

RÔLE DE LA BIODIVERSITÉ DES VERGERS DE MANGUIERS DANS LA MISE AU POINT DE LEUR PROTECTION AGROÉCOLOGIQUE À LA RÉUNION

THE ROLE OF BIODIVERSITY OF MANGO AGROECOSYSTEM TO ENSURE THEIR AGROECOLOGICAL PROTECTION ON REUNION ISLAND

par **Maxime JACQUOT**

RÉSUMÉ

La compréhension des facteurs exerçant une influence sur la biodiversité et la régulation naturelle des bioagresseurs est nécessaire pour le développement d'une protection agroécologique des cultures. Notre étude a porté sur les vergers de manguiers à La Réunion avec une démarche systémique. Nos résultats ont révélé l'existence d'interactions complexes au sein de leurs communautés. Par ailleurs, nous avons montré les effets de fourmis envahissantes et de la diversité d'ennemis naturels sur les services de parasitisme et de prédation. Enfin, une caractéristique du paysage a été décelé comme affectant l'abondance d'une espèce d'insecte nuisible. Ces résultats nous permettent de proposer des leviers d'action pour la protection agroécologique des vergers de manguiers.

ABSTRACT

In agroecosystems, the use of biodiversity for natural control of arthropod pests aims to propose an agroecological crop protection, as an alternative to current agrochemical protection. Our study focused on mango agroecosystems on Reunion Island, with the goal of understanding the factors that influence biodiversity and control of arthropod pests. This agroecosystem is characterized by a large diversity (797 arthropod species and 114 plant species) and our results highlight the positive bottom-up and top-down controls of biodiversity in communities. Furthermore, at ground level, a positive diversity cascade is observed: plant diversity promotes a greater herbivore diversity which in turn leads to greater parasitoids diversity. We also highlight the services provided by the dominant species of invasive ants in pest regulation. Two species provide a predation service, and one reduces the diversity of natural enemies of omnivores and appears to explain the negative relationship between omnivore diversity and predation. Finally, we highlight the positive effect of parasitoids diversity and predator diversity on, respectively, the abundance of Seychelles mealybugs and on predation in general. The only significant landscape effect measured in our work is the positive effect of the proportion of mango orchards on the abundance of South African citrus Thrips. These results allow us to identify levers for the agroecological protection of mango orchards on Reunion.

A Introduction

La gestion de la biodiversité et de ses services est aujourd'hui au centre de différentes formes d'agriculture durable : agriculture biologique, agroécologie ou encore intensification écologique de l'agriculture. Elle est également l'objet de pratiques spécifiques comme la gestion des habitats (Gurr et al. 2004). En effet, dans les agroécosystèmes, l'Homme bénéficie des services écosystémiques fournis par la biodiversité. L'estimation de

leurs valeurs montre qu'ils représentent au total 92 \$/ha/an, dont un service d'approvisionnement par la production alimentaire (54 \$/ha/an) et deux services de régulation : le contrôle biologique des organismes nuisibles (24 \$/ha/an) et la pollinisation (14 \$/ha/an) (Costanza et al. 1997). Cette estimation souligne notamment l'importance du service de contrôle biologique des organismes nuisibles dans les agroécosystèmes. Dans les communautés, les populations d'arthropodes nuisibles des cultures dépendraient ainsi de deux types de contrôles, par la diversité des plantes d'une part et par la diversité de leurs ennemis naturels ou auxiliaires d'autre part ; de surcroît, les pratiques agricoles et la structure du paysage sont connues pour exercer une influence à la fois sur ces organismes auxiliaires, les plantes ainsi que directement sur les organismes nuisibles ou ravageurs (Rusch et al. 2010). C'est pourquoi, les principes d'une protection agroécologique des cultures ont été récemment proposés, appliqués et validés (Deguine et al., 2008 et 2016).

A La Réunion, la gestion des insectes nuisibles aux manguiers était encore récemment dans une impasse, en particulier pendant la période de floraison des arbres fruitiers. La lutte chimique, à base de lambda cyhalothrine, s'avérait en effet inefficace et, de surcroît, présentait un risque environnemental et sanitaire. Le développement d'une protection agroécologique des vergers de manguiers, basée notamment sur la conservation de la diversité des ennemis naturels et de leurs services, était dans ces conditions, un enjeu déterminant pour cette production fruitière, importante à La Réunion comme dans l'ensemble de la zone tropicale. Pour cela nos recherches ont été conduites dans trois domaines distincts : la description, la compréhension et l'interprétation du fonctionnement de l'agroécosystème considéré et finalement la gestion elle-même des vergers. Ces recherches avaient trois objectifs : (1) décrire l'agroécosystème au travers de l'étude des communautés d'arthropodes et de plantes, des pratiques agricoles et de la structure du paysage ; (2) comprendre son fonctionnement par identification des processus écologiques sous-jacents, d'un point de vue général et plus spécifiquement ceux assurant le service de régulation des insectes nuisibles ; et pour finir, (3) proposer des recommandations pour une gestion durable des populations de ravageurs.

Ces études ont été réalisées sur le réseau de vergers de manguiers du projet de recherche et développement Biophyto (CASDAR 2012-2014, biophyto.org). Il était constitué de dix couples de parcelles sur lesquelles étaient appliquées deux pratiques agricoles différentes : des pratiques agroécologiques (sans insecticides et avec couvertures végétales) d'une part, des pratiques agrochimiques (avec insecticides et avec peu de couvertures végétales) d'autre part. Pour répondre aux objectifs, la démarche scientifique s'est appuyée principalement sur une approche systémique, par l'étude simultanée de facteurs à différentes échelles : les communautés d'arthropodes et de plantes, les pratiques agricoles et la structure du paysage. Une fois par an en août (de 2012 à 2014), lorsque l'ensemble des parcelles suivies était en floraison, nous avons récolté les données sur une courte période à ces différentes échelles. Cette note de recherche présente les résultats scientifiques majeurs obtenus dans le cadre du projet Biophyto pour les trois aspects considérés.

B Communautés d'arthropodes et de plantes des vergers de manguiers

Les vergers de manguiers suivis révèlent au total la présence de 114 espèces de plantes et de 797 morphotypes d'arthropodes identifiés sur les 126 753 arthropodes collectés (Jacquot 2016). En comparaison, Pimentel et al. (1992) indiquent que des cultures annuelles tempérées ont une diversité d'arthropodes comprise entre 200 et 1000 espèces par hectare, en prenant en compte deux compartiments, le sol et le compartiment aérien. La description des communautés d'arthropodes en vergers de manguiers, limitée à deux strates du compartiment aérien (la surface du sol et la canopée des manguiers) pour une seule période de l'année, montre que la diversité y est élevée. Ce résultat est en partie imputable au soin particulier qui a été consacré aux déterminations taxonomiques, notamment dans des groupes systématiques peu étudiés comme celui des Hyménoptères parasitoïdes, (plus de 300 espèces identifiées). Cette partie descriptive a permis de souligner en outre l'importance des fourmis envahissantes, et a motivé l'étude de leurs impacts. Elle a été de plus l'objet de publications, tant sur la découverte de nouvelles espèces et familles d'araignées (Jacquot et al. 2016), que sur l'inventaire des espèces d'Hyménoptères parasitoïdes connues à La Réunion (Muru et al. 2017).

En outre, ces échantillonnages des communautés de plantes et d'arthropodes avaient pour objectifs de connaître non seulement leur composition taxonomique, mais aussi l'abondance et la diversité des espèces au sein de groupes trophiques d'arthropodes et de plantes, ayant par définition des fonctions similaires, qu'il s'agisse par exemple des herbivores, des détritivores et des prédateurs. Les relations entre ces groupes trophiques sont étudiées ci-après.

C *Fonctionnement écologique des vergers de manguiers*

3 Des interactions complexes existent entre les groupes d'arthropodes

Connaître les facteurs qui agissent sur la diversité au sein des vergers est un préalable indispensable pour pouvoir la favoriser par la suite. D'après la bibliographie, nous savons qu'elle peut être influencée tant par les caractéristiques du paysage aux alentours des parcelles, par les pratiques agricoles (dans notre cas : les plantes présentes dans les couvertures végétales comme les traitements insecticides), que par les interactions entre les différents groupes trophiques d'arthropodes et de plantes. Ces différents effets ont été étudiés, avec en particulier l'objectif de déterminer le sens des relations entre ces groupes trophiques. En effet, si les plantes, cultivées ou non, sont à la base des écosystèmes, elles sont non seulement sous la dépendance de consommateurs primaires (herbivores nuisibles ou non, détritivores), mais aussi de consommateurs secondaires (les prédateurs au sens large). Les relations entre ces différents groupes peuvent être soit ascendantes, allant d'un niveau inférieur au niveau supérieur, soit descendantes allant inversement d'un niveau supérieur à un niveau inférieur. Nos résultats montrent que la diversité des groupes d'arthropodes exerce simultanément des contrôles ascendants et descendants au sein d'une même communauté d'arthropodes. Ils divergent de l'opposition classique entre les systèmes dominés soit par des contrôles ascendants, soit par des contrôles descendants (Hairston et al. 1960, Oksanen et al. 1981). De plus, les résultats de nos analyses révèlent que ces relations entre groupes trophiques sont différentes à la surface du sol d'une part, et dans la canopée des manguiers d'autre part. Parmi les effets des pratiques agricoles et de la structure du paysage, seul l'effet de la diversité des plantes dans les enherbements est mis en évidence. Cette diversité végétale favorise la diversité des herbivores non nuisibles, qui eux-mêmes favorisent la diversité d'une catégorie particulière d'auxiliaires, les parasitoïdes.

2 Une espèce de fourmis envahissante perturbe la régulation assurée par un groupe d'auxiliaires

Les fourmis envahissantes, dont les espèces *Pheidole megacephala* et *Solenopsis geminata*, constituent une composante importante des communautés d'arthropodes dans les vergers de manguiers à La Réunion. Elles sont omnivores (Holway et al. 2002). L'objectif de cette étude était de quantifier l'influence de l'abondance des espèces de fourmis envahissantes dominantes sur le taux de prédation et sur la diversité respective de deux groupes d'auxiliaires (prédateurs et omnivores) d'une part, ainsi que la relation entre la diversité de ces deux groupes et le taux de prédation d'autre part. Pour cela en parallèle des échantillonnages d'arthropodes, nous avons réalisé une expérience dite « de proies sentinelles » dans deux strates des vergers (surface du sol et canopée des manguiers). A cet effet

Les résultats montrent que la prédation de ces « proies sentinelles » a principalement lieu à la surface du sol (Jacquot et al. 2017). Dans cette strate, *Pheidole megacephala* affecte le service de prédation assuré par la diversité des omnivores ; en effet, la fourmi réalise simultanément une prédation directe et une réduction de la diversité des omnivores. Il en résulte une interaction négative entre la diversité des omnivores et le service de prédation. En revanche, cette même espèce de fourmi envahissante n'a pas d'influence sur la diversité des prédateurs, dont la relation avec le taux de prédation est positive. Parallèlement, *Solenopsis geminata* exerce un service de prédation directe, sans affecter la diversité des deux groupes trophiques d'ennemis naturels considérés (omnivores et prédateurs). Ce rôle des fourmis envahissantes dans le service de prédation et dans

la réduction de la biodiversité est déjà connu ; cependant, à notre connaissance, c'est la première fois que l'influence négative des fourmis envahissantes sur le service de prédation fourni par un groupe d'auxiliaires est mise en évidence.

3 Des ennemis naturels et le paysage influencent l'abondance d'espèces de nuisibles

Un indicateur final de la régulation naturelle des insectes nuisibles est fourni par l'abondance de ces espèces. Nous avons étudié les effets de la diversité des ennemis naturels (parasitoïdes, prédateurs et omnivores), de la fréquence des traitements insecticides dans les vergers et de la structure du paysage sur l'abondance des insectes nuisibles aux inflorescences des manguiers. Les résultats montrent l'existence de deux effets significatifs seulement (Jacquot 2016). Premièrement, la diversité des parasitoïdes semble réduire l'abondance de la Cochenille des Seychelles. Ce résultat suggère l'importance des parasitoïdes dans le service de régulation naturelle des ravageurs dans notre agroécosystème. Deuxièmement, la proportion des vergers de manguiers dans le paysage semble favoriser l'abondance du Thrips Sud-Africain des agrumes. Or, dans la principale zone de production de mangues à La Réunion, la culture du manguiers est en expansion. Pendant la durée du projet Biophyto, nous avons observé la plantation et la replantation de nombreux vergers, qui représentent désormais la majorité des surfaces cultivées. A moyen terme, l'homogénéisation du paysage et la prépondérance des vergers de manguiers pourraient donc provoquer la pullulation des *Thrips* comme l'importance de leurs dégâts et, très probablement, favoriser le développement d'autres bioagresseurs en concentrant une même ressource dans l'espace (Root 1973). De plus, la simplification du paysage pourrait avoir des effets négatifs sur la diversité des auxiliaires, ce qui a été par ailleurs souvent observé (Bianchi et al. 2006, Chaplin-Kramer et al. 2011, Veres et al. 2013).

D Implications pour la gestion des vergers de manguiers

Nos résultats confirment la pertinence d'exploiter le service de régulation des bioagresseurs assuré par la diversité des auxiliaires en vergers de manguiers. Les trois groupes d'auxiliaires étudiés semblent fournir ce service : prédateurs, parasitoïdes et omnivores. Par ailleurs, les fourmis envahissantes *Pheidole megacephala* et *Solenopsis geminata* assurent un service de prédation dans les vergers. Cependant, compte tenu de leurs désavantages (réduction de la biodiversité, élevage de ravageurs pour leur propre consommation, etc.), nous déconseillons le développement et l'application de pratiques qui viseraient spécifiquement à les favoriser dans les vergers de manguiers. La diversité des plantes dans l'enherbement des vergers a été mise en évidence comme favorisant la diversité d'un groupe d'auxiliaires. Elle présente également l'avantage de pouvoir être mise en place à court terme par les exploitants. A moyen terme, une gestion concertée et collective par les agriculteurs d'une même zone de production pourrait en outre limiter l'homogénéisation du paysage provoquée par la quasi monoculture du manguiers. La diversification des cultures lors du renouvellement des vergers et l'introduction d'éléments semi-naturels (haies composites, bosquets, etc.) seraient des actions privilégiées pour cette gestion collective. Les résultats de ces recherches (thèse et projet Biophyto), les expérimentations techniques et les formations en agroécologie données aux agriculteurs ont déjà permis de réduire d'environ 40% la fréquence de traitements insecticides (IFT insecticides) dans les vergers entre 2012 et 2015 (Réseau DEPHY Mangue, Chambre d'Agriculture de La Réunion).

En conclusion notre étude souligne que le développement d'approches mécanistes et systémiques est nécessaire pour assurer la mise en place de pratiques qui exploitent la biodiversité pour la régulation des bioagresseurs. Ces approches devraient en particulier considérer les processus intervenant à de multiples échelles (des espèces aux paysages), ainsi que les interactions établies au sein des réseaux trophiques.

Références bibliographiques

- 1) Bianchi, F. J. J. A., C. J. H. Booij, and T. Tscharntke. 2006. – Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* 273:1715–1727.
- 2) Chaplin-Kramer, R., M. E. O'Rourke, E. J. Blitzer, and C. Kremen. 2011. – A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters* 14:922–932.
- 3) Costanza, R., R. Arge, R. De Groot, S. Farberk, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Suttonkk, and M. van den Belt. 1997. – The value of the world ' s ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253–260.
- 4) Deguine J.-P., Ferron P., et D. Russell, 2008. – Protection des cultures. De l'agrochimie à l'agroécologie.
- 5) Édit. QUAE, 187 p.
- 6) Deguine J.P., Gloanec C., Laurent P., Ratnadass A., Aubertot J.N., 2016. – Protection agroécologique des cultures. Édit. QUAE, coll. Savoir faire, 287 p.
- 7) Gurr, G. M., S. L. Scarratt, S. D. Wratten, L. Berndt, and N. Irvin. 2004. – Ecological engineering, habitat manipulation and pest management. Pages 1–12 *in* G. M. Gurr, S. D. Wratten, and M. A. Altieri, editors. *Ecological Engineering for Pest Management. Advances in Habitat Manipulation for Arthropods*. CSIRA Publishing, CABI Publishing.
- 8) Hairston, N. G., F. E. Smith, L. B. Slobodkin, T. A. Naturalist, and N. N. Dec. 1960. – Community Structure , Population Control, and Competition. *The American naturalist* 94:421–425.
- 9) Holway, D. a., L. Lach, A. V. Suarez, N. D. Tsutsui, and T. J. Case. 2002. – the Causes and Consequences of Ant Invasions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33:181–233.
- 10) Jacquot, M. 2016. Biodiversité de fonctionnement écologique des agrosystèmes à base de manguiers à La Réunion. Université de La Réunion, 146 p.
- 11) Jacquot, M., B. Derepas, and J.-P. Deguine. 2016. – Seven newly recorded species and families of spiders from Reunion Island (Malagasy region) (Araneae , Araneomorphae). *Bulletin de la Société entomologique de France* 121:421–430.
- 12) Jacquot, M., P. Tixier, O. Flores, D. Muru, F. Massol, B. Derepas, F. Chiroleu, and J.-P. Deguine. 2017. – Contrasting predation services of predator and omnivore diversity mediated by invasive ants in a tropical agroecosystem. *Basic and Applied Ecology* 18:31–39.
- 13) Muru, D., M. Madl, M. Jacquot, and J.-P. Deguine. 2017. A literature-based review of Hymenoptera Parasitica and Chrysoidea from Reunion Island. *ZooKeys* 652:55–128.
- 14) Oksanen, L., S. D. Fretwell, J. Arruda, and P. Niemela. 1981.– Exploitation Ecosystems in Gradients of Primary Productivity.
- 15) Root, R. B. 1973. – Organization of a Plant-Arthropod Association in Simple and Diverse Habitats : The Fauna of Collards (Brassica Oleracea). *Ecological Monographs* 43:95–124.
- 16) Rusch, A., M. Valantin-Morison, J. P. Sarthou, and J. Roger-Estrade. 2010. Biological control of insect pests in agroecosystems. Effects of crop management, farming systems, and seminatural habitats at the landscape scale: A review. Page *Advances in Agronomy*. Elsevier Ltd.
- 17) Veres, A., S. Petit, C. Conord, and C. Lavigne. 2013. – Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 166:110–117.