques occupent le terrain*

Le manque d'appui effectif des autorités publiques censées être les chaperons hiérarchiques de ces structures décentralisées est patent. Ceci induit de fait, sur le plan des responsabilités, un cercle vicieux dans la mise en œuvre de la protection des ressources naturelles transférées aux populations locales. Ainsi, les mesures prises par les VOI le sont toujours d'abord sur base d'une négociation avec les autres acteurs locaux plutôt qu'en fonction des normes existantes. Les mesures visant à réguler la collecte de cocons sont *de facto* inefficaces puisque ineffectives. Les décisions censées réguler l'accès aux ressources sont prises sur base de considérations sociales et non pas en fonction des normes et règles institutionnelles établies par le transfert de gestion et ses institutions. Ceci n'exclut en rien les coups de force et arrangements rarement favorables aux moins nantis.

Parmi les pratiques et stratégies typiques au niveau des acteurs ruraux, la préférence est plutôt accordée aux rapports familiaux et l'engagement est apparemment très limité à l'égard des associations volontaires. Les communautés familiales préservent des valeurs d'unité et de vision collective et incarnent des systèmes de sécurisation éprouvés dans lesquels (faute de mieux) sont déclinés les intérêts et stratégies individuels. Dans un contexte où l'absence de structures de régulation est évidente, la motivation au regroupement associatif est faible sauf dans sa déclinaison familiale. «À partir du moment où on est en famille, nous serons plus enclins à nous associer ou travailler collectivement» (tel est le discours le plus fréquemment relevé lors des enquêtes relatives à cette réticence au regroupement.). L'adhésion au VOI est surtout considérée comme un moyen d'accéder aux ressources. Les «règles du jeu», donc les règlementations de ces institutions en charge de la gestion des ressources naturelles locales ne sont pas fiables aux yeux de nombreux paysans et acteurs locaux. Elles semblent flexibles à souhait au gré des désideratas et stratégies des courtiers et intermédiaires. Sur le terrain, aucun VOI conforme à son mode de fonctionnement théorique n'a été identifié, la plupart ne pouvant prétendre rencontrer les objectifs initiaux. Les règlementations restent inconnues de nombreux membres et sont largement détournées au profit des notables.

21.3.2. Structures de production de la filière

Une première constatation permet de montrer que les acteurs qui ont pérennisé leurs activités de production séricicole ont tous la caractéristique d'avoir effectué un processus d'intégration verticale. De manière générale, l'intégration verticale qui peut se faire par sous-traitance ou contrat flexible permet à ceux qui la pratiquent d'augmenter leurs bénéfices et de réduire certains risques de production (en matière d'approvisionnement notamment), le meilleur exemple (et le cas le plus fréquent pour les deux sites étudiés) étant le regroupement familial pour une grande partie du processus de production. Cette stratégie leur a permis entre autres de réduire certains coûts de transaction inhérents à la filière soie naturelle. L'étude se consacre principalement à la fibre de soie sauvage, mais comme les acteurs font également de la soie d'élevage, il serait erroné de strictement distinguer les productions.

Empiriquement, il est assez peu fréquent de voir des intermédiaires (collecteurs) entre les éleveurs et les fileurs pour la soie d'élevage alors que c'est très souvent le cas pour la soie sauvage (**Figure 21.2**). Bien que quelques acteurs semi-professionnels commencent à intégrer cette part du processus de production au niveau du *landibe*, il est assez rare de retrouver la configuration d'acteurs (8) typique de la filière soie d'élevage. Les rares acteurs approchant au plus près ces caractéristiques de production sont surtout des transformateurs de *landibe* qui ont de grandes capacités de production et qui ont les moyens de regrouper plusieurs segments de production sous une même exploitation mais constituent une petite minorité souvent absente des villages. L'exemple des entreprises familiales (Rakotomalala et frères sur Antananarivo et plusieurs familles productrices semi-professionnelles d'Ambositra et Sandrandahy) est typique de ce processus. La presque totalité des acteurs ayant la sériciculture comme activité permanente au niveau des sites de travail ont la caractéristique de pouvoir compter sur des structures de production caractérisées par différents segments et reposant sur des relations affinitaires assurant une sécurisation des circuits de production (cercle familial ou dans certains cas assez rares associatifs).

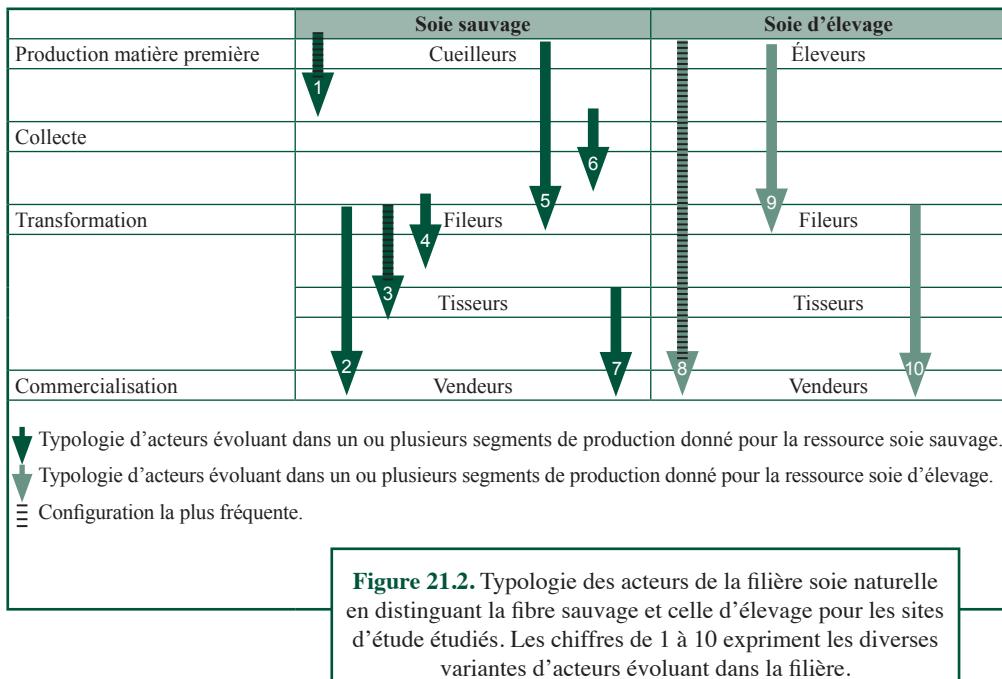
Dans les villages d'Arivonimamo, la typologie typique des acteurs représente surtout de petits producteurs (filateurs ou tisseurs) ayant des caractéristiques opportunistes de production ainsi que des capacités technologiques très limitées. Les opportunités de production se traduisent souvent par des commandes ponctuelles qui ne concernent qu'un seul segment de production : soit du fil, soit des tissus. Pour les tissus, le plus souvent, le fil est fourni. Les producteurs dans ces villages ne sont assimilés qu'à de la main-d'œuvre tout simplement.

L'activité de collecte est, elle, dans la plupart des cas, indépendante de la pratique de production de matière première et indépendante de celle de transformation (cas du *landibe* ici). La production de cocons est effectivement sujette aux fluctuations saisonnières de l'espèce en elle-même (pour l'instant) et donc encore indépendante des méthodes de production.

- *Rapports de production : prépondérance de l'approvisionnement et des débouchés*

Une première analyse permet de montrer qu'intégrer des segments de production favorise de plus grandes marges bénéficiaires et limite les risques dans la mesure où l'acteur n'aura plus à subir les aléas d'approvisionnement en cocons.

La comparaison des comptes d'exploitation suivants se basera sur deux scénarios de production pour une tisseuse d'Arivonimamo qui produit environ 218 pièces soyeuses à l'année (**Tableaux 21.2a, 21.2b et 21.3**). Le premier considère l'activité de tissage suivant



le cas d'achats de fils pour la transformation de produits finis. Le second scénario présente l'activité pour produire des produits finis, le transformateur produira lui-même les fils dont il aura besoin. Cette référence de production est posée après suivi des habitudes de production de cet acteur. L'équivalent en matières premières de cette production totale est estimé à 32 kg de cocons non rembourrés (les étapes de traitement du cocon pour le filage sont les suivantes : le cocon qui est déjà dévidé est nettoyé et brossé ; par la suite, ces cocons sont assemblés par trois, quatre ou cinq selon les habitudes des fileurs ; c'est à cette étape que l'on qualifie les cocons de « rembourrés »). Cet acteur fait autant de la filature que du tissage mais pour ces 218 pièces, il achète du fil au marché (il ne produit du fil que lorsqu'il en reçoit commande). Tout le matériel de l'exploitation est constitué par un métier traditionnel et par un rouet. Les postes de charges/produits pour les deux cas de production sont orchestrés indépendamment (filature et tissage). Ces données (**Tableaux 21.2a, 21.2b** et **21.3**) montrent qu'adopter un mode de production proche de la caractéristique (8) (**Figure 21.2**) du schéma de production de soie d'élevage serait propice à la rentabilité de l'exploitation. En effet, en supposant que l'acteur ait intégré tous les processus de production du traitement du cocon au tissage (en produisant donc lui-même les fils dont il aura besoin), on arrive à une marge bénéficiaire de 2 356 800 MGA (**Tableau 21.3**) pour les mêmes postes de production en produit fini alors qu'elle est de 1 456 000 MGA en achetant les fils (**Tableau 21.2b**).

Ceci montre que l'intégration du secteur production de fils permet de dégager plus de marge bénéficiaire et assure un approvisionnement plus sécurisé en cocons et en fils évitant ainsi toute rupture.

Tableau 21.2a. Tableau d'exploitation relatif à la filature de fils nécessaires au tissage de 218 pièces de produits soyeux, un acteur situé à Arivonimamo.

CHARGES	Unité	Quantité	PU (MGA)	Total (MGA)	Pourcentage
AMORTISSEMENT					
Matériel et équipement (rouet et autre matériel)				40 000	3,9
TRAVAUX					
Main-d'œuvre (brossage et rembourrage)	Kilogramme	32	2 000	64 000	6,3
INTRANTS					
Coques de soie sauvage assemblées par 3	Kilogramme	32	18 000	576 000	56,5
Savon	Pièce	32	500	16 000	1,6
Carbonate de soude (g/l)	4 grammes	32	100	3 200	0,3
Autres charges (combustible, déplacement, etc.)	Kilogramme	32	10 000	320 000	31,4
TOTAL CHARGES (COÛT DE PRODUCTION)				1 019 200	100,0
PRODUITS					
Fil grège	Écheveau	1 920	1 000	1 920 000	100,0
TOTAL PRODUITS					
MARGE BÉNÉFICIAIRE				900 800	

Tableau 21.2b. Tableau d'exploitation relatif au tissage de 218 pièces de produits soyeux en achetant les fils de soie nécessaires à la production, acteur situé à Arivonimamo.

CHARGES	Unité	Quantité	PU (MGA)	Total (MGA)	Pourcentage
AMORTISSEMENT					
Matériel et équipement				15 000	0,4
TRAVAUX					
Main-d'œuvre tissage par pièces	H/j	218	2 000	436 000	12,7
Main-d'œuvre pour écheveaux	Écheveau	1 920	500	960 000	27,9
INTRANTS					
Fils	Écheveau	1 920	1 000	1 920 000	55,7
Teinture	Sachet	73	1 000	73 000	2,1
CHARGES ADMINISTRATIVES					
Commune		1	20 000	20 000	0,6
Contribution		1	20 000	20 000	0,6
TOTAL CHARGES (COÛT DE PRODUCTION)				3 444 000	100,0
PRODUITS					
Écharpe	Pièce	72	20 000	1 440 000	29,4
<i>Lamba</i> (Châle)	Pièce	24	25 000	600 000	12,2
<i>Lamba Bokaboka</i>	Pièce	24	40 000	960 000	19,6
Cravate	Pièce	12	15 000	180 000	3,7
<i>Lamba</i> mixte	Pièce	86	20 000	1 720 000	35,1
TOTAL PRODUITS		218		4 900 000	100,0
MARGE BÉNÉFICIAIRE				1 456 000	

MGA : Malagasy Ariary.

Tableau 21.3. Compte d'exploitation intégrant le processus de filature à la production de 218 pièces de produits soyeux, acteur situé à Arivonimamo.

CHARGES	Unité	Quantité	PU (MGA)	Total (MGA)	Pourcentage
FILATURE					
AMORTISSEMENT					
Matériel et équipement				40 000	1,6
TRAVAUX					
Main-d'oeuvre (brossage et rembourrage)	Kilogramme	32	2 000	64 000	2,5
INTRANTS					
Coques de soie sauvage assemblées par 3	Kilogramme	32	18 000	576 000	22,6
Savon	Pièce	32	500	16 000	0,6
Carbonate de soude (g/l)	4 grammes	32	100	3 200	0,1
Autres charges (combustible, déplacement, etc.)	Kilogramme	32	10 000	320 000	12,6
TISSAGE					
AMORTISSEMENT					
Matériel et équipement tissage				15 000	0,6
TRAVAUX					
Main-d'œuvre tissage par pièces	hj	218	2 000	436 000	17,1
Main-d'œuvre pour écheveaux	Écheveau	1920	500	960 000	37,7
INTRANTS					
Teinture	Sachet	73	1 000	73 000	2,9
CHARGES ADMINISTRATIVES					
Patente		1	20 000	20 000	0,8
Contribution		1	20 000	20 000	0,8
TOTAL CHARGES (COÛT DE PRODUCTION)				2 543 200	100,0
PRODUITS					
Écharpe	Pièce	72	20 000	1 440 000	
<i>Lamba</i> (Châle)	Pièce	24	25 000	600 000	
<i>Lamba Bokaboka</i>	Pièce	24	40 000	960 000	
Cravate	Pièce	12	15 000	180 000	
<i>Lamba</i> mixte	Pièce	86	20 000	1 720 000	
TOTAL PRODUITS				4 900 000	
MARGE BÉNÉFICIAIRE				2 356 800	

MGA : Malagasy Ariary.

Deux paramètres s'avèrent pourtant, ici, essentiels à la pérennité de ce type d'activité de production : la disponibilité et le coût des matières premières d'une part et celui des débouchés d'autre part.

Plus le coût de la matière première sera élevé, plus le producteur sera handicapé au niveau des marges bénéficiaires. De plus, même avec un circuit d'approvisionnement parfait, en l'absence d'un marché susceptible de proposer des prix et une capacité d'absorption des produits acceptables, le producteur sera tout autant perdant. La région d'Amoron'i Mania a un avantage de ce point de vue puisque comme décrit dans le paragraphe suivant, les circuits

d'approvisionnement fournissent un cadre de prix plus stable. De plus, ces prix (ceux des produits finis) sont non seulement stables mais également élevés pour Amoron'i Mania. Au niveau d'Arivonimamo, ces prix élevés ne s'obtiennent qu'en utilisant le circuit de vente par consignation qui n'est pas très sûr pour les producteurs (**Tableau 21.4**).

Tableau 21.4. Prix de vente des écharpes moyennes et des châles selon les contextes et les localités considérés, notamment Ambositra, Arivonimamo et Antananarivo.

	Écharpe moyenne (MGA)	Châle ou <i>Lamba</i> (MGA)
Ambositra	30 000	40 000
Arivonimamo : Prix immédiat	15 000	20 000
Arivonimamo : Prix sous consignation	20 000	25 000 à 30 000
Prix de vente dans les boutiques (de luxe) principalement sur Antananarivo	40 000 à 200 000	50 000 à 200 000

MGA : Malagasy Ariary.

Ce sont les boutiques de luxe de Tananarive qui font la plus importante marge bénéficiaire sur les produits d'Arivonimamo. À Ambositra, ce sont les producteurs eux-mêmes qui vendent au consommateur final. Le plus souvent, ils se regroupent en association et ont en commun une boutique de vente. Seule une petite proportion de la production passe par les boutiques de luxe ou spécialisées.

- *Structures de gouvernance : incidence de l'échelle de la filière sur le fonctionnement des structures institutionnelles*

L'analyse des structures institutionnelles d'appui et de régulation relatives à la filière (les organismes d'appui, les différents services déconcentrés et décentralisés de l'État tels que les services forestiers, les VOI, etc.) rencontrées dans les zones de recherche permet de faire une première remarque. Le dynamisme contrasté rencontré dans les deux régions d'études s'explique également par le fait que : ces structures de gestion mises en place dans la région d'Itasy et qui tendent à se substituer de manière inefficiente à des structures intermédiaires entre les différents processus de production réduisent le dynamisme de la filière (ici, il est entre autres question des VOI).

Dans l'Amoron'i Mania où elles sont tout aussi peu conformes à leur vocation, ces structures intermédiaires sont, relativement, facilement contournées par les acteurs lors de l'apparition de certaines caractéristiques d'oligopoles. Ici, le facteur étendu de la filière (**Tableau 21.5**) a un rôle important à jouer pour consolider des mécanismes pérennes d'approvisionnement.

Ce n'est pas le cas dans la région d'Arivonimamo qui peut difficilement (à un niveau local) contourner ces structures dans la perspective d'un processus de production. Ceci pourrait s'expliquer par rapport au contexte de l'échelle de la filière. Plus une filière est grande, plus il est difficile de la contrôler (tant dans un sens positif que négatif). Ainsi, dans tout processus de production dans l'Itasy, un acteur typique de la filière soie naturelle devra s'appuyer sur l'une de ces structures précitées pour asseoir son processus de production : pour le processus d'approvisionnement, les organismes d'appui tels que SAHA (une organisation non gouvernementale de développement rural), Ny Tanintsika, etc., ainsi que le VOI sont apparus comme des acteurs inévitables.

Tableau 21.5. Tableau des superficies de formations de *tapia* par VOI au niveau des sites de transferts de gestion étudiés. (Source : Services Forestiers d'Ambositra et de Miarinarivo)

Région	Localité	VOI	Superficie en <i>tapia</i> (ha)
Itasy	Amby	Meva	120
	Amby	Fanevasoa Hiavotra	70
	Amby	Filamatra Miaradia	90
	Amby	Herintsoa	46
	Ankalalahana	Fiat	272
	Vatolaivy	Faniry	185
	Vatolaivy	Iharintsoa	146
	Vatolaivy	Risika	165
Ambatofinandrahana	Ambatomenaloha	Tsarahasina	1 075
	Itremo	Fanavaozana	642
	Ifasina	Soahotanteraka	2 625
	Vinany	Firaisankina	393
	Andrahalana	Fitamihala	523

Les programmes développés par les institutions d'appui exercent ici une action caractéristique en Itasy. Dans un objectif d'équité et de durabilité, ils sont censés dynamiser les VOI en tant que structures d'interface entre la production de matière première et l'accès des transformateurs à cette matière première. Ainsi, dans le cas d'une échelle spatiale réduite, le passage par ces structures intermédiaires apparaît inéluctable. Dans les régions d'Arivonimamo, les collecteurs passent très souvent par la structure même du VOI pour avoir accès à la matière première.

Pourtant, au lieu de gérer efficacement et équitablement la ressource naturelle, ces structures limitent fortement le dynamisme de la filière (à cause de relations de clientélisme notamment). Il n'est pas rare de voir des acteurs individuels utiliser les VOI pour se constituer en vendeurs (individuels) de matière première. La structure collective d'appui est détournée à des fins personnelles. Ceci dérègle le circuit traditionnel du marché et fait que beaucoup d'acteurs non-initiés dans ces réseaux ont de grosses difficultés à s'approvisionner de manière régulière et selon leurs besoins.

Bien sûr, dans les zones de collecte et dans la région d'Amoron'i Mania, le rôle des VOI n'est pas dépourvu d'ambiguïté, mais, la présence d'une plus grande diversité d'acteurs confère au marché un rôle plus clair de fixation des prix et des quantités écoulées. Ainsi, dans les périodes normales de production de cocons, les prix sur les marchés sont assez stables. Les offres venues d'autres régions voisines d'Ambositra alimentent le jeu de la concurrence et stabilisent les prix pendant ces phases. Il est également à noter que la production régulière dans cette région fait que cette concurrence peut être bénéfique à la stabilisation des prix et de l'échange. En cas de production irrégulière, des décalages apparaîtront entre l'offre et la demande menant ces marchés vers des quasi-oligopoles. En effet, l'insuffisance de l'offre (le cas le plus fréquent) entraîne des déséquilibres dans la confrontation des offres et des besoins du marché. Cette situation se ramènera inévitablement aux problématiques de spéculations.

Par contre, et ceci rejoint le cas d'Arivonimamo, c'est dans les phases creuses de production que les spéculations se font le plus ressentir. Ceci est surtout dû au fait que ces offres et ces demandes ne passent plus par le marché conventionnel et ne laissent plus place à des phénomènes de régulation. L'existence d'une forte demande (plusieurs acteurs) face à une petite minorité d'offres fait fluctuer fortement les prix dans les périodes creuses, une situation différente de celle que l'on rencontre dans les marchés conventionnels, lorsque l'offre et la demande sont presque égales.

21.3.3. Les paramètres socio-institutionnels

- *Incidence du facteur culturel sur la performance des producteurs d'Ambositra*

Au niveau d'Ambositra, par rapport à Arivonimamo, on remarque un surplus tant en termes de dimensions que de temps passé au travail et de quantité de matières premières utilisées (**Tableau 21.6**).

Tableau 21.6. Rapports de production de linceul par région considérant deux types de fibres : le *landibe* et le *landy fotsy* qui est un mélange de fils de soie de mûrier produits à partir de bourres et de bourrettes (d'après SISEM, 1984).

Rapports de production par région	<i>Landibe</i>		<i>Landy fotsy</i>	
	Ambositra	Arivonimamo	Ambositra	Arivonimamo
Quantité de soie utilisée (grammes)	456	274	223	261
Dimensions moyennes d'une lame ou <i>Vitrana</i> (en cm)				
Largeur	55-60	50	59	47
Longueur	230	220	182	213
Temps moyen de production en homme/jour				
Filature	13	3	-	-
Tissage	3	2	4	2
TOTAL	16	6	4	2

La production individuelle dans la région d'Arivonimamo est plus dynamique que dans celle du Sud (en considérant la totalité des linceuls de soie naturelle et en termes de proportion et de productivité individuelles des acteurs, une minorité produit la quasi-totalité de la production) mais est concentrée sur quelques acteurs uniquement, spécifiquement pour les produits en soie sauvage. Dans la région d'Ambositra, on rencontre beaucoup plus d'acteurs étaisés dans la filière production, mais avec une production moyenne conséquente par acteur individuel. En totalité, la production de produits finis en soie sauvage y est beaucoup plus élevée.

Dans la région d'Ambositra, la sériciculture apparaît comme une pratique routinière tandis que dans la région d'Arivonimamo, elle est à considérer comme une vraie activité.

«Pratique» est ici entendue dans le sens de «vie concrète», de façon habituelle de vivre. La pratique est intégrée dans la tradition culturelle de la région. À Ambositra (région Amoron'i Mania) elle est d'une certaine manière assimilée à une routine, à un processus cognitif. Bien sûr, le facteur démographique joue un rôle non négligeable. En termes de population, il y a beaucoup plus d'individus à Ambositra qu'à Arivonimamo. L'on serait tenté de dire que plus il y a d'individus, plus il y a d'acteurs et donc que plus il y aura de producteurs. Mais cette façon

de faire et de vivre est génératrice d'expériences et ainsi d'expertise spécifique. La production est orientée en fonction de cette expertise et non uniquement, en fonction de considérations de rentabilité.

De manière générale, les analyses des pratiques et procédés de transformation montrent que les individus et acteurs évoluant au niveau de l'Amoron'i Mania en font une «pratique» à part entière.

Cette caractéristique rejoint en grande partie la réputation de cette région comme culturellement orientée dans l'artisanat.

- *Incidence du facteur risque sur les structures collectives de production*

L'une des seules alternatives pour faire des économies d'échelle nécessaires à la pérennité de l'activité dans le contexte malgache est d'en faire une activité familiale. Dans ce cadre d'activité, l'apprentissage est transmis par côtoiemment et fréquentation. L'apprentissage est informel et réalisé par immersion, seule manière de fournir une expertise acceptable dans la pratique pérenne de l'activité de tissage dans les villages enquêtés. Aucune école de tissage ni de filature n'existe et quand bien même, les ménages ruraux n'auraient pas les capacités de se payer des formations ou apprentissages.

Dans le processus de production, le cercle familial est la seule structure apte à offrir des garanties de sureté aux activités de production. Au niveau de ces activités, on peut parler de l'intégration de certains segments de production pour créer des économies d'échelle. En effet, dans le contexte social malgache, l'existence des conditions pour une concurrence parfaite n'est pas garantie. Les seules exploitations capables de fournir des produits en soie naturelle ont dans une large proportion un caractère familial et se transmettent de génération en génération (Thierry et al., 2008).

21.4. DISCUSSIONS

L'analyse de l'histoire de la filière des deux régions montre ainsi, respectivement, un passé propice au développement de la filière sériciculture. Par contre, le dynamisme respectif actuel n'est pas le même. L'analyse des caractéristiques des deux filières a mis en exergue certains facteurs prédominants :

- Le premier facteur est relatif à la ressource elle-même et donc en rapport avec sa disponibilité. La caractéristique de l'échelle en termes de superficie et institutionnelle des *tapias* est ici prépondérante.
- Le second facteur est institutionnel. En effet, les structures d'organisation et de fonctionnement des structures institutionnelles et des processus de production jouent un rôle clé dans le dynamisme de la filière.
- Enfin, le facteur culturel contribue grandement à la perpétuation d'une certaine expertise et pratique dans le temps. Entre autres, le vieil adage *betsileo* énonce que «les filles ne pratiquant pas l'artisanat, ne trouvent pas de prétendants». Ceci est une façon de montrer la place de l'artisanat (spécifiquement vannerie et tissage) dans le quotidien *betsileo*, l'ethnie représentative de cette région.

21.4.1. L'intégration subordonnée, une alternative favorable à la filière

Dans le cadre d'un modèle centre/péphérie (Gereffi et al., 1994; Hopkins et al., 1994), en extrapolant ce concept à l'échelle des sites étudiés, la périphérie pourrait s'assimiler aux villages. Ces villages constituent la périphérie puisque dans la cartographie de la filière, on peut se rendre compte que la majeure partie des acteurs de la filière qui sont situés au sein des villages constituent tous des agents subordonnés (bien que dans la perspective actuelle ils ne sont pas encore tous intégrés verticalement). Ces agents sont caractérisés par des dotations technologiques très faibles par rapport aux autres acteurs plus professionnels de la filière (au mieux, ils possèdent un métier traditionnel). Ces agents sont également caractérisés par l'exercice d'activité à faible valeur ajoutée. Pour jouer sur la compétitivité, ils réduisent leurs coûts pour être plus attractifs (main-d'œuvre bon marché). Ceci a une conséquence certaine sur la qualité du produit livrable.

L'une des problématiques rencontrées à Arivonimamo est la présence d'une grande concurrence dans des segments identiques et dans un espace limité. Les capacités en ressources limitent la diversification et l'innovation si bien que les modes de production sont identiques du début à la fin du processus de production mais également dans le temps. Les techniques usitées en zone rurale il y a 10 ou 20 ans sont pratiquement les mêmes que celles observées actuellement. De même, la gamme de produits est sensiblement la même. Ainsi les tisseuses occasionnelles par exemple n'ont ni les moyens ni les capacités de se démarquer de leurs concurrents directs.

À quelques exceptions près, les vrais donneurs d'ordres se situent au sein de la cartographie «centre». Ces acteurs sont technologiquement mieux dotés que les précédents acteurs. Ils ont la caractéristique d'évoluer dans les segments les plus rentables en termes de valeur ajoutée. Ces acteurs ont des critères de qualité qui sont plus restrictifs et qui mettent ainsi des barrières à l'entrée tant du circuit des intrants que de la sortie des produits finis. Ici, on peut parler des boutiques de luxe, de certains producteurs professionnels ou semi-professionnels. Les acteurs situés sur ce type de segment ont la caractéristique de pratiquer une intégration verticale (ou d'exercer leur pouvoir au sens de Gereffi (Gereffi et al., 1994), c'est-à-dire leur capacité à externaliser les activités à faible valeur ajoutée tout en incorporant celles à forte valeur ajoutée) à plus ou moins grande échelle au long de leur filière de production. Les boutiques de luxe jouent par exemple sur leurs capacités à consigner des produits soyeux à des prix plutôt avantageux aux producteurs ruraux pour leur imposer des conditions de vente souvent risquées. Il arrive fréquemment que des producteurs ne se fassent pas payer.

Si l'intégration verticale peut servir et favoriser les acteurs principaux, situés au centre (en réduisant leurs coûts et leurs risques, «flexibilité organisationnelle», etc.), ce processus d'intégration peut également améliorer la compétitivité des acteurs subordonnés en leur donnant la possibilité d'évoluer. Cette possibilité est surtout basée sur des concepts d'accès indirect à des marchés et à des coûts plus réduits (économies d'échelle) mais également grâce à l'accès à des informations techniques et l'apprentissage par la pratique (standards de qualité, normes, etc.). En effet, la filière actuelle (surtout sur Arivonimamo) a la caractéristique d'être très atomisée au sens économique du terme. Les acteurs ont des stratégies de production trop individualisées, or leurs capacités de production sont très faibles pour la plupart.

- *Regroupement*

Au vu des observations précédentes, une autre solution peut être fournie *a priori*. À défaut d'avoir accès à de grands segments du centre (à même de pouvoir fournir innovation, capital, savoir-faire, etc.), la redynamisation de la filière pourrait aussi passer par des réseaux, constitués notamment d'agents producteurs, qui sembleraient constituer la structure adéquate dans ce cadre. Il s'agirait de créer des réseaux entre segments semblables, basés sur la coopération, le partage d'informations et de savoir-faire. Pour une plus grande flexibilité, les acteurs ne seraient pas nécessairement liés structurellement mais pourraient concourir à la poursuite d'un même objectif. Dans cette perspective, on pourrait parler d'outils communautaires ou plus précisément associatifs jouant le rôle d'organismes facilitateurs.

Par contre, le principal problème de cette démarche repose sur la fragilité socio-économique de cette structure. Même si les acteurs sont assez flexibles pour permettre la mise en place de telles structures, ils sont trop atomisés pour permettre les apports capitalistiques favorisant la compétitivité (avance technologique et des capacités d'innovation). De plus, l'accès à des marchés plus grands (notamment international), n'est pas donné vu la taille et les capacités de production. On peut dès lors se demander si les caractéristiques comportementales des ruraux permettraient d'assurer une efficacité à ces organismes facilitateurs à créer.

21.4.2. Des rationalités basées sur des logiques de sécurisation contrecarrant cette alternative

- *Sécurisation et aversion aux risques*

L'individu adopte généralement une attitude fondée sur des principes de précaution et d'aversion au risque (Gondard-Delcroix et al., 2004). Les populations paysannes essaient en quelque sorte de se constituer un processus de reproduction non seulement stable (c'est-à-dire *exit les risques*) mais également durable. L'objectif étant la reproduction des bases considérées comme garantes de leur mode de vie, ce qui est bien différent des notions de fatalisme et de besoins primaires (Olivier de Sardan, 1995).

Dans un contexte précaire où plusieurs contraintes entrent en ligne de compte, un individu, et un paysan en particulier, élabore une stratégie visant à minimiser les risques susceptibles de compromettre sa reproduction sociale (y compris économique ou autre). L'une des logiques qui se retrouve généralement chez les paysans est donc la recherche de la sécurité même lorsqu'ils cherchent à augmenter leur production. On soulignera les investissements sociaux et dans la parenté, la réception sélective des interventions extérieures, etc. Il a déjà été souligné que les paysans exprimaient l'aversion au risque et privilégiavaient l'adoption de stratégies qui concourent à pérenniser les structures collectives ou communautaires en vue de « lisser » les risques (Gannon et al., 2008).

- *Justice sociale et concepts de légalité et de légitimité*

D'une manière générale, les individus ruraux élaborent des stratégies pour se prémunir des risques. La reproduction du système social d'organisation qui s'est montré apte à produire un processus de compensation sociale équitable est prise en compte prioritairement par un paysan. Cette approche est basée sur des considérations de contreparties sociales au sens de Mauss et de Malinowski (Malinowski, 1968; Bonte et al., 2002). En effet, dans une société où l'assurance

sociale est défaillante, se prémunir contre les risques apparaît primordial. Cette prévoyance ne peut être assimilée à une prévision économique et implique l'ensemble des rapports sociaux (y compris les rapports de patronage, de clientélisme, de réciprocité, etc.). Les voies de reproduction sociale éprouvées et aptes à satisfaire les besoins élémentaires d'une communauté font que tous les domaines de besoins seront sous contraintes. Toute considération stratégique d'action au niveau d'un individu rural fera ainsi nécessairement référence aux contraintes qu'il jugera hiérarchiquement les plus importantes dans ce cadre de reproduction et par rapport au contexte social concerné.

En définitive, chaque logique adoptée sera influencée tout autant par des incidences collectives qu'individuelles et dépendra en fait des caractéristiques contextuelles considérées et perçues au moment du choix. Les institutions sociales collectives sur lesquelles les individus s'appuient constituent un «filet» de sécurité sociale pour eux. Il est à préciser, par contre, que la mise en branle de cette sécurité sociale n'est pas sans conséquence pour le bénéficiaire (Gannon et al., 2008) qui sera obligé et soumis à une réciprocité. Même en présence d'une hypothétique assurance sociale ou d'une perspective d'innovation techno-économique, les paysans malgaches préfèrent souvent minimiser les risques, car «profiter» du système de redistribution en place les rendrait redevables vis-à-vis de la communauté. Mais, pour l'essentiel, ces règles sont suivies, parce que leur utilité pratique a été reconnue par la raison et démontrée par l'expérience (Malinowski, 1968).

Dans son ensemble, les comportements concourent donc vers une reproduction de leur système de gouvernance et tenant en compte des stratégies de moindre risque en ne considérant que des aspects éprouvés et démontrés tout au long de leur vie sociale. Que leurs choix soient impulsés par des pratiques astreignantes de la vie sociale collective ou aient été élaborés dans un calcul utilitaire et pragmatique, les réelles motivations qui trament les stratégies d'action seront relatives à l'aversion au risque. Dans cette optique, il s'agit de privilégier les institutions sociales largement acceptées (concept de légitimité introduisant une harmonie dans les relations des membres de cette société), éprouvées par le temps (concept de stabilité qui induit un sentiment de confiance et de garantie pérennes) et considérées comme équitables.

Or, les perceptions et les représentations locales à l'égard des institutions «contemporaines» mises en place notamment pour la gestion des ressources naturelles (l'administration publique à travers ses différents services, les organismes d'appui divers, etc.) ou pour la redynamisation de la filière sont péjoratives. Les stratégies élaborées par les ruraux face à ces institutions traduisent la défiance.

Le hiatus entre le légal et le légitime fait que certaines dispositions «légales» en termes d'exclusion ne sont plus considérées comme légitimes aux yeux des paysans (Canavésio, 2009). Fut-ce avec une légalité légitimée, les prérogatives offertes aux VOI ne permettent pas d'assumer effectivement les obligations y afférentes (contrôles entre autres). Les VOI ne rassemblent guère de légitimité au niveau de la population rurale. Cette nouvelle institution est ressentie comme parachutée par les institutions contemporaines (l'État notamment) si bien que les mesures prises par ces institutions n'ont presque toujours aucune force contraignante ni coercitive (sanctions face aux infractions relevées non appliquées, démotivation individuelle dans le cadre associatif, etc.), même dans des considérations et représentations rurales légitimes.

Tout ceci entraîne une désorganisation de ce nouveau système d'organisation social introduit par les principes de gouvernance contemporains, et un déséquilibre dans les rapports d'exercice de pouvoir social.

21.5. CONCLUSION

Sur fond de pauvreté, de méfiance devenue traditionnelle et d'inconséquence des politiques agricoles, les institutions sociales traditionnelles restent largement plus efficaces que des comportements de marché ou que les institutions imposées de gouvernance publique. Quelles que soient les conditions, les individus insérés dans ces institutions « communautaires » traditionnelles semblent assurés de la justesse de leurs relations d'échange même si ces institutions semblent bousculées par les innovations institutionnelles.

Une première perspective de solution serait ainsi de produire des structures à même de garantir ce type de besoin : permettre l'existence de structures au moins aptes à fournir des garanties sur les risques et sur la justice/justesse des échanges.

En soi, ce ne sont pas spécifiquement les politiques qui sont inadéquates, c'est surtout leur ineffectivité et les arrangements locaux qui produisent des effets dits pervers.

Il conviendrait donc de veiller à ce que les structures de gouvernance et de contrôle des ressources forestières soient plus efficientes, ce qui favoriserait des stratégies locales plus « productives ».

Enfin, dans une perspective de production pérenne, il apparaît que les facteurs de production relatifs à l'approvisionnement et aux débouchés sont prépondérants. Assurer des circuits stables et réguliers aptes à assurer les besoins dans ces deux segments serait un premier pas (de géant) dans la durabilité de la filière séricole dans les régions concernées. C'est à ce niveau que le marché international pourrait fournir quelques expérimentations contrôlées stimulantes. Par contre, dans une perspective d'appui à la filière, certains acteurs seraient sans doute à écarter (les intermédiaires comme les boutiques de luxe notamment) dans la mesure où ils amputent grandement les capacités des paysans en termes technologiques. La distribution et l'équité de marges bénéficiaires ramenées proportionnellement et équitablement aux processus de production ne laissent pas beaucoup de marges aux capacités en innovations technologiques au niveau des acteurs ruraux.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la CUD pour le support financier qui a permis la réalisation de tout ce travail de recherche ; ainsi que toute l'équipe du projet GeVaBo pour tous leurs apports et soutiens. Des remerciements particuliers sont également adressés aux habitants des villages étudiés pour leur disponibilité et leur accueil chaleureux.

21.6. BIBLIOGRAPHIE

- Bonte P. & Izard M., 2002. *Dictionnaire de l'ethnologie et de l'anthropologie*. Paris : PUF.
- Canavésio R., 2009. *Institutionnalisation de la protection environnementale et développement de l'artisanat minier dans les espaces sensibles de Madagascar*. Études Caribéennes, <http://etudescaribéennes.revues.org/3622> (20.11.2011).
- CITE et al., 2007. *Collecte d'informations sur la filière soie dans le cadre de l'appui à la gestion des informations économiques pour le VMSL – Rapport final d'études*. Antananarivo : Programme SAHA – Coordination Imerina.

- CITE et al., 2009. *Étude nationale de la filière soie ; Régions Analamanga, Ambalavao, Amoron'i Mania, Vakinankaratra, Itasy*. Antananarivo : Programme de Développement Rural (SAHA) Suisse-Madagascar.
- Duteurtre G., Koussou M.O. & Leteul H., 2000. *Une méthode d'analyse des filières*. N'Djamena : CIRAD/LRVZ/DPPASA.
- Gannon F. & Sandron F., 2008. Échange, réciprocité et innovation dans une communauté paysanne. Une lecture conventionniste. *Écon. rurale*, **292**, 50-67.
- Gerefifi G., Korzeniewicz M. & Korzeniewicz R.P., 1994. Introduction: Global Commodity Chains. In: Gerefifi G. & Korzeniewicz M. (eds). *Commodity Chains and Global Capitalism*. Westport, USA: Greenwood Publishing Group, Inc.
- Gondard-Delcroix R. & 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. <http://developpementdurable.revues.org/1143> (09.01.2010).
- Graeber D., 1995. Dancing with corpses reconsidered: an interpretation of famadihana (in Arivonimamo Madagascar). *Am. Ethnol.*, **22**(2), 258-278.
- Hopkins T. & Wallerstein Z., 1994. Commodity Chains: Construct and Research. In: Gerefifi G. & Korzeniewicz M. (eds). *Commodity Chains and Global Capitalism*. Westport, USA: Greenwood Publishing Group, Inc.
- Malinowski B., 1968. *Trois essais sur la vie sociale des primitifs*. Paris : Payot & Rivages. Coll. Petite Bibliothèque Payot.
- Olivier de Sardan J.P., 1995. *Anthropologie et développement. Essai en socio-anthropologie du changement social*. Paris : Karthala.
- Olivier De Sardan J.P., 2008. *La rigueur du qualitatif, Les contraintes empiriques de l'interprétation socio-anthropologique*. Louvain-La-Neuve, Belgique : Academia – Bruylant.
- Rakotoalison M. et al., 2000. *Le landibe Borocera du tapia Arivonimamo II, évolution historique de la filière landibe : la commercialisation et la stratégie de relance de l'élevage à partir des deux VOI gelose « santatra et Meva » de Kianjanarivo et d'Antsamananjahazo*. Arivonimamo : FDP/SR/C.
- REDD-FORECA, 2009. *Forêts engagées comme Réservoirs de Carbone à Madagascar*. Document de synthèse. Berne, Suisse : Direction du Développement et de la Coopération ; Eschborn, Allemagne : Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.
- Serre-Ratsimandisa G., 1978. Théorie et pratique du «fokonolona» moderne à Madagascar. *Rev. Can. Étud. Afr.*, **12**(1), 37-58.
- SISEM, 1984. *Étude sur le développement de la soie : évaluation des opérations des fermes d'état d'Ihadilana et de Sakay-Ampefy*. Antananarivo : Ministère de la Production Animale (Élevage et Pêche) et des Eaux et Forêts.
- Thierry B. et al., 2008. *Potentialités de la filière soie sur la région d'Itasy. Étude de cas programme pays Madagascar*. Antananarivo : Programme de soutien aux pôles de micro-entreprises rurales et aux économies régionales (PROSPERER), Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche.
- Trefon T. & Cogels S., 2007. *Espaces périurbains d'Afrique centrale et gouvernance environnementale*. Bruxelles : Université Libre de Bruxelles.
- Willame J.C., 1994. *Gouvernance et pouvoir. Essai sur trois trajectoires africaines : Madagascar, Somalie, Zaïre*. Bruxelles : Institut Africain-CEDAF ; Paris : L'Harmattan.

