

METHODOLOGIES POUR LE SUIVI ECOLOGIQUE BASE SUR LES EXPERIENCES DU CONTROLE DES GOYAVIERS (*PSIDIUM CATTLEIANUM*) DANS LA RESERVE NATURELLE INTEGRALE DE BETAMPONA (MADAGASCAR)

K.L.M. Freeman¹

Madagascar Fauna Group, Helensfield Cottage, Balquhidder Station, Lochearnhead, Perthshire, FK19 8NX, UK. karenlmfreeman@hotmail.com,

L.D. Randriatavy

MFG, Morafeno, Toamasina 501,

V. Rakotoarimanana

DBEV, Université d'Antananarivo

E. Roger

DBEV, Université d'Antananarivo

Résumé : Les espèces envahissantes se sont levées pour devenir une principale cause des extinctions animales et de plantes dans le monde entier. Les dégâts écologiques que les espèces envahissantes peuvent causer dans une forêt déjà réduite en fragments peuvent mener à sa perte complète. Le travail de Madagascar Fauna Group (MFG) dans la Reserve Naturelle Intégrale de Betampona, un des vestiges intacts de forêt dense humide de basse altitude qui restent à Madagascar, a constaté que le goyavier (*Psidium cattleianum*), qui est fortement envahissant, s'était installé le long du bord de la forêt sud. La recherche précédente a indiqué qu'environ 16% de Betampona avaient été déjà envahis par le goyavier, démontré fortement néfaste pour la structure normale de la forêt en empêchant la régénération naturelle. L'IUCN recommande que l'action rapide soit prise pour enlever la menace par les espèces envahissantes et, autant que possible, par l'extirpation totale. Il a conseillé également que le développement d'un programme soigneusement planifié de gestion et contrôle soit mis en place. Les premières épreuves de recherche effectuées à Madagascar pour évaluer la méthode la plus efficace et le moins destructif pour l'environnement pour contrôler le goyavier dans un habitat de forêt dense humide seront lancées durant ce projet. Les résultats seront utilisés par Madagascar National Parks (MNP), l'autorité du gouvernement qui gère Betampona, pour formuler un plan de gestion de conservation pour la Reserve. Nous espérons que les résultats de ces investigations pourraient être applicables plus largement dans les écosystèmes tropicaux de Madagascar pour contrôler cette menace pour la biodiversité. Dans cet article les méthodologies d'évaluation environnementale pour les techniques de contrôle de goyavier sont présentées.

Mots clés: Plantes envahissantes, évaluation environnementale, *Psidium cattleianum*, forêt dense humide, Betampona, Madagascar.

INTRODUCTION

Les espèces envahissantes sont reconnues comme une des plus grandes menaces aux écosystèmes sauvages dans le monde aujourd'hui (Clout & Veitch, 2002; Versfeld & van Wilgen 1986). Les forêts denses humides de Madagascar ne font pas exception pour cette menace (Rauh, 1995 et 1998) mais jusqu'à présent très peu de recherche était effectué pour trouver des méthodes de contrôle efficaces qui sont appropriées pour l'application locale (Binggeli, 2003). Ce projet a comme but de répondre au besoin urgent de la recherche d'efficacité, de praticabilité et des impacts environnementaux de quatre méthodes de contrôle du goyavier (*Psidium cattleianum*) dans une Reserve très importante en terme d'habitat menacé et de biodiversité.

La Reserve Naturelle Intégrale (RNI) de Betampona, située à 40 km au Nord-est de Tamatave, était la première aire protégée créée à Madagascar en 1927. Elle a une superficie de 2,228 ha et est constituée par une forêt dense humide sempervirente de basse altitude dans laquelle la richesse en faune et flore est très importante. Côté flore, la RNI Betampona est reconnue comme un des sites les plus

importants à Madagascar avec 244 espèces recensées jusqu'à maintenant incluant 13 espèces connues seulement de cette Réserve (Birkinshaw, 2002, Schatz et al. 2000). La réserve de Betampona est aussi reconnue pour sa richesse en amphibiens (78 espèces incluant 24 nouvelles non encore décrites) et pour les primates (11 espèces de lemuriens avec 4 espèces menacées).

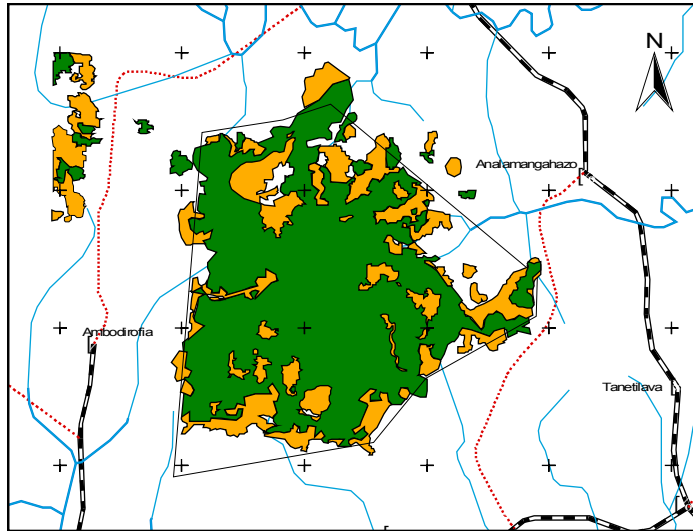
Actuellement, une invasion remarquable des plantes envahissantes dans la forêt perturbe l'habitat et les espèces autochtones (Ratovomanana, 2006). Ces espèces envahissantes augmentent en nombre et en surface recouverte, diminuant ainsi la couverture de la forêt primaire. Depuis sa création en 1927 jusqu'en 2000, la RNI de Betampona a perdu au total 28,48% de sa surface forestière primaire laissant en place des espèces exotiques envahissantes (Ratovomanana, 2006) (carte 1). Les analyses ont indiqué que les « savoka » de quelques espèces des plantes envahissantes forment un habitat pseudo-climacique: c'est-à-dire une fois installées, elles vont persister sans jamais retourner en forêt primaire sans intervention. Si la perte de forêt primaire continue à ce rythme (Ratovomanana, 2006), il n'y aura plus de forêt primaire à Betampona après 12 ans. Parmi les 14 espèces de plantes envahissantes déjà recensées dans la RNI de Betampona, les agents de Conservation MFG, Agents de MNP et les chercheurs ont identifié quelques espèces qui posent des problèmes plus sérieux pour la stabilité de l'habitat de Betampona : le goyavier (*Psidium cattleianum*), gingembre sauvage (*Aframomum angustifolium*) et *Rubus mollucanus*. Chaque espèce justifie une étude spécifique pour élucider les effets de sa présence, les méthodes de contrôle et les effets de contrôle.

Dans le Plan de Gestion de la Conservation de la RNI de Betampona (PGC_BTP) Madagascar National Parks (MNP) a mentionné spécifiquement cette menace posée par le goyavier (*Psidium cattleianum*). Le goyavier pose un risque encore plus grave que les autres espèces envahissantes parce que c'est le plus difficile à enlever grâce à sa solidité (plante ligneuse), sa densité d'occurrence, son aptitude à se régénérer après coupe (coppicing) et parce-que c'est la seule espèce envahissante présente à Betampona à ce moment qui peut pénétrer même dans une canopée complète (les autres ont besoin d'un espace créé par un arbre tombé, dégâts cycloniques ou les actions anthropiques pour s'installer). Les goyaviers se reproduisent au détriment de la régénération des espèces autochtones et finalement détruisent la composition naturelle et la structure de la forêt originelle (Ratovomanana, 2006).

Le goyavier pose un problème partout dans le monde où il se trouve autour de son habitat naturel (Hawaii, Australie, Nouvelle Zélande, Afrique, Sud-est Etats-Unis Ile Maurice, La Réunion, Seychelles, Azores, Micronésie, Macronésie, Polynésie). Il est largement dispersé dans les régions tropicales (Ellshoff et al. 1995), et est considéré comme la plante envahissante la plus sévère dans l'Océan Indien (MacDonald et al. 1991) et dans le Pacifique (Meyer, 2000). D'ailleurs il a été déjà identifié comme une menace significative à Madagascar (Binggeli, 2003).

En vue de la position de Madagascar Fauna Groupe comme partenaire de MNP en recherche et conservation à Betampona, une recherche qui répond directement à ce problème sera effectuée. Une étude sur les techniques potentielles de contrôle du goyavier et leurs impacts sera commencée en vue de fournir des informations nécessaires au contrôle complet à Betampona. MFG et GRENE, Université de Toamasina, ont déjà effectué une étude de base sur l'arrachage du goyavier dans la Zone de Protection (0 à 100m à l'extérieur de la Réserve) de la RNI de Betampona (Andrianandraina, 2007). L'étude a fourni des résultats intéressants et utiles mais l'étendue n'était pas suffisante pour élucider un plan de gestion compréhensif pour le contrôle du goyavier à Betampona. Maintenant l'étude de 4 ans sous forme de recherche doctorale, sous la supervision de Dr Roger Edmond et Pr Vonjison Rakotoarimanana, DBEV, Université d'Antananarivo, est programmée pour mieux comprendre les avantages et désavantages des traitements différents et les effets à plus long terme de ce contrôle. En plus, l'écologie et la structure de la forêt sont très différentes entre ce qu'on trouve dans la Réserve-même et ce qui est dans la Zone de Protection, alors pour bien comprendre les impacts de ce contrôle, il faut effectuer les essais à l'intérieur de la Réserve-même.

Carte 1 : La perte de la forêt primaire à Betampona d'après Ratovomanana, 2006. Les superficies en jaune à l'intérieur de la Reserve correspondent, en général, aux distributions des plantes envahissantes



Echelle :
0 4km

En ce moment il n'y a pas de méthode de contrôle biologique bien accepté dans le monde pour le goyavier. Il y a des expériences courantes avec *Tectococcus ovatus*, un invertébré Brésilien, à Hawaii mais pour le moment l'efficacité et la sécurité biologique sont inconnues. Il y a des herbicides qui peuvent répondre aux besoins pour le contrôle du goyavier mais les effets environnementaux dans le sol et l'eau de Madagascar sont aussi inconnus. Des essais d'herbicide courant seront réalisées sur le goyavier dans la Station Forestière d'Ivoloina et non pas dans la RNI de Betampona où il y a trop des espèces menacées qui peuvent être affectées d'une façon négative. La topologie et occurrence des espèces de flore gravement menacée à Betampona ne permettent pas l'utilisation des machines pour l'arrachage du goyavier : les seules solutions de contrôle viable à ce moment sont les traitements à la main.

1. Methodologie

- Etude de l'origine des espèces envahissantes dans la RNI de Betampona : une étude bibliographique et des enquêtes des villageois autour de la Reserve sont nécessaires pour connaître l'historique du milieu, études écologiques, biologiques, et édaphiques, consultation des sites web.
- Cartographie de l'évolution spatiotemporelle des espèces envahissantes dans la Réserve Naturelle Intégrale de Betampona : Utilisation des données cartographiques et des images satellitaires.

Utilisation des informations SIG comme NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) ou EVI (Enhanced Vegetation Index) pour élaborer une carte très précise de la distribution du goyavier dans et autour de la RNI de Betampona.

- Montage de parcelles permanentes de suivi. La dimension est de 30m x 30m pour chaque parcelle. Ceci qui correspond avec l'unité de base des images satellitaires pour faciliter le suivi par SIG. La limite de chaque parcelle est marquée avec des « flags » biodégradables, entourée par une corde nylon et avec des poteaux permanents aux coins, les coins ont été enregistrés par GPS. Les parcelles sont situées dans la forêt secondaire entre 0-1km à côté de la Piste Principale de Betampona et dans la région de Borne 12 dans le sud-ouest de la Reserve. Elles ont été choisies avec la même élévation, orientation, pente, type de sol et densité du goyavier dans la mesure du possible et elles ont été placées à une distance d'au moins 10 m entre elles et de 10m des pistes). Les 15 parcelles ont été assignées par hasard à cinq traitements :
 - 3 x Témoin (pas de traitement)
 - 3 x Arrachage seulement
 - 3 x Arrachage et restauration forestière avec des arbres autochtones
 - 3 x Ecorçage des troncs
 - 3 x Enlèvement des tiges et rameaux

1.1. Méthodologie de Suivi Ecologique

Avant de commencer les traitements, les mesures de base seront prises dans chaque parcelle pendant une période de cinq mois. Après avoir effectué les différents traitements, les suivis des différents paramètres seront repris pendant une période de 2 ans :

- Température ambiante journalière (max-min thermomètre placé au milieu de chaque plot sous un petit abri de protection)
- Température du sol chaque après- midi
- Humidité journalière (hygromètre placé au milieu de chaque plot)
- Analyse du sol : pH, NPK, conductivité, infiltration, stabilité des agrégations, textures et pourcentage de matières organiques. 500g du sol seront collectés dans chaque plot, et enfermés dans un sachet plastique pour analyse au laboratoire de MFG, Parc Ivoloïna.
- Une ligne diagonale sera marquée par une corde en permanence et l'épaisseur du sol. La litière sera mesurée chaque 2m (les pointes de mesure seront marquées par un flag). En plus une étude structurelle de l'horizon du sol sera effectué chaque 10m). Les deux ont été faits juste avant le moment des traitements et tous les 3 mois pour les diagonales et tous 6 mois pour les horizons.
- Etude de la végétation : La méthode de plateau (Braun-Blanquet, 1964) a été choisie car elle permet de faire l'étude dans une surface donnée (ici 30m x 30m) d'une espèce clé (associations végétales, densité de l'espèce, structure de la forêt). Pour faciliter l'analyse, les plots seront subdivisés en placette de 5m x 5m avec des cordes mais d'une façon temporaire. L'étude sera effectuée une fois au départ avant et chaque année après les traitements.
- L'étude du taux de régénération (du goyavier, les autres plantes envahissantes et aussi les plantes autochtones) sera menée tous les 6 mois après les traitements : l'étude de régénération selon les méthodes de Rothe, (1964) sera utilisée afin de connaître les capacités de régénération dans les plots de 10m x 10m au milieu du grand plateau.
- Etude phénologique : 10 individus semenciers du goyavier dans chaque plot -témoin seront marqués avec du flag et chaque mois l'état phénologique (floraison, fructification et végétatif) sera noté. La quantité des fruits produit par chaque individu sera notée.

- Inventaire de la faune : 3 lignes de 5 pièges « pitfall » distant de 5 mètres entr'elle seront placées dans chaque plot (au milieu) sous une barrière en plastique entre les pièges (Figure 1). Les « pitfalls » sont des seaux de diamètre 25cm et de profondeur 35cm, troués pour faciliter la sortie de l'eau afin d'éviter le risque de mortalité des animaux durant les grandes pluies. Durant l'utilisation, les pièges seront vérifiés toutes les trois heures pour diminuer le risque d'accident pour les animaux. Quand ils ne sont pas en usage, les pièges seront « fermés » par remplissage avec des terres ou des roches afin d'éviter la capture des animaux accidentellement. Les animaux capturés seront enregistrés (heure, plot, espèce et numéro de « pitfall ») et photographiés puis relâchés. Les pièges seront ouverts pendant 2 jours et 2 nuits consécutifs chaque mois. Pour faciliter la vérification d'une façon rapide, les pitfalls seront ouverts sur trois vagues (5 plots par vague).

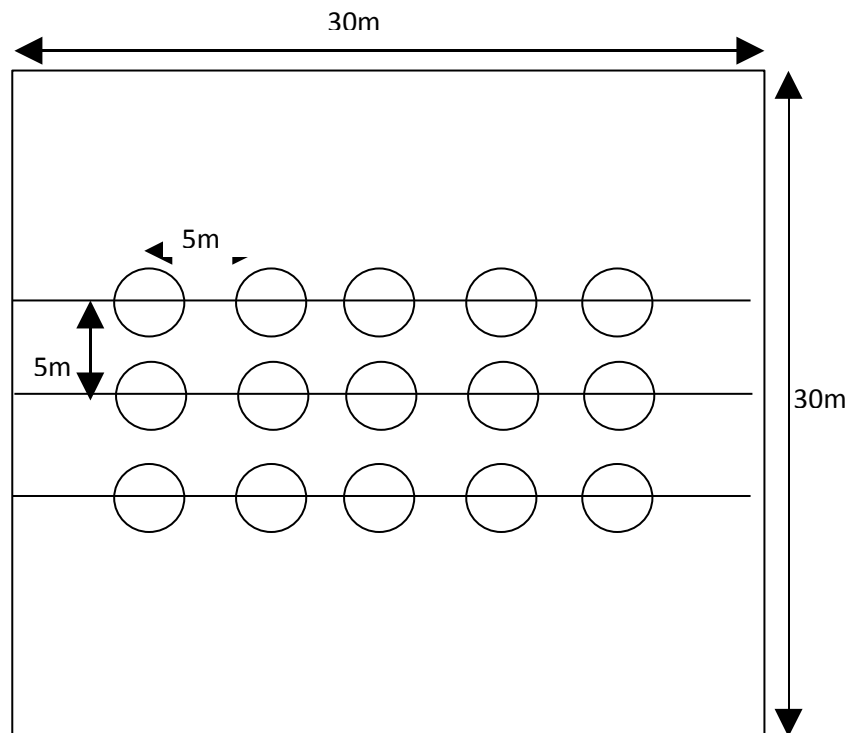


Figure 1 : Diagramme des « pitfalls » et barrières plastique dans chaque plot.

- De plus, il y aura un piégeage lumineux installé une fois pour une nuit, dans chaque plot pendant les cinq mois avant traitements et tous les six mois pour voir la composition des invertébrés présents (ils seront photographiés, comptés et identifiés jusqu'au niveau de la famille si possible). Des recherches exhaustives une fois par mois dans les quadrats de 10m x 10m au milieu des placeaux seront effectuées pour noter toute la faune nocturne et/ou diurne rencontrée (1 heure pour chaque recherche, de 8h à 10h le jour et de 20h à 24h la nuit et on ne les fait pas durant la période de piégeage par les « pitfalls » pour éviter le dérangement des animaux). En fait, Il y a une alternance : un mois, les recherches seront faites pendant la journée et le mois après elles seront effectuées pendant la nuit. Un appareil photo automatique sera installé dans les plots pour enregistrer les animaux qui passent.
- Enregistrement photographique : un poteau sera installé dans chaque plot pour indiquer « la pointe photographique » et la position de enregistrée par GPS. L'appareil photographique sera attaché sur ce poteau (à 1m de hauteur du sol) et quatre photos seront prises (E, W, S, N). Des photos seront prises avant, durant et tous les 3 mois après les traitements.

1.2. Méthodologie d'Etude Socio-économique

- a. L'analyse des coûts des différents traitements, les besoins en main d'œuvre, les difficultés et le temps nécessaire pour le travail seront notés en détail.
- b. Des enquêtes par questionnaire dans les villages autour de la Reserve ont été effectuées pour avoir les connaissances sur les plantes envahissantes (surtout le goyavier), l'écologie et l'impact sur l'environnement, l'utilisation et importance du goyavier et leurs réactions par rapport au projet de contrôle.
- c. Enquêtes avant et après les séances de sensibilisation sur les buts écologiques du projet et l'explication de la coupe des goyaviers dans la RNI sous l'autorisation du Ministère pour évaluer la compréhension des messages.

1.3. Méthodologie de Traitements

a. Témoin

Pas de traitement.

b. Arrachage dans les plots

Après la période de recherche de base sur les plots, 3 parmi les 15 plots seront arrachés à la main par les équipes de main d'œuvre engagée dans les villages riverains. C'est évident que MFG et MNP doivent faire attention dans la sélection des personnels pour éviter les risques des infractions dans la RNI par les équipes et doivent faire de sensibilisation avant de commencer pour assurer que les populations rurales, les Chefs Fokontany, Tangalamena et les Maires soient au courant du projet d'arrachage, les buts de ce projet et l'existence d'autorisation pour l'effectuer. La création du travail dans les villages autour de la RNI sera un grand avantage de ce projet. L'arrachage sera fait le plus vite que possible (2 mois au maximum) et, à la fois, avec le maximum d'attention pour éviter l'arrachage ou bavures accidentelles des plantes autochtones et pour faire le minimum de dégâts. L'arrachage sera fait à la main avec les bêches, scies et à l'aide des « tire au fort ». Les racines seront enlevées. Les semis du goyavier seront aussi enlevés. Les troncs du goyavier enlevés seront placés autour du plot (mais pas directement sur les bordures) en ligne contre la pente pour diminuer l'érosion du sol et pour fournir des places de refuge pour les invertébrés et petits animaux. Au cas où les lianes sont intégrées dans la canopée du goyavier, la partie supérieure de ce dernier doit être coupée et laissée en place (sans tronc) afin de minimiser la perturbation de la canopée.

c. Arrachage et reboisement dans les plots

Après la période de recherche de base sur les plots, 3 parmi les 15 plots seront arrachés de la même manière décrite précédemment. Mais le traitement sera suivi directement par la plantation d'un mélange des espèces autochtones: au niveau de la parcelle, les espèces autochtones déjà existantes seront identifiées, et le pourcentage par catégorie sera déterminé. En effet, la parcelle doit contenir 40% des espèces pionnières avec une durée de vie courte (Catégorie 1), 30% des espèces avec une croissance assez rapide (Catégorie 2), et 30% des espèces avec croissance plus lente et une durée de vie très longue (Catégorie 3). Les jeunes plants seront fournis par les pépinières de MFG dans la périphérie de la RNI de Betampona. Des suivis seront effectués après plantation et les plantes mortes seront remplacées.

d. Ecorçage dans les plots

Après la période de recherche de base dans 3 parmi les 15 plots, une section d'écorce de longueur de 30cm, et à 30cm du sol sur les troncs du goyavier, une section sera enlevée. Les plantules et les plantes du goyavier dont le DBH inférieure à 1,5cm seront arrachées.

e. Coupe partielle des plots

Après la période de recherche de base dans 3 parmi les 15 plots, les équipes de main d'œuvre vont enlever tous les tiges et rameaux de chaque tronc du goyavier de DBH supérieur à 1.5cm. Les plantules et les plantes du goyavier dont le DBH inférieure à 1.5cm seront arrachées. Au cas où les lianes sont intégrées dans la canopée du goyavier, la partie supérieure de ce dernier devra être coupée et laissée en place (sans tronc) afin de minimiser la perturbation de la canopée. Tous les 4 mois, les bourgeons du goyavier traités seront décapités.

f. Vagues de désherbage ultérieur

Pour tous les plots sauf les témoins, les mêmes équipes vont répéter le processus de désherbage des semis du goyavier tous les 6 mois. Les coûts de main d'œuvre et le nombre des semis seront respectivement enregistrés pour chaque plot (l'étude de régénération doit être effectuée avant les vagues de désherbage ultérieur).

Note :

Afin de minimiser les impacts négatifs sur les espèces menacées, il a été convenu que pour les 6 plots programmés pour l'arrachage dans les 2 semaines qui précèdent le traitement des recherches intensives, de transférer chaque nuit les *Paroedura* spp. et *Uroplatus* spp. et les recherches diurnes afin de transférer tous les *Phelsuma madagascariensis* trouvées. Les animaux seront placés dans l'habitat similaire à l'extérieur du plot à une distance de 30m minimum (si possible dans les endroits avec la même élévation et orientation). Il est évident que les *Paroedura* spp. se cachent dans les racines des goyaviers pendant la journée et les endroits pour les plots sont vraiment placés au milieu de la distribution la plus dense pour ces espèces menacées.

2. Résultats attendus

- Premier évaluation scientifique des avantages et désavantages des méthodologies de contrôle du goyavier divers pour Madagascar.
- Elaboration d'un système de gestion du goyavier pratique et efficace.
- Production d'un manuel d'instruction de contrôle pour les gestionnaires (MNP) et chercheurs futurs.
- Continuité des travaux déjà existants (des plots montés) et suivi de la propagation de ces espèces.
- Taux de recouvrement et carte de surfaces occupées par les espèces envahissantes.
- Carte de l'évolution spatio-temporelle des espèces envahissantes (T_0, T_1, \dots).
- Etude approfondie sur la biologie du goyavier.
- Estimation des coûts et temps nécessaire pour une éradication complète du goyavier à Betampona.
- Estimation de la perte de la production fruitière potentielle d'une éradication complète du goyavier à Betampona.
- Publication des articles pour partager les résultats avec la communauté scientifique et les gestionnaires des aires protégées.

BIBLIOGRAPHIE

- Andrianandraina, A.B. 2007. *Etude sur l'arrachage de Psidium cattleianum dans la Zone de Protection de la Réserve Naturelle Intégrale de Betampona*. Thèse DESS, GRENE, Université de Toamasina, Madagascar.
- Binggeli, P. 2003. *Introduced and invasive plants*. In: The Natural History of Madagascar. S. M. Goodman and J. P. Benstead (eds.), pp 257-268. The University of Chicago Press, Chicago.
- Birkinshaw, C. 2002. *Priority Areas for Plant Conservation: Betampona RNI*. Ravintsara 1: 20-23.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*. 3. Aufl. Springer, Wien-New York, XIV pp 845.
- Clout, M. N., Veitch, C.R. 2002. *Turning the tide of biological invasions: the potential for eradicating invasive species*. In: Turing the Tide: The Eradication of Invasive Species. Occasional Paper of IUCN Species Survival Commission No.27. Veitch, C.R. and Clout, M.N. (eds.): 1-3.
- Ellshoff, Z. E., Gardner, D. E., Wikler, C., Smith, C. W. 1995. *Annotated bibliography of the genus Psidium, with emphasis on P. cattleianum (strawberry guava) and P. guajava (common guava), forest weeds in Hawai'i*. Honolulu (HI): Cooperative National Park Resources Studies Unit, University of Hawaii at Manoa, Department of Botany. pp 5 PCSU Technical Report 95.
- MacDonald, I. A. W., Thébaud, C., Strahm, W. A., Strasberg, D. 1991. *Effects of alien plant invasions on native vegetation remnant on La Réunion (Mascarene Islands, Indian Ocean)*. Environmental Conservation 18: 51-61.
- Meyer, J. Y. 2000. *Preliminary review of the invasive plants in the Pacific Islands (SPREP Member Countries)*. In G. Sherley (ed.) *Invasive Species in the Pacific: a technical review and draft regional strategy*. pp 85-114. Samoa: South Pacific Regional Environmental Programme.
- Ratovomanana, Y. R. 2006. *Etude écologique des espèces exotiques envahissantes dans la RNI No 1 de Betampona dans le Faritany de Toamasina*. Mémoire DEA, Département d'Ecologie Végétale, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Rauh, W. 1995. *Succulent and xerophytic plants of Madagascar. Vol 1*. Mill Valley, Calif.: Strawberry Press.
- Rauh, W. 1998. *Succulent and xerophytic plants of Madagascar. Vol 2*. Mill Valley, Calif.: Strawberry Press.
- Rothe, P. L. 1964. *Régénération naturelle en forêt tropicale. Le Dipterocarpus dreysi (Dau) sur le versant Cambodgien du golfe de Siam, Bois et Forêt des tropicales, N°94*. pp 15-22.
- Schatz, G. E., Birkinshaw, C., Lowry P. P., Randriantafika, F., Ratovoson, F. 2000. *The endemic plant families of Madagascar project: Integrating taxonomy and conservation*. In: *Diversity and Endemism in Madagascar*. W. R. Lourenço and S. M. Goodman (eds.), pp. 11-24. Mémoires de la Société de Biogéographie, Paris.
- Versfeld, D. B., van Wilgen, B. W. 1986. *Impact of woody aliens on ecosystem properties*. In: The ecology and management of biological invasions in Southern Africa. I. A. W. MacDonald, F. J. Kruger, A. A. Ferrar (eds.), pp 239-246. Cape Town, South Africa: Oxford University Press.