



HAL
open science

La protection agroécologique des vergers de manguiers à La Réunion

Jean-Philippe Deguine, M. Jacquot, B. Albon, J. Brun-Vitelli, R. Graindorge,
Philippe Laurent, M. Marquier, L. Vanhuffel, D. Vincenot, Jean-Noël
Aubertot

► To cite this version:

Jean-Philippe Deguine, M. Jacquot, B. Albon, J. Brun-Vitelli, R. Graindorge, et al.. La protection agroécologique des vergers de manguiers à La Réunion. *Innovations Agronomiques*, 2017, 55, pp.257-272. 10.15454/1.5137785874940083E12 . hal-01608074

HAL Id: hal-01608074

<https://hal.science/hal-01608074>

Submitted on 26 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

La protection agroécologique des vergers de manguiers à La Réunion

Deguine J.-P.¹, Jacquot M.¹, Albon B.², Brun-Vitelli J.¹, Graindorge R.³, Laurent P.⁴, Marquier M.², Vanhuffel L.⁵, Vincenot D.⁵, Aubertot J.-N.⁶

avec la collaboration de C. Gloanec, A. Allibert, J. Bouriga, J. Brun-Vitelli, F. Chiroleu, B. Derepas, A. Dijoux, G. Insa, K. Le Roux, E. Lucas, D. Muru, C. Schmitt, T. Schmitt, W. Suzanne et K. Técher

¹ Cirad, UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre

² FDGDON, 23 Rue Jules Thirel - Cour de l'Usine de Savanna, 97460 Saint Paul

³ ARMEFLHOR, 1 chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre

⁴ Université de La Réunion - IUT, 40 avenue de Soweto, BP 373, 97455 St Pierre

⁵ Chambre d'agriculture de La Réunion B.P. 134 – 97463 Saint-Denis Cedex

⁶ Inra, UMR AGIR 1248, BP 52627, 31326 Castanet-Tolosan Cedex

Correspondance : jean-philippe.deguine@cirad.fr

Résumé

Le projet Biophyto (2012-2014) a permis de mettre à l'épreuve du terrain les principes de la protection agroécologique des cultures sur des vergers de manguiers, en réunissant, dans une démarche construite collectivement et selon des étapes ordonnées dans le temps, de nombreux partenaires agricoles. Sur le plan agro-économique, on constate (I) que les agriculteurs impliqués dans le projet se sont appropriés les pratiques agroécologiques, (II) que les traitements insecticides et herbicides ont été fortement réduits, voir supprimés, (III) que l'indice de fréquence de traitement (IFT) est passé de 22,4 avant le projet à 0,3 après le projet et (IV) que les coûts de production ont été réduits de 35%, sans perte de production sauf sur des parcelles spécifiques. Des outils et connaissances ont été développés sur les évolutions écologiques liés au changement de pratique, notamment dans le domaine de la caractérisation de la biodiversité fonctionnelle. Le projet a également donné lieu à la production d'un grand nombre d'outils d'aide au transfert, notamment dans le domaine de la formation professionnelle. Après le projet Biophyto, le relais a été pris par les organismes agricoles chargés du transfert, qui ont été significativement accompagnés par les pouvoirs publics. Cette expérience agroécologique sur le mangouier a fait émerger des clés génériques pour la transition agroécologique.

Mots clés : agroécologie, biodiversité fonctionnelle, systèmes de culture, approche système, régulations biologiques, formation, valorisation commerciale, Recherche-Développement,

Abstract: Agroecological control of orchards in Reunion Island

Biophyto project (2012-2014) enabled a testing in the field of the agroecological crop protection principles, through a gathering of numerous agricultural partners, in a co-constructed and collective way and following timely ordered steps. From an agroeconomic perspective, we noticed that (I) the involved farmers adapted to the agroecological practices, (II) that insecticide and herbicide treatments were highly reduced or removed, (III) the treatment frequency index (TFI) went from 22.4 before the project to 0.3 after it and (IV) that the production costs have been reduced by 35%, without any loss in production except in some particular plots. Tools and knowledge were produced on the ecological changes linked to the modification of practices, notably in the characterization of functional biodiversity. Biophyto project also led to the production of numerous tools to improve transfer to farmers, for example through training course for professionals. After Biophyto, the project was taken over by the agricultural organizations in charge of the transfer of skills, who were helped by public actors. This agroecological experience on mango orchards generated generic keys for agroecological transition.

Keywords: agroecology, functional biodiversity, cropping systems, systemic approach, biological control, training, commercial valorization, Research-Development

Introduction

Les producteurs de mangues à La Réunion sont confrontés à de nombreux bioagresseurs : la Punaise *Orthops palus* Taylor (Heteroptera: Miridae), la Cécidomyie des fleurs *Procontarinia mangiferae* Felt (Diptera: Cecidomyiidae), les mouches des fruits *Ceratitis capitata* (Wiedemann), *Ceratitis rosa* Karsch et *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae), ainsi que des thrips, des cochenilles, l'oïdium ou l'anthracnose. En 2011, fédérés par une volonté de proposer une alternative à la lutte chimique qui a montré ses limites et ses dangers (peu d'efficacité, risques pour l'environnement et la santé humaine), une douzaine de partenaires réunionnais de la recherche, de l'expérimentation, de la formation et du développement agricole, ainsi qu'une douzaine de producteurs de mangues se sont associés, dans le cadre du projet Biophyto - Production durable de mangues sans insecticide à La Réunion -, pour mettre à l'épreuve du terrain les principes de la protection agroécologique des cultures.

La protection agroécologique des cultures (PAEC) est la déclinaison de l'agroécologie à la protection des cultures. Ses principes, son approche, ses axes, ses piliers, ses stratégies de mise en œuvre sur le terrain sont nouveaux et la PAEC représente un champ de recherches et d'applications à investir et à diffuser (Deguine et al., 2016). En mettant en cohérence les objectifs assignés objectivement aujourd'hui à la protection des cultures, la PAEC engendre une rupture dans la démarche de conception des systèmes de culture et de gestion des espaces interstitiels, visant à la faire passer de l'agrochimie à l'agroécologie. Elle suit une démarche innovante et ordonnée dans le temps, pour laquelle l'enjeu écologique est véritablement placé au centre des préoccupations (Deguine et al., 2008 ; Deguine et al., 2016). La PAEC vise ainsi à concilier l'efficacité de la protection des cultures vis-à-vis des ravageurs et des maladies, avec la durabilité socio-économique, écologique, environnementale et sanitaire des agroécosystèmes. La PAEC ambitionne également de contribuer significativement à la transition des pratiques agrochimiques vers des pratiques agroécologiques dans les systèmes de culture.

Le projet Biophyto se place dans cette démarche de protection agroécologique des cultures et s'inscrit dans un contexte où une dynamique agroécologique s'est installée à La Réunion après les bons résultats du projet Gamour en cultures maraîchères (Deguine et al., 2013), Biophyto représente également une déclinaison cohérente et concrète des orientations nationales en matière d'agroécologie (plan agroécologique pour la France) et de réduction des pesticides (plans Ecophyto 1 et 2).

Les producteurs ont occupé une place centrale au sein du dispositif. Ainsi, une première phase de discussion partagée des programmes de mise en place de pratiques agroécologiques, a eu lieu dès l'année 2010 et tout au long de l'année 2011, entre organismes (cités plus bas) et producteurs. Ces discussions ont fait l'objet de la co-conception et de la co-construction du projet Biophyto. Dans le cadre de l'Appel à Projets Casdar Innovation et Partenariat 2012, ce projet propose de mettre en œuvre des pratiques agroécologiques en s'appuyant sur les principes de la lutte biologique par conservation (Ferron et Deguine, 2005), ce qui s'est traduit par l'arrêt de la protection chimique et la mise en place de pratiques d'insertion de biodiversité végétale (couvertures végétales notamment) pour favoriser la biodiversité fonctionnelle dans les vergers.

Le projet Biophyto porte sur la mise en œuvre de ces pratiques innovantes sur des sites pilotes, sur la caractérisation de la biodiversité fonctionnelle dans les vergers, sur l'analyse agro-économique des vergers et sur l'étude de la valorisation commerciale de la production. Ce projet marque une rupture avec les pratiques habituelles de production et représente une étape majeure vers le développement de la mangue « BIO ».

1. Organisation, méthodologie et mise en œuvre en milieu producteur

1.1. Enjeux et objectifs du projet

Biophyto ambitionne de prendre simultanément en compte les enjeux économiques (productivité, marge brute des producteurs), commerciaux (valorisation de la filière), environnementaux (respect de la biodiversité et réduction des risques de pollution), sanitaires (du côté des producteurs et des consommateurs), techniques (limitation drastique des outils chimiques classiques), mais aussi, et c'est son originalité, écologiques (favoriser les processus écologiques et les interactions entre communautés végétales et animales par la lutte biologique par conservation). Par ailleurs, Biophyto contribue à la préservation de la biodiversité à La Réunion (« hot spot » à l'échelle mondiale) (Myers, 2003). Enfin, le projet participe à la valorisation de l'image de la mangue, production traditionnelle et emblématique à La Réunion. En amont, au sein de sites pilotes (agriculteurs aux pratiques « conventionnelles » ou « biologiques »), Biophyto vise à adapter au contexte tropical des techniques agroécologiques de protection des vergers (gestion des peuplements végétaux), parallèlement à l'arrêt de l'utilisation des insecticides. Cela sera rendu possible en s'appuyant sur les services d'une biodiversité renouvelée et fonctionnelle en l'absence de traitements insecticides. En aval, Biophyto vise à étudier la valorisation commerciale de la production sur différents marchés (dont les circuits courts et l'export).

Les objectifs du projet Biophyto sont donc : a) de réunir les partenaires autour de la dynamique de la protection agroécologique des cultures, b) d'évaluer les performances d'une protection agroécologique dans un réseau d'exploitations pilotes, et c) d'étudier les conditions de transfert d'une protection agroécologique en milieu producteur. Biophyto contribue à l'évolution des itinéraires techniques chez les producteurs de mangues et à une production de mangues de bonne qualité sanitaire pour les consommateurs ; il contribue à des apports scientifiques originaux sur le fonctionnement agroécologique des vergers de manguiers et il propose des modules de formation et d'enseignement innovants.

1.2. Organisation et partenariat

L'animation et la coordination du projet sont réparties en 3 pôles : la gestion administrative et financière est confiée à la Chambre d'agriculture (pôle Développement), le chef de projet est hébergé par le CIRAD (pôle Recherche) et la coordination technique est assurée par l'AROP-FL (pôle Professionnels).

Onze partenaires techniques impliqués dans la réalisation du projet ont bénéficié du financement CASDAR (compte d'affectation spéciale « développement agricole et rural ») : l'Association Insectarium de La Réunion (INSECTARIUM), l'Association Réunionnaise des Organisations de Producteurs de Fruits et Légumes (AROP-FL), l'Association Réunionnaise pour la Modernisation de l'Economie Fruitière, Légumière et Horticole (ARMEFLHOR), la Chambre d'agriculture de La Réunion, le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), l'Etablissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricole (EPLFPA) de St-Paul, la Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles de La Réunion (FDGDON), le Forum de l'Agriculture Raisonnée Respectueuse de l'Environnement (FARRE), le Groupement des Agriculteurs Biologiques de La Réunion (GAB), l'Organisme Certificateur Tropical Réunion Océan Indien (OCTROI) et l'Université de La Réunion (IUT de St Pierre).

D'autres partenaires techniques sont impliqués dans la réalisation du projet (hors financement CASDAR) : Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DAAF), Réseau Mixte Technologique « Développement de l'Agriculture Biologique » (RMT DévAB), Office de l'eau de La Réunion. Certains ont été associés au comité de pilotage : Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DAAF), Responsable du projet ECOFRUT, programme fruitier de recherche financé par le FEADER, Pôle de compétitivité QUALITROPIC. Outre le Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt (via la dotation CASDAR), les partenaires financiers ont été le Conseil régional de La Réunion, le Conseil général de La Réunion, l'Etat et l'Union Européenne. Les responsables du plan

ECOPHYTO ont considérablement soutenu et aidé le projet dans son déroulement et ont participé activement au financement de différentes opérations de valorisation et de communication.

1.3. Mise en œuvre et méthodologie

Le projet Biophyto repose sur un réseau de 12 vergers pilotes, chacun intégrant un couple de parcelles (parcelle pilote et parcelle témoin) (<http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Biophyto/>) : un verger du lycée agricole de Saint-Paul, 7 vergers de producteurs adhérents à des Organisations de Producteurs relevant de l'AROP-FL, 2 vergers hors OP, 2 vergers en Agriculture Biologique. La sélection de ces vergers tient compte de trois critères principaux : a) la motivation et l'engagement des producteurs candidats et des structures de suivi associées (lycée agricole, OP, Chambre d'agriculture, GAB) afin de s'assurer de la bonne conduite ultérieure des opérations ; b) la présence de vergers au sein des différentes zones productrices de mangues de la Réunion ; c) la possibilité de bénéficier d'une parcelle « témoin » proche de la parcelle « pilote ». Les parcelles pilotes sont conduites de manière écologique : mise en place d'une couverture végétale dans le verger, absence de traitement insecticide et herbicide, utilisation de fongicides homologués en Agriculture Biologique et gestion du couvert végétal par fauchage. Les parcelles témoin sont conduites avec une utilisation d'insecticides, d'herbicides et de fongicides, et sans couverture végétale. Dans la suite, la parcelle « pilote » sera parfois appelée parcelle « agroécologique » ou parcelle « Biophyto ». Sur ces vergers pilotes, des données agronomiques, socio-économiques et techniques, en plus des données économiques et environnementales sont mesurées et alimentent un observatoire des impacts (Gloanec, 2015). L'accent est mis sur la mesure de la biodiversité fonctionnelle à trois niveaux trophiques : les plantes adventices, les herbivores, les prédateurs et parasitoïdes. Les différentes méthodes utilisées pour le recueil des données sont présentées de manière détaillée par ailleurs (Gloanec, 2015).

2. Mise en application des principes agroécologiques dans les vergers

Les pratiques de protection agroécologique appliquées dans les vergers de manguiers se sont appuyées sur les principes de la lutte biologique par conservation : arrêt ou forte réduction de l'utilisation des insecticides, arrêt des traitements herbicides, prophylaxie, insertion de biodiversité végétale dans les vergers (couverture permanente du sol, bandes fleuries, plantes pièges).

Dans le cadre du projet Biophyto, les couvertures végétales ont représenté la modalité d'insertion de biodiversité végétale privilégiée. Elles ont été implantées dans toutes les exploitations pilotes et les agriculteurs ont très bien accueilli cette pratique, au point de l'étendre à l'ensemble de leur verger et de supprimer les traitements herbicides qu'ils pratiquaient avant. Un système d'irrigation par aspersion des couvertures végétales, complémentaire du système d'irrigation par goutte à goutte des manguiers, a été mis au point et donne désormais satisfaction. Des compléments d'étude sont encore en cours pour optimiser cette irrigation, notamment en ce qui concerne l'approvisionnement en eau des manguiers. L'enquête de satisfaction réalisée à la fin du projet montre que l'ensemble des producteurs est très satisfait de la mise en place d'une couverture végétale permanente. Les agriculteurs apprécient le fait qu'elle favorise la biodiversité fonctionnelle, concourt à la protection de l'environnement et à la lutte contre l'érosion. Sa mise en place est de plus jugée peu contraignante.

L'implantation de bandes fleuries dans les vergers a fait l'objet de tests chez certains producteurs, particulièrement chez les producteurs bio. Quatre espèces ont particulièrement bien fleuri : l'alyse maritime, la bourrache officinale, le souci officinal et le sarrasin. Ces espèces n'attirent pas les ravageurs du manguiers. La plante abritant la plus grande abondance et la plus grande diversité en auxiliaires parasitoïdes est l'alyse maritime *Lobularia maritima* (Brassicaceae). Il est pertinent de noter que les couvertures végétales et les bandes fleuries sont deux pratiques parfaitement complémentaires pour favoriser la biodiversité fonctionnelle. Une évaluation effectuée dans un verger du réseau Biophyto en 2013, à l'aide de pièges Malaise, montre que des parcelles abritant ces deux pratiques, hébergent

10 fois plus de parasitoïdes que la parcelle témoin conduite de façon conventionnelle. Des tests sur les interactions fleurs-insectes sont encore nécessaires pour proposer un mélange adapté de plantes à fleurs. Par ailleurs, des plantes pièges ou refuges ont été mises en place dans les vergers, pour étudier leur intérêt dans la gestion agroécologique des populations de bioagresseurs ou d'arthropodes utiles.

Enfin, la suppression des traitements insecticides s'est opérée sur l'ensemble des parcelles Biophyto, car elle est une condition nécessaire à la mise en place de pratiques agroécologiques. Au total, sur l'ensemble des vergers Biophyto et sur les 3 années, seuls deux traitements insecticides ont été effectués, après accord des agriculteurs et des responsables du projet. La suppression des traitements insecticides s'est traduite dans certains cas par des pertes de production liées à des attaques de certains bioagresseurs (cécidomyie des fleurs, punaise), mais elle n'a pas entraîné d'impact sur le rendement dans d'autres cas (selon les dires des agriculteurs) (Gloanec et Guignard, 2015, 2016). Quoiqu'il en soit, l'établissement d'équilibres écologiques, lié à l'optimisation des interactions entre les communautés végétales (manguier et plantes insérées) et animales (arthropodes nuisibles, arthropodes utiles) nécessite un pas de temps qui dépasse la durée du projet. En parallèle, les traitements herbicides ont été arrêtés, la gestion de la couverture végétale prenant la place de la gestion de l'enherbement par des herbicides.

3. Une démarche holistique met en avant des résultats encourageants

3.1 Une gamme variée de résultats disponibles

A la fin du projet Biophyto, un séminaire intitulé « Biodiversité et Protection agroécologique des cultures » a été organisé à St-Pierre (La Réunion), du 21 au 24 octobre 2014. Il a été l'occasion d'échanges et de retours d'expérience du projet Biophyto ainsi que de présentation des résultats disponibles à cette période. Au total, il a permis de réunir 169 participants, de différents horizons : scientifiques, étudiants, professionnels de l'agriculture et de la gestion des espaces naturels, représentants des collectivités territoriales et des institutions, etc. Les actes sont disponibles à partir du lien : <http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Biophyto>.

Globalement, le bilan final du projet Biophyto est très encourageant. Il montre que les agriculteurs « pilotes » ont volontiers participé à la conception du mode de production agroécologique et qu'ils sont satisfaits du déroulement du projet et de ses acquis. Le projet a marqué une véritable rupture avec les pratiques classiques. De nombreux résultats ont été présentés lors du séminaire : appropriation par les producteurs de techniques telles que l'implantation et la gestion de couvertures végétales, caractérisation et évolution de la biodiversité fonctionnelle, caractérisation d'outils de valorisation commerciale d'une mangue sans insecticide, production d'outils d'information, de formation et d'enseignement. D'autres résultats qui ont été présentés sont en cours d'analyse : bioécologie de certains ravageurs, pratiques d'insertion de biodiversité végétale (bandes fleuries, plantes pièges, plantes refuges), aspects socio-économiques, suivis phytosanitaires, etc. Ces résultats ont déjà fait l'objet d'une valorisation importante, aussi bien à l'attention de la communauté scientifique qu'envers les professionnels (techniciens agricoles et agriculteurs).

Des connaissances ont été acquises concernant la caractérisation de la biodiversité fonctionnelle dans les vergers, l'impact des pratiques agroécologiques (couvertures végétales) et du paysage sur la biodiversité fonctionnelle et sur la structure et le fonctionnement des réseaux trophiques. D'autres résultats scientifiques portent sur des bioagresseurs clés, mal connus au début du projet, comme la Punaise du manguiers. L'évolution spatio-temporelle de l'abondance de plusieurs ravageurs et maladies majeures, en présence ou non de pesticides chimiques, ont fait l'objet d'études approfondies. Les interactions entre plantes (espèces florales, plantes pièges, plantes refuges) ont également été étudiées. Par extension, les études ont également concerné l'Agriculture Biologique, puisque la plupart des résultats ont été obtenus dans des situations où le cahier des charges AB a été respecté. Ces

résultats ont fait l'objet de publications scientifiques, de posters et de communications dans des congrès nationaux et internationaux. Les travaux de recherche ont donné lieu à de nombreux stages d'étudiants (Master, césure agro, DUT, etc.) ainsi qu'à deux thèses, l'une sur la biodiversité fonctionnelle (Jacquot, 2016), l'autre sur un ravageur majeur du manguier (*Orthops palus*) (Atiama, 2016).

Tous ces résultats ne peuvent être exposés ici et nous présentons dans la suite les résultats agro-économiques, les perspectives de valorisation commerciale d'une mangue sans insecticide, les acquis sur la biodiversité fonctionnelle.

3.2 Des changements de pratiques durables aux conséquences économiques positives

3.2.1 Appropriation des résultats et enquête de satisfaction

Une enquête de satisfaction et d'appropriation a été réalisée avec l'ensemble des partenaires et des agriculteurs. Il en ressort que cette expérience agroécologique est une étape marquante dans l'évolution des pratiques agricoles à La Réunion (Gloanec et al., 2015).

L'enquête réalisée auprès des producteurs montre qu'ils sont globalement satisfaits de leur expérience et la majorité d'entre eux sont prêts à continuer, sur une partie ou sur la totalité de leur verger, l'application des pratiques agroécologiques. Les producteurs ont acquis aujourd'hui une certaine expérience, voire une autonomie, dans la gestion des couvertures végétales de leur verger (Gloanec et al., 2016). Certains de ces agriculteurs sont sollicités par leurs voisins pour prendre connaissance des techniques utilisées.

3.2.2 Production, coûts de production et IFT

Pendant le projet Biophyto, en raison notamment de deux événements cycloniques, l'un en 2013, l'autre en 2014, une grande hétérogénéité de productivité est observée entre les différentes parcelles, qu'elles soient conduites de manière conventionnelle ou agroécologique. De manière globale, des rendements équivalents sont relevés dans les parcelles conventionnelles et Biophyto (Gloanec et Guignard, 2015). Des rendements inférieurs, sans pouvoir dire s'ils sont significatifs, sont seulement constatés dans 6 cas sur 24 comparaisons, essentiellement dans les secteurs sensibles à la cécidomyie, en particulier dans des parcelles à fort potentiel de production (variété Cogshall permettant une intensification importante). Par ailleurs, l'utilisation de certains fongicides contre l'oïdium, bien que compatible avec le cahier des charges Bio, n'a pas toujours été pratiquée, car les agriculteurs ont eu parfois tendance à sous-estimer l'incidence de cette maladie ; ceci a parfois contribué à des pertes de production. Dans ces quelques cas où on observe une perte de production, la diminution des achats de pesticide a permis de maîtriser la baisse de la marge brute, voire de la maintenir.

L'analyse des charges en intrants et en main-d'œuvre montre que le coût d'une production agroécologique est en effet nettement inférieur à celui d'une production conventionnelle : les traitements phytosanitaires se limitent à une ou deux interventions dirigées contre l'oïdium en période de floraison, les traitements herbicides sont supprimés et les opérations de fauchage sont moins fréquentes. Grâce à la réduction des charges de ces postes, le coût de production pour les parcelles en mode de conduite agroécologique est beaucoup plus faible (- 35 %), comme le montre le Tableau 1 (Gloanec et al., 2016).

L'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) est passé de 22,4 avant le projet Biophyto à 0,3 à la fin du projet (Figure 1). De plus, cette situation devient compatible avec une conduite des vergers en Agriculture Biologique, les quelques fongicides qui restent utilisés (gestion de l'oïdium) étant compatibles avec le cahier des charges AB. Certains producteurs, sensibilisés à l'impact négatif des traitements sur la santé et l'environnement et trouvant ici un moyen de les réduire fortement ou de les supprimer, ont converti l'ensemble de leur exploitation dans un mode de conduite agroécologique.

Nature	Conduite conventionnelle	Itinéraire Biophyto
Intrants		
Pesticides	1 614€	39€
Piégeage de masse cératites (80 pièges/ha)	480€	480€
Irrigation (pour 2 990 m ³)	299€	299€
Total intrants	2393€	818€
Main-d'œuvre		
Surveillance phyto (temps passé)	473€ (50 heures)	473€ (50 heures)
Traitements phyto (temps passé)	1 031€ (16 heures)	258€ (4 heures)
Suivi piégeage de masse (temps passé)	525€ (55 heures)	525€ (55 heures)
Gyrobroyage après taille (temps passé avec tracteur)	516€ (8 heures)	516€ (8 heures)
Désherbage chimique sur rang (temps passé)	645€ (10 heures)	0
Fauchage inter-rangs (temps passé avec tracteur)	645€ (10 heures)	322€ (5 heures)
Fauchage sur rang (temps passé avec débroussailleuse)	0€	151€ (16 heures)
Récolte (temps passé)	1 106€ (117 heures)	1 106€ (117 heures)
Taille (temps passé)	908€ (96 heures)	908€ (96 heures)
Total main-d'œuvre	5 849€	4 259€
Coût de production	8 242€	5 077€

Tableau 1 : Données économiques (temps passé et coût en euros par hectare) entre les pratiques conventionnelles (de type Production Fruitière Intégrée) et les pratiques agroécologiques (itinéraire Biophyto) (Gloane et al., 2016)

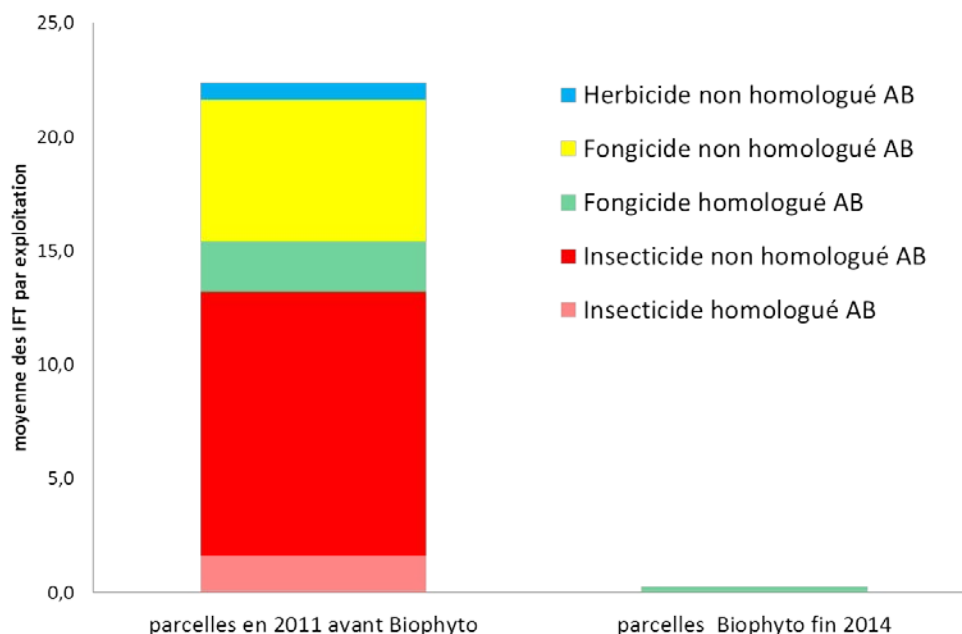


Figure 1 : Indice de fréquence de traitement (IFT) avant le début et à la fin du projet Biophyto. Moyennes réalisées sur cinq exploitations Biophyto appartenant au réseau Dephy Ferme Mangue EcoPhyto (chambre d'agriculture de La Réunion, 2015) (adapté de Gloanec et al., 2015)

3.2.3 Une nouvelle perception de l'agroécosystème chez les praticiens

Grâce au projet Biophyto, l'ensemble des partenaires a adopté une nouvelle façon de prendre en considération la biocénose dans les vergers. Auparavant, l'attention était concentrée presque exclusivement sur le manguiers (préoccupation sur sa production) et les ravageurs (sans qu'ils soient systématiquement observés) à cause de leurs dégâts potentiels. Des traitements insecticides étaient déclenchés sans prise en compte de seuils de risque, voire de manière « préventive » ou protocolaire. De même, les traitements herbicides, systématiques, visaient à conserver la parcelle indemne de tout adventice.

Aujourd'hui, les producteurs savent que le fonctionnement écologique de l'agroécosystème repose sur des interactions entre différents groupes trophiques qui constituent la biodiversité fonctionnelle (manguiers, plantes adventices, herbivores non nuisibles, herbivores nuisibles, détritivores, prédateurs, parasitoïdes, pollinisateurs, etc.). Ils ont observé que les traitements insecticides avaient des impacts négatifs sur les auxiliaires, notamment les prédateurs et les parasitoïdes, et que l'arrêt des traitements herbicides permettaient aux plantes adventices de jouer un rôle positif dans l'agroécosystème.

3.3 Des possibilités de valorisation commerciale aux modalités variées

Au-delà des aspects techniques abordés dans le projet Biophyto, un enjeu est l'apport auprès des acteurs de la filière, d'une « boîte à outils de valorisation » qui peut orienter les choix liés à la commercialisation d'une mangue produite de façon différenciée (sans insecticide). Cette possibilité de valorisation a été analysée, d'une part, via une étude de marché réalisée auprès de 400 consommateurs et, d'autre part, via une consultation des acteurs de la chaîne de valeur (du producteur au distributeur). Ces enquêtes ont permis de mettre en relief le potentiel commercial des mangues produites selon le mode de production Biophyto, mais aussi de mieux appréhender les voies de commercialisation et valorisation les plus adaptées (Técher et al., 2015).

Un groupe inter-acteurs composé d'une vingtaine de personnes représentant les secteurs de la production, la distribution, la consommation, l'eau, l'environnement, le développement territorial, la valorisation alimentaire, a été constitué afin de rechercher les meilleures solutions agronomiques,

économiques et de valorisation commerciale de la production d'une mangue Biophyto en fonction des marchés (circuits courts, grande distribution, transformation, exportation). Ce groupe a été sollicité tout au long du projet (réunions thématiques, échanges de courriels) afin de participer aux différents échanges à la fois sur l'étude de marché mais aussi sur l'étude des voies de valorisation et de commercialisation.

Une étude conduite dans le cadre du projet Biophyto a été réalisée en 2013 et 2014 sous la forme d'entretiens semi-directifs auprès de différents opérateurs impliqués dans la filière mangue (production, mise en marché, transformation et institutionnels). Différents scénarios ont été analysés et différentes voies de commercialisation ont été identifiées. Pour chacune d'entre elles, des éléments de contexte, de caractérisation de produit, de type de clientèle, de méthodologie et de potentiel ont été recueillis lors de ces entretiens. Il ressort de cette étude qu'une mangue produite de façon différenciée de type « Biophyto » possède un potentiel de mise en marché, avec néanmoins des stratégies de communication différentes selon les différentes voies de commercialisation (Técher et al., 2015).

3.4 La biodiversité fonctionnelle, composante clé de la durabilité écologique et de la régulation des ravageurs

L'implantation et la gestion des couvertures végétales, accompagnées par la mise en place d'un système d'irrigation par aspersion, ont représenté la modalité d'insertion de biodiversité végétale privilégiée. Cette pratique a été très bien acceptée et adoptée par les producteurs. La totalité des producteurs l'a déjà étendue à une partie ou à l'ensemble de leur exploitation.

L'effet des pratiques agroécologiques opérées dans les parcelles Biophyto (mise en place d'une couverture végétale entretenue, arrêt des traitements insecticides et arrêt des traitements herbicides) a été étudié sur les différents groupes trophiques. De manière générale, à l'analyse des résultats disponibles aujourd'hui, il ressort que la gestion d'un enherbement abondant et diversifié, conjointement à l'arrêt des traitements herbicides et insecticides, favorise l'existence de communautés d'arthropodes plus abondantes et diversifiées qu'avec les pratiques conventionnelles (Jacquot et al., 2013). Ces résultats sont en accord avec la méta-analyse de Tuck et al. (2014) montrant que, dans les parcelles conduites en agriculture biologique, la richesse spécifique des groupes fonctionnels augmente en moyenne de 30% (10% pour les prédateurs).

4. La mise au point d'outils pour le transfert

La création d'une formation diplômante à l'attention des professionnels (agriculteurs, techniciens et conseillers agricoles) a constitué une action originale et novatrice. Ainsi, un Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle (CUQP), intitulé « Protection agroécologique des cultures » et délivré par l'Université de La Réunion (Institut Universitaire de Technologie de Saint-Pierre) a été construit en partenariat avec le Cirad, la Chambre d'agriculture, l'Armeffhor, la Fdgdon et Octroi (Laurent et al., 2015). La formation a été organisée en 2013, 2014, 2015 et 2016 et le CUQP a déjà été obtenu par une cinquantaine de candidats. Cette formation professionnelle est désormais pérennisée et co-animée par l'IUT Saint-Pierre et par la Chambre d'agriculture de La Réunion.

Des informations régulières sur le projet et ses avancées ont été diffusées par le biais du site internet <http://www.agriculture-biodiversite-oi.org>, site animé par le Cirad dans le cadre du Programme régional de protection des végétaux de l'Océan indien.

Une Newsletter a été envoyée à plus de 500 destinataires pour les tenir informés de l'état d'avancement du projet. Des actions de communication ont été entreprises lors de manifestations agricoles locales, du séminaire EcophytoDom en novembre 2013 et du séminaire de restitution du projet Biophyto en octobre 2014.

Divers documents pédagogiques illustrant le projet ont été édités : le guide d'initiation à la protection agroécologique du manguier (Vincenot et al., 2015) ; le support de formation CUQP/PAEC (Deguine et al., 2014); les actes du séminaire Biophyto (Deguine et al., 2015) ; le film (support DVD) « Biophyto, retour d'expérience en protection agroécologique du manguier à La Réunion » ; huit posters illustrant les différentes étapes du projet ; des fiches de reconnaissance sur le terrain de la miridofaune (Atiama et al., 2016). La plupart de ces productions sont disponibles en ligne sur le site : <http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Biophyto>.

5. Les suites du projet Biophyto pour le transfert des pratiques agroécologiques

5.1 Le projet Biophytomang² (2015)

L'expérience agroécologique dans les vergers de manguiers ne s'est pas arrêtée au projet Biophyto. Elle a été poursuivie à la fois pour permettre le perfectionnement continu de l'innovation (Ricci et Méssean, 2015) et l'aide au transfert (Gloanec et al., 2016). Ainsi, après le projet Biophyto, les partenaires ont été accompagnés par les instances publiques pour poursuivre certaines expérimentations complémentaires avant transfert et le projet Biophytomang², dans le cadre du Plan Ecophyto, a ainsi pu être mis en place en 2015. Les objectifs étaient, d'une part, d'analyser finement des données acquises au cours des 3 années du projet Biophyto (pratiques et bioagresseurs) et, d'autre part, de finaliser la mise au point d'une pratique nouvelle (système d'irrigation des couvertures végétales) par des expérimentations complémentaires.

5.2 Analyse multivariée des données sur les pratiques et les bioagresseurs

L'analyse fine des résultats (univariée et multivariée) a été effectuée par le Cirad, à partir de l'exploitation des données sur les pratiques (observatoire Biophyto) et des données de terrain recueillies par la FDGDON. Celle-ci a concerné les stades phénologiques, les itinéraires techniques, les bioagresseurs observés pendant la floraison ou sur toute l'année.

Une analyse des trajectoires temporelles de chaque parcelle a mis en évidence que les bons comportements des parcelles Biophyto ont incité tous les producteurs à faire évoluer ultérieurement leurs pratiques sur les parcelles Témoin vers les pratiques Biophyto.

Des analyses descriptives ont montré que la durée de floraison dans les parcelles Biophyto est comparable, sur les 3 années du projet, à la durée de floraison dans les parcelles Témoin (Figure 2). La durée de floraison est plus étalée sur la variété José que sur la variété Cogshall.

Concernant les bioagresseurs, une analyse factorielle des correspondances par ravageur (Brun-Vitelli, 2015) a permis de dégager plusieurs résultats importants. En premier lieu, concernant la punaise *Orthops palus*, ses dégâts et ceux d'oïdium sont simultanés. Dans 80 % des cas où il n'y a pas d'oïdium (2387 observations sur 3 ans), il n'y a pas de punaise. Cette observation incite à tester l'hypothèse qu'une gestion des problèmes d'oïdium permettrait une gestion des problèmes de punaises (Atiama, 2016). Par ailleurs, en ce qui concerne les Thrips (notamment le Thrips Sud-africain des agrumes *Scirtothrips aurantii*), on ne note aucune différence d'infestation entre les parcelles Témoin et les parcelles Biophyto, ce qui permet de proposer deux hypothèses qu'il conviendrait de tester à l'avenir : l'inefficacité des traitements insecticides et l'efficacité d'une couverture végétale permanente dans les vergers. Enfin, lors de l'importante pullulation de la cochenille farineuse des Seychelles, *Icerya seychellarum*, en 2012, le résultat majeur et quantifié dans les analyses révèle que plus les traitements insecticides sont importants et plus les populations de cochenilles augmentent (voir ci-dessous).

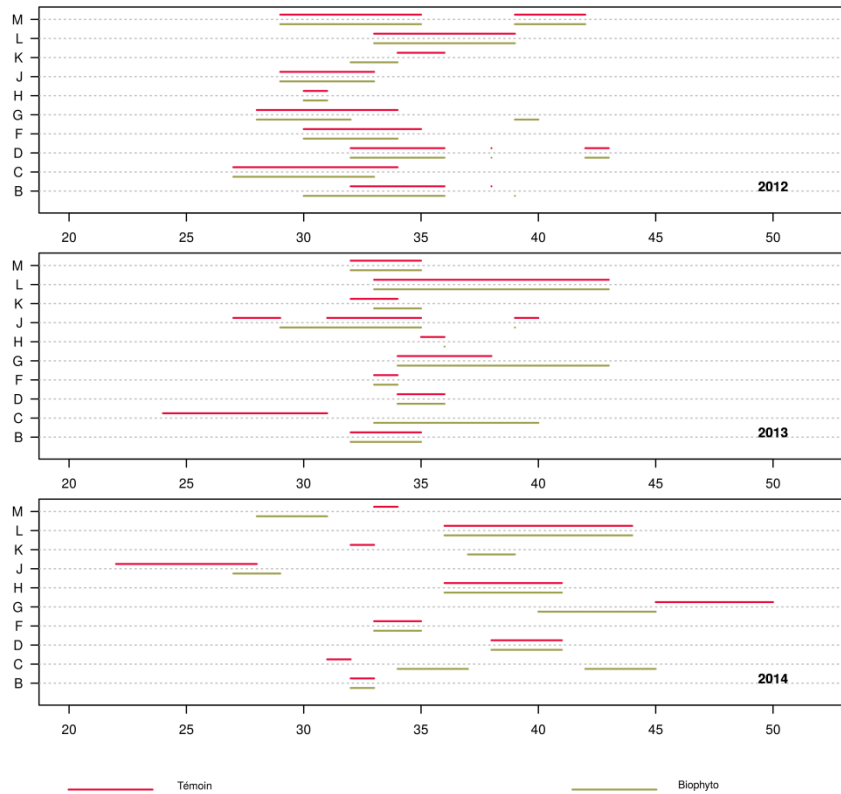


Figure 2 : Durées des floraisons dans 10 exploitations pilotes du projet Biophyto de 2012 à 2014, sur les parcelles Témoin (en rouge) et sur les parcelles Biophyto (en vert). L'axe des abscisses donne les numéros des semaines dans l'année. L'axe des ordonnées liste les différentes exploitations, repérées par des lettres.

Enfin, il ressort qu'il est possible de prédire les comportements (pratiques) en fonction des profils de ravageurs. Les parcelles des exploitants du réseau Biophyto sont classées en trois groupes selon leur état et leur trajectoire : parcelles Biophyto, parcelles Témoin et parcelles en transition (Témoin vers Biophyto). A partir des bioagresseurs observés sur les parcelles, on a cherché à prédire l'état des parcelles selon leur appartenance à un de ces trois groupes. Pour cela, nous avons utilisé la méthode STATIS-LDA qui est une méthode d'analyse k-tableau (Sabatier et al., 2013). Cette approche se fait en deux temps : d'abord avec la méthode STATIS (L'Hermier Des Plantes, 1976) qui permet de synthétiser l'information contenue dans plusieurs tableaux (un tableau par année pour les profils de chaque ravageur) en un seul tableau compromis ; puis avec la méthode STATIS-LDA qui utilise ce tableau compromis pour en expliquer un autre (Brun-Vitelli, 2015). Grâce à cette méthode, les parcelles sont reclassées avec un taux de 72,2 % de bonne prédiction, ce qui est un bon niveau de prédiction. Cela montre bien la forte liaison entre les pratiques culturales et les bioagresseurs.

Inversement, la prédiction du niveau d'abondance de chaque bioagresseur en fonction du niveau des traitements insecticides est également possible. Dans ce cas-là, on utilise la méthode PLS2 (Vivien et Sabatier, 2001) qui est une extension de la régression linéaire multiple, entre les deux compromis issus de STATIS (un premier résument le tableau des données sur les pratiques culturales pour les trois années et un autre résument les données sur les abondances de bioagresseurs pour les trois années). Cette méthode a donné d'excellents résultats pour prédire les populations de cochenilles en fonction des pratiques, conformément au résultat présenté plus haut : les parcelles les moins attaquées sont les parcelles non traitées avec des insecticides, les parcelles les plus attaquées sont les parcelles les plus traitées (Figure 3). En ce qui concerne les punaises et les thrips, toutes leurs classes d'abondance sont également relativement bien prédites.

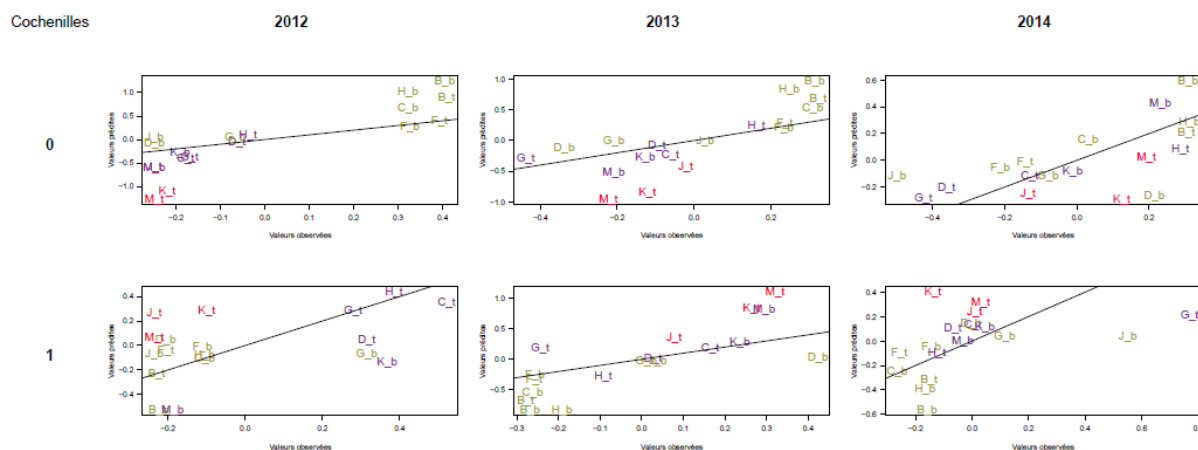


Figure 3 : Valeurs prédites par la PLS2 (Vivien et Sabatier, 2001), en fonction des valeurs observées issues du compromis STATIS de l'abondance des cochenilles pour les abondances 0 et 1 (qui sont les classes les mieux prédites par la méthode). Chaque point correspond à une parcelle codée 'lettre exploitant_lettre type parcelle'. Les couleurs correspondent aux groupes définis par analyse multivariée (vert : Biophyto ; violet : en transition Témoin→ Biophyto ; rouge : Témoin). La droite correspond à la première bissectrice. Plus une parcelle est proche de cette droite, meilleure est la prédiction.

5.3 Gestion de l'irrigation de la couverture végétale

Sur le réseau des sites pilotes de Biophyto, deux systèmes d'irrigation ont été testés par l'Armefflor, avec l'objectif d'installer et de maintenir une couverture végétale permanente dans les vergers : des micro-asperseurs de longue portée, positionnés aux pieds des arbres, et des lignes de goutteurs disposés dans les inter-rangs de la parcelle. Des suivis réguliers ont permis d'observer la phénologie des manguiers, notamment le taux et la dynamique de floraison, ainsi que les rendements selon les différents dispositifs. L'utilisation de bilans hydriques et de matériel de mesures (sondes) ont permis d'estimer la quantité d'eau disponible dans le sol et d'ajuster les apports, en fonction des besoins de la culture et de la couverture végétale.

Les précipitations inhabituelles des mois de mai et juin 2015 ont permis au couvert végétal de se maintenir sur les parcelles suivies sans irrigation complémentaire. Cependant, les règles de décision testées pour l'irrigation de la couverture ont montré leur efficacité pendant la saison sèche et les modalités d'irrigation ont favorisé les couverts pendant les mois de juillet et d'août. L'état des couverts a toutefois été hétérogène selon les parcelles en termes de hauteur et de diversité floristique. Les pluies importantes survenues durant la période de « stress hydrique » ont induit un léger décalage du débournement des bourgeons florifères dans la saison sur l'ensemble des vergers. En 2015, l'irrigation des couvertures a semblé induire un léger retard de floraison, mais la floraison a été très importante sur deux des parcelles Biophytomang². L'estimation des rendements n'a pas révélé de différence selon les modalités d'irrigation (Bouriga et Graindorge, 2016). Les résultats des essais menés en 2015, permettent de valider l'efficacité des systèmes d'irrigation mis en place (irrigation adaptée de la couverture végétale, gêne limitée pour les autres travaux culturaux et entretien facile du matériel). Une adaptation des pratiques de gestion de la couverture reste nécessaire, notamment dans les opérations de fauchage et de broyage. Dans ce domaine, des améliorations techniques sur les méthodes de fauche sont envisagées (tondeuse-débrousailleuse, pâture, etc.).

5.4 Les relais pris par les organismes de transfert

Depuis 2015, le relais a été pris par les organismes de développement, notamment via le réseau Déphy Ferme Mangué, qui se sont organisés pour transférer les techniques aux exploitations de mangues. Les

IFT de l'ensemble des exploitations du réseau ont considérablement diminué (- 43 % de 2012 à 2015 sur l'ensemble des exploitations du réseau Dephy Ferme Manguie Ecophyto) (données Chambre d'agriculture de La Réunion, 2016). En 2016, ce réseau est constitué de 14 exploitations.

En 2015 également, une Mesure Agro-Environnementale et Climatique (MAEC) Biophyto a vu le jour et a été proposée aux agriculteurs, elle est d'ailleurs maintenant ouverte à d'autres spéculations fruitières pérennes comme les agrumes. Enfin, cette même année, une association de producteurs de l'Ouest appuyée par la Chambre d'agriculture, a déposé un dossier de reconnaissance en Groupement d'Intérêt Economique et Environnementale (GIEE) pour son projet de mise en œuvre de pratiques agroécologiques en verger de mangues. Cette démarche, portée par 9 agriculteurs, dont certains participaient au projet Biophyto, sur une surface de 80 ha, démontre l'adoption et l'appropriation de ces nouvelles pratiques par la profession. Comme expliqué précédemment, au-delà des résultats, le projet Biophyto, comme toute approche agroécologique, a ouvert de multiples voies qu'ont envie d'explorer les producteurs dans leur projet.

Depuis 2015, des journées professionnelles thématiques et des formations ponctuelles sont organisées « au champ », le projet Biophyto a été déclencheur d'un changement de discours et de préconisations de la part des techniciens de la filière dans leurs conseils individuels et collectifs.

Enfin, dès l'année universitaire 2015-2016, la Chambre d'agriculture de La Réunion a pris en main, en binôme avec l'Université de La Réunion, la coordination du CUQP « Protection agroécologique des cultures ».

6. Clé de réussite d'un projet de transition agro-écologique à partir de l'exemple du projet Biophyto

Au final, plusieurs points marquants de cette expérience de protection agroécologique des vergers de manguiers peuvent désormais contribuer à la transition agroécologique à La Réunion.

6.1 Avant et pendant le déroulement du projet

La préparation et le bon déroulement d'un projet agroécologique nécessitent plusieurs conditions, trois nous semblent prioritaires et incontournables :

- la conception partagée des programmes. C'est la première étape et elle doit, au-delà des mots et des bonnes intentions, se traduire dans les actes. La conception des programmes à mettre en œuvre a duré un an et demi (mi-2010 et année 2011) et des allers et retours ont ensuite eu lieu très régulièrement jusqu'à aujourd'hui.
- la coordination des actions par un organisme de transfert. Elle représente une condition nécessaire à la bonne mise en place des actions sur le terrain.
- l'approche systémique adoptée dans le projet Biophyto. Elle a été réalisée via des expérimentations *in situ* et des actions sur le terrain, en prenant en compte l'ensemble des agroécosystèmes, au-delà du verger de manguiers.

6.2 Des connaissances scientifiques nouvelles à acquérir

Les études engagées dans Biophyto illustrent la nécessité d'acquérir des connaissances sur la biodiversité fonctionnelle dans les agroécosystèmes, selon les pratiques agroécologiques conduites et en prenant en compte les caractéristiques paysagères (Jacquot, 2016). Des catalogues d'arthropodes (araignées, parasitoïdes) et des clés de reconnaissance de certaines familles (Miridae) ont été produits dans le cadre du projet Biophyto. Ils sont utilisables par les professionnels et des versions de terrain pour les agriculteurs ont été mises au point.

6.3 *La formation, condition nécessaire de la réussite du transfert*

L'expérience agroécologique sur la mangue a fait l'objet de diverses actions de formation, d'information et de communication, en la présentant sous la forme d'exemples concrets chiffrés. Différents outils d'aide au transfert ont été conçus et produits, permettant aujourd'hui des actions sur le terrain, de la part des organismes de développement (Chambre d'agriculture, organisations professionnelles), pour le transfert des techniques prodiguées dans Biophyto et pour la promotion de l'Agriculture Biologique.

6.4 *Le relais pris par les organismes de transfert après le projet*

Dans l'expérience agroécologique sur la mangue, plusieurs outils ont montré leur intérêt dans le transfert des pratiques aux producteurs. Nous en rappelons deux principaux, détaillés précédemment : le réseau Dephy Fermes et la création d'un GIEE.

6.5 *L'accompagnement par les pouvoirs publics pendant les années de transition*

Dans les raisonnements agro-économiques, il convient de noter que les premières années qui suivent des changements de pratiques (suppression des insecticides et mise en place de pratiques de gestion des habitats) sont les plus difficiles sur le plan économique, compte tenu du pas de temps nécessaire pour établir des équilibres écologiques dans les vergers. Ces premières années doivent être accompagnées par des dispositifs d'aide ou d'incitation. Au-delà des dispositifs promus sur le plan opérationnel par les organismes de transfert qui sont soutenus par les pouvoirs publics (GIEE, réseau Dephy Ferme, etc.), on peut également identifier d'autres soutiens publics :

- une mesure agroenvironnementale pour inciter le passage à l'agroécologie. Une MAEC (Mesure Agro-Environnementale et Climatique) « Biophyto » a été mise en place pour inciter les producteurs à s'engager dans la protection agroécologique des cultures.
- l'aide au développement de l'Agriculture Biologique. L'expérience agroécologique sur le manguier a contribué également au développement de l'Agriculture Biologique.
- des soutiens peuvent être envisagés à l'aval de la filière, pour la valorisation d'une production sans pesticide.

Conclusion

Après l'expérience Gamour, la réussite du projet Biophyto a créé à La Réunion une véritable dynamique agroécologique chez tous les acteurs, à commencer par les agriculteurs. On observe chez eux une réelle écoute, un grand intérêt et une sensibilité aux nouvelles pratiques. Il y a une prise de conscience collective des limites de l'agriculture conventionnelle et une volonté de développer des solutions agroécologiques sur d'autres productions fruitières ou maraîchères. Ces expériences ont été les éléments déclencheurs de la rédaction collective (plus de 50 auteurs) d'un ouvrage sur la Protection agroécologique des cultures qui propose, à l'attention des professionnels, les principales clés de la transition agroécologique (Deguine et al., 2016).

Remerciements

Les auteurs du projet remercient l'ensemble des producteurs de mangues qui ont contribué activement à cette expérience de protection agroécologique. Ils ont fortement participé à l'information auprès du grand public sur l'efficacité des pratiques et à la réussite du projet. Les remerciements vont aussi à tous les membres des partenaires qui sont intervenus de près ou de loin dans le projet, notamment C. Ajaguin Soleyen, M. Atiama, C. Cresson, S. Dinnoo, S. Gasnier, V. Gazzo, M.-L. Moutoussamy, S. Plessix, A. Reteau et T. Schmitt. Par ailleurs, notre gratitude va aux responsables du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la forêt qui nous ont permis de conduire à bien le projet

Biophyto, via le compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural (Casdar) et le projet Biophytomang², dans le cadre du Plan national Ecophyto 1. Le projet Biophyto a été labellisé par le pôle de compétitivité Qualitropic. Au-delà de ces deux projets, les travaux effectués tout au long de cette expérience ont été cofinancés par l'Europe, le Conseil Régional de La Réunion, le Conseil départemental de La Réunion et le Cirad et nous les remercions.

Références bibliographiques

Atiama M., 2016. Biécologie et diversité génétique d'*Orthops palus* (Heteroptera, Miridae), ravageur du manguiers à La Réunion. Thèse de doctorat, Université de La Réunion, 297 p.

Atiama M., Ramage T., Deguine J.-P., Jacquot M., 2016. Fiche de reconnaissance des punaises Mirides dans les vergers de manguiers à La Réunion. Chambre d'agriculture de La Réunion, 2 p.

Bouriga J., Graindorge R., 2016. Gestion des couverts végétaux en vergers de manguiers en conduite agroécologique, Rapport d'activité BIOPHYTOMANG². Armefflor, 38p.

Brun-Vitelli J., 2015. Analyse des données du projet Biophyto à La Réunion. Master 2 Méthodes Statistiques des Industries Agronomiques Agro-Alimentaires et Pharmaceutiques, Université de Montpellier II, 40 p.

Deguine J.-P., Augusseau X., Insa G., Jolet M., Le Roux K., Marquier M., Rousse P., Roux E., Soupapoullé Y., Suzanne W., 2013. Gestion agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion. Innovations agronomiques, 28, 59-74.

Deguine J.-P., Ferron P., Russell D. 2008. Protection des cultures : de l'agrochimie à l'agroécologie. Editions Quae, Versailles, 187 p.

Deguine J.-P., Gloanec C., Graindorge R., Jacquot M., Le Roux K., Roux E., Suzanne W., Vincenot D., Laurent P., 2014. Application de l'agroécologie à la protection des cultures. Support de formation, Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle. Institut Universitaire de Technologie de La Réunion, Saint-Pierre, 84 p.

Deguine J.-P., Gloanec C., Laurent P., Ratnadass A., Aubertot J.-N. (eds), 2016. Protection agroécologique des cultures. Editions Quae, Versailles, ISBN 978-2-7592-2410-4, 288 p.

Ferron P., Deguine J.-P. 2005. Crop protection, biological control, habitat management and integrated farming. *Agronomy for Sustainable Development* 25, 17-24.

Deguine J.-P. (ed.), Gloanec C. (ed.), Schmitt T. (ed.), 2015. Biodiversité et protection agroécologique des cultures. Actes du Séminaire Biophyto, Saint-Pierre, La Réunion. 21-24 octobre 2014. Saint-Denis: Chambre d'agriculture de La Réunion, ISBN: 978-2-87614-704-1, 216 p.

Gloanec C., 2015. Outils et enjeux de la coordination d'un projet partenarial. Outils d'évaluation et observatoire des impacts. In : Deguine J.-P., Gloanec C., Schmitt T. (eds), 2015. Biodiversité et protection agroécologique des cultures. Actes du Séminaire Biophyto, Saint-Pierre, La Réunion. 21-24 octobre 2014. Saint-Denis : Chambre d'agriculture de La Réunion, 216 p. ISBN: 978-2-87614-704-1, 12-21.

Gloanec C., Deguine J.-P., Vincenot D., Jacquot M., Graindorge R., 2016. Applications en cultures fruitières : l'expérience Biophyto. In : Deguine J.-P., Gloanec C., Laurent P., Ratnadass A., Aubertot J.-N. (eds), Protection agroécologique des cultures. Editions Quae, Versailles, ISBN 978-2-7592-2410-4, 97-126.

Gloanec C., Guignard I., 2015. Impact des pratiques phytosanitaires et culturales. In : Deguine J.-P., Gloanec C., Schmitt T. (eds), 2015. Biodiversité et protection agroécologique des cultures. Actes du Séminaire Biophyto, Saint-Pierre, La Réunion. 21-24 octobre 2014. Saint-Denis : Chambre d'agriculture de La Réunion, 216 p. ISBN: 978-2-87614-704-1, 60-65.

Jacquot M., 2016. Biodiversité et fonctionnement écologique d'un agroécosystème à base de manguiers à La Réunion. Effet des pratiques culturales et du paysage. Thèse de doctorat, Université de La Réunion, 145 p.

Jacquot M., Tenailleau M., Deguine J.-P., 2013. La biodiversité fonctionnelle dans les vergers de manguiers à La Réunion. Effets de facteurs écosystémiques et paysagers sur les arthropodes prédateurs terrestres. *Innovations agronomiques* 32, 365-376.

Laurent P., Deguine J.-P., Graindorge R., Jacquot M., Roux E., Rossolin G., Técher K., Vincenot D., Gloanec C., 2015. Le Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle, une formation diplômante adaptable et adaptée aux enjeux de la protection agroécologique des cultures. In : Deguine J.-P., Gloanec C., Schmitt T. (eds), 2015. Biodiversité et protection agroécologique des cultures. Actes du Séminaire Biophyto, Saint-Pierre, La Réunion. 21-24 octobre 2014. Saint-Denis : Chambre d'agriculture de La Réunion, 216 p. ISBN: 978-2-87614-704-1, 203-205.

L'Hermier Des Plantes H., 1976. Structuration des tableaux à trois indices de la Statistique : Théorie et Application D'une Méthode D'analyse Conjointe. Université des sciences et techniques du Languedoc.

Myers N., 2003. Biodiversity Hotspots Revisited. *BioScience*, 53, 916–917. doi:10.1641/0006-3568(2003)053[0916:BHR]2.0.CO;2

Ricci P., Méssean A., 2015. Stratégies intégratives et innovations systémiques : sortir du cadre. *Innovations agronomiques* 46, 147-155.

Sabatier R., Vivien M., Reynès C., 2013. Une nouvelle proposition, l'Analyse Discriminante Multitableaux : STATIS-LDA. *Journal de la Société Française de Statistique* 154, 31–43.

Técher et al., 2015. La question de la valorisation commerciale pour une culture de mangue en protection agroécologique des cultures. In : Deguine J.-P., Gloanec C., Schmitt T. (eds), 2015. Biodiversité et protection agroécologique des cultures. Actes du Séminaire Biophyto, Saint-Pierre, La Réunion. 21-24 octobre 2014. Saint-Denis : Chambre d'agriculture de La Réunion, 216 p. ISBN: 978-2-87614-704-1, p 25.

Tuck S.L., Winqvist C., Mota F., Ahnström J., Turnbull L.A., Bengtsson J., 2014. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 51, 746-755.

Vincenot D., Deguine J.-P., Gloanec C., Dijoux A., Graindorge R., 2015. Initiation à la protection agroécologique du manguier à La Réunion. Retour d'expérience - Projet Biophyto 2012-2014. Chambre d'agriculture de La Réunion, Saint-Denis, 56 p. ISBN: 978-2-87614-705-8.

Vivien M., Sabatier R., 2001. Une extension multi-tableaux de la régression PLS. *Revue de statistique appliquée* 49, 31–54.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « *Innovations Agronomiques* », la date de sa publication, et son URL)