



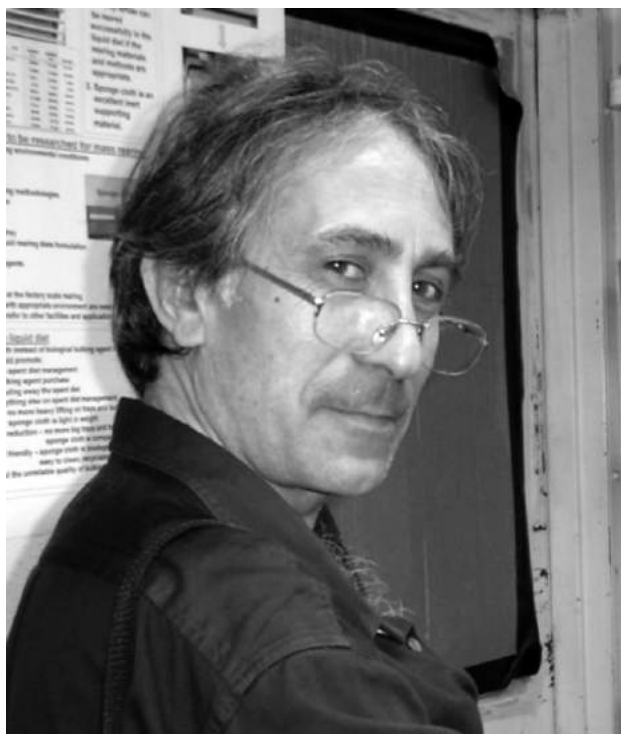
BIO
PHYTO

BIODIVERSITÉ ET PROTECTION AGROÉCOLOGIQUE DES CULTURES

ACTES DU SÉMINAIRE BIOPHYTO

SAINT-PIERRE (LA RÉUNION) - 21-24 OCTOBRE 2014





Hommage à Serge Quilici

A l'heure où nous imprimons les actes du Séminaire « Biodiversité et protection agroécologique des cultures », notre collègue Serge Quilici nous a quittés. À 60 ans, il a succombé à la maladie.

Serge a consacré plus de la moitié de sa vie à des recherches appliquées sur la protection des cultures horticoles, la plupart à La Réunion. Il a par exemple longtemps travaillé sur les ravageurs et les auxiliaires dans les vergers de manguiers.

De nombreux témoignages de la part de la communauté scientifique française et internationale, de ses collègues et de ses amis ont fait l'éloge de Serge, aussi bien pour ses qualités humaines que pour ses qualités professionnelles. Nous tenons ici, simplement, à lui rendre hommage.

Au revoir Serge, et merci.

Jean-Philippe Deguine, Cirad

> Remerciements

Biophyto est un projet de Recherche & Développement conduit de 2012 à 2014 à La Réunion, portant sur la protection agroécologique des vergers de manguiers. Biophyto s'inscrit dans un contexte où une dynamique agroécologique s'est installée à La Réunion après le déroulement du projet GAMOUR (Gestion Agroécologique des MOUches des légumes à La Réunion), où le Plan national ÉCOPHYTO 2018 en est à mi-parcours et où le Plan agroécologique pour la France est lancé. Le projet Biophyto (Production durable de mangues sans insecticide à La Réunion) porte sur la mise en œuvre de pratiques agroécologiques innovantes dans des sites pilotes, la caractérisation de la biodiversité fonctionnelle dans les vergers, l'analyse économique de la filière et l'étude de la valorisation commerciale de la production. Le projet confronte à la réalité du terrain, les principes de la protection agroécologique des cultures et de la lutte biologique de conservation : suppression de la protection chimique et mise en place de pratiques d'insertion de biodiversité végétale (couvertures végétales notamment) pour favoriser la biodiversité fonctionnelle dans les vergers. Ce projet marque une rupture avec les pratiques classiques de production et représente une étape majeure vers le développement de la Mangue « BIO ». L'objectif du projet Biophyto est triple : a) réunir les partenaires autour de la dynamique de la protection agroécologique des cultures ; b) évaluer les performances d'une protection agroécologique dans un réseau d'exploitations pilotes ; c) étudier les conditions de transfert d'une protection agroécologique en milieu producteur.

La conception et la mise en œuvre du projet Biophyto ont reposé sur l'implication précoce et entière de producteurs de mangues. Le réseau s'est appuyé sur 13 vergers pilotes, avec pour chacun un couple de parcelles (parcelle agroécologique et parcelle témoin) : un verger du Lycée Agricole de Saint-Paul, 7 vergers de producteurs adhérents à des Organisations de Producteurs (OP) relevant de l'AROP-FL, 2 vergers hors OP, 2 vergers en Agriculture Biologique et l'ALEFPA (Association Laïque pour l'Éducation, la Formation, la Prévention et l'Autonomie). L'animation et la coordination ont été réparties en 3 pôles : la gestion administrative et financière du projet est confiée à la Chambre d'agriculture de La Réunion (pôle Développement), le chef du projet est hébergé par le Cirad (pôle Recherche) et la coordination technique est assurée par l'AROP-FL (pôle Professionnel). Le projet Biophyto a donc réuni 13 producteurs de mangues. Onze partenaires techniques impliqués dans la réalisation du projet ont été destinataires de financements 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'Économie 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'Établissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricole (EPLEFPA) de Saint-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 d'Agriculture Biologique de La Réunion (GAB), l'Organisme Certificateur Tropic Océan Indien (OCTROI) et l'Université de La Réunion (IUT de Saint-Pierre). D'autres partenaires techniques ont été impliqués dans la réalisation du projet (hors financements 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 ÉCOPHYTO ont considérablement soutenu et aidé le projet dans son déroulement et ont participé activement au financement de différentes opérations de valorisation et de communication.

En tant que chef de projet et coordinatrice du projet, nous sommes heureux que le projet Biophyto ait pu être conduit jusqu'à son terme, avec des résultats encourageants dont certains sont présentés dans ces actes. Mais ceci n'aurait évidemment pas été possible sans le soutien et la participation de la soixantaine de personnes qui ont participé au projet à différents niveaux, que ce soit chez les partenaires techniques ou chez les décideurs et chargés de mission ayant contribué à l'obtention d'aides et de financements. Qu'ils en soient remerciés.

L'équipe Biophyto remercie les producteurs pour leur implication dans ce projet, et plus spécialement M. Gérald Boyer et Mme. Sandrine Baud pour leur accueil lors des journées de terrain et des « visites producteurs » de ce séminaire. Nous remercions également l'ALEFPA de Genez Rieux avec M. Jean Simon Deschamps et M. Vincent Kleffer, M. Bruno Robinaud, Mme Suzie Cadet, M. Jean Charles De Cambiaire, M. Alexis Gazzo, M. Alexandre Law Yat et M. Thierry Gallmar, le Lycée Agricole de Saint-Paul et M. Xavier Desmulliers, M. Jean Luc Maillot, M. Armand Paulet, M. Célestin Puylaurent et M. Yanis Puylaurent, M. Roland Zitte, M. Antoine Valatchy et Mme Bernadette Valatchy.

Le séminaire Biophyto, intitulé séminaire « Biodiversité et protection agroécologique des cultures », a eu lieu à La Réunion, à Saint-Pierre, du 21 au 24 octobre 2014. Nous remercions les organismes suivants de leur soutien financier pour son organisation ainsi que pour la conception et l'édition de ces actes : les partenaires du Plan ÉCOPHYTO avec la Préfecture de La Réunion, l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), ainsi que l'Office de l'Eau Réunion, et le Crédit Agricole. Pour leur soutien logistique

dans l'organisation de ce séminaire, nous remercions la Ville de Saint-Pierre, la Fédération Régionale des Coopératives Agricoles de La Réunion, Produits Pays Réunion, Crête d'Or, Qualité Rose, Bœuf Pays, la Saphir, la Coopérative des Avirons, Hortibel, et COROI.

Ce séminaire fut l'instance d'échanges et de retours d'expériences ainsi que de présentations 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. Le bilan final du projet Biophyto est plus qu'encourageant. Il montre que les agriculteurs « pilotes » ont volontiers participé à la conception et qu'ils en sont globalement satisfaits. De nombreux résultats ont été présentés lors du séminaire, notamment sur l'appropriation des producteurs pour des techniques telles que l'implantation et la gestion de couvertures végétales, sur la caractérisation et l'évolution de la biodiversité fonctionnelle, sur la caracté-

sation d'outils de valorisation commerciale d'une mangue sans insecticide, sur la production d'outils d'information, de formation et d'enseignement. Certains résultats attendus n'ont pas encore été précisés, notamment en matière d'impact des pratiques sur la production ou de mise au point d'un système d'irrigation bien adapté. La recommandation d'itinéraires techniques précis nécessite l'obtention de résultats complémentaires. Les lecteurs trouveront dans la suite les nombreuses présentations et les nombreux échanges sur les activités et résultats disponibles. Merci à Didier Vincenot et Philippe Laurent pour la relecture attentive de ces actes. La liste des participants au séminaire est donnée en annexe. Quant à vous, lecteurs, puissiez-vous trouver dans le compte rendu de ces résultats autant d'intérêt et de plaisir que nous avons eu à les produire.

Jean-Philippe Deguine (Cirad), Chef du projet Biophyto

Caroline Gloanec (Chambre d'agriculture de La Réunion),
Coordinatrice technique du projet.

> Avant-propos

IUT de Saint Pierre, 21/10/2014 - 9h00, c'est parti, ouverture du séminaire Biophyto. A peine 3 ans après le démarrage du projet, tout est prêt pour accueillir, informer, discuter et envisager les prolongements de Biophyto, projet dédié à la « Production durable de mangues sans insecticide à La Réunion ».

La mangue à La Réunion, c'est 350 ha de vergers pour 2 500 t de fruits/an destinés à la consommation locale et de manière marginale à l'export. La production, conduite essentiellement en mode conventionnel, au-delà des impasses liées à l'utilisation récurrente des produits phytopharmaceutiques, est confrontée aujourd'hui aux enjeux de la préservation de l'environnement et de la santé humaine, ainsi qu'à l'acceptation sociétale du modèle agrochimique. C'est l'ambition de Biophyto de relever le défi d'une rupture radicale dans les pratiques et les stratégies de protection des vergers de manguiers en confrontant les principes de l'agroécologie aux réalités du terrain, parallèlement à la suppression des insecticides. Associant 11 organismes en mode partenarial, le groupe de recherche s'est fixé comme objectif général de produire un référentiel de protection agroécologique de la mangue, transférable aux producteurs à partir de la conception et l'évaluation de pratiques agroécologiques de gestion de la biodiversité végétale dans les 12 vergers pilotes support d'expérimentation. La question de la valorisation commerciale d'une mangue produite en mode agroécologique constitue un axe complémentaire du projet.

Les quatre journées d'échanges de ce séminaire constituent un point d'étape qui témoigne des avancées sur l'insertion de biodiversité végétale dans les vergers en tant que levier au développement d'une biodiversité fonctionnelle renouvelée. L'occasion aussi de valider les acquis en matière de caractérisation de la biodiversité des arthropodes présents dans

les agroécosystèmes, supports de la production de mangues, et d'envisager les suites et développement du projet... parce qu'il faut consolider les données acquises, affiner les modalités de gestion de la biodiversité végétale, mais aussi conforter les changements engagés chez les producteurs.

Si le projet GAMOUR (Gestion Agroécologique des MOUches des légumes à La Réunion – CASDAR 2009-2011) constituait un premier pas vers une gestion agroécologique de bioagresseurs spécifiques, Biophyto peut être considéré comme pionnier dans la mesure où il propose une régulation de l'ensemble des bioagresseurs. C'est probablement cette forte ambition qui a conduit à des situations contrastées en terme d'impact de certains ravageurs (Punaise du manguier, Cécidomyie des fleurs). Aussi, malgré les difficultés d'implantation et de gestion des habitats (enherbement, bandes fleuries, plantes refuges...) ou les émergences soudaines de certains ravageurs, les producteurs impliqués ont rapidement compris et adopté les fondements du concept agroécologique en déployant, pour le plus grand nombre, le « dispositif Biophyto » sur une partie plus large de leurs vergers.

C'est bien dans le défi de la transition écologique et notamment le projet agroécologique pour la France qu'il faut situer le projet Biophyto. Si les 12 producteurs engagés dans le projet sont aujourd'hui des acteurs de ce changement vers un mode de production plus durable, il conviendra de s'assurer de la pérennisation des principes de l'agroécologie à la filière mangue réunionnaise et de leur élargissement aux autres productions fruitières d'intérêt de l'île.

Philippe Thomas,
Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
de La Réunion

Table des matières

OUVERTURE DU SÉMINAIRE

> Discours d'ouverture de Louis Biannic, Directeur de la Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DAAF) de La Réunion	2
> Discours d'ouverture de Jean-Bernard Gonthier, Président de la Chambre d'agriculture de La Réunion	3
> Discours d'ouverture de Philippe Cao-Van, Représentant du Cirad	4
> Discours d'ouverture de Gérald Boyer, Président de l'AROP-FL	4

BILAN ET RETOURS D'EXPÉRIENCES DE BIOPHYTO

> Biophyto : genèse, déroulement, bilan	6
> Outils et enjeux de la coordination d'un projet partenarial.	12
> Outils d'évaluation et observatoire des impacts	12
> Bilan des actions de formation, d'information et de communication ; transfert et développement de la protection agroécologique des cultures (PAEC)	22
> La question de la valorisation commerciale pour une mangue en protection agroécologique des cultures	25
> Mise en place et suivi de pratiques agroécologiques en vergers de manguiers à La Réunion	26
> Insertion de biodiversité végétale dans les vergers de manguiers : les couvertures végétales	31
> Implantation d'un système d'irrigation par aspersion : matériel et recommandations techniques	35
> Changement de pratique d'irrigation lié à une conduite agroécologique du manguiers : effets sur le bilan hydrique et la production	39
> Des bandes fleuries pour favoriser la biodiversité fonctionnelle dans les vergers de manguiers à La Réunion	45
> Insertion de plantes pièges, refuges ou réservoirs d'arthropodes en vergers de manguiers à La Réunion	52
> Impact des pratiques phytosanitaires et culturales	60
> Évaluation de la satisfaction des producteurs et appropriation	66

BIODIVERSITÉ ET PROTECTION AGROÉCOLOGIQUE DES CULTURES

> L'agroécologie et la gestion des interfaces : double enjeu pour le développement agricole et la conservation de la biodiversité	74
> Démarche d'Aménagements Agroécologiques à partir de Plantes Indigènes dans les secteurs horticole, médicinal et mellifère	80
> Indicateurs de biodiversité ordinaire et fonctionnelle : caractériser les liens entre l'état écologique des agroécosystèmes et les régulations biologiques dans les parcelles cultivées	81
> Protection agroécologique des cultures et gestion de la biodiversité	88
> La gestion de la biodiversité dans les agroécosystèmes biologiques	97
> Approches innovantes pour appréhender la complexité des agroécosystèmes : contribution à l'amélioration des services de régulation des stress biotiques	104
> Initiatives en protection agroécologique des cultures menées en partenariat par le Cirad en zones tropicales	111
> Point sur les recherches en protection des cultures à l'échelle européenne	118

> Biodiversité des arthropodes dans les vergers de manguiers à La Réunion : suivi des bioagresseurs dans le réseau Biophyto	123
> Bioécologie de la Punaise du manguiier, <i>Orthops palus</i>	132
> Statut de la régulation biologique de la Cochenille des Seychelles, <i>Icerya seychellarum</i> , par la coccinelle <i>Rodolia chermesina</i> en vergers de manguiers	137
> Diversité des arthropodes dans les vergers de manguiers à La Réunion : inventaires et catalogues.....	141
> Interactions plantes à fleurs - arthropodes dans les vergers de manguiers à La Réunion	145
> Richesse spécifique et recouvrement des couvertures végétales en période de floraison des manguiers à La Réunion.....	154
> Effet des pratiques agroécologiques sur l'évolution des communautés d'arthropodes en vergers de manguiers à La Réunion	159
> Effet des couvertures végétales, des pratiques culturales et du paysage sur les arthropodes prédateurs épigés dans les vergers de manguiers à La Réunion	165

VISITES DE TERRAIN ET ÉCHANGES ENTRE PRODUCTEURS ET ACTEURS

> Retour sur la journée de terrain du mercredi 23 octobre 2014	174
--	-----

AGRICULTURE BIOLOGIQUE, AIDE AU TRANSFERT ET PERSPECTIVES

> DEPHY mangue : présentation des premiers leviers de réduction de phytosanitaires et les apports du projet Biophyto au sein du réseau de fermes.....	178
> Outils d'aide au transfert produits dans Biophyto	182
> Dynamiques et enjeux de développement de l'Agriculture Biologique	186
> État des lieux de l'Agriculture Biologique à La Réunion	194
> Les enjeux de la valorisation et du transfert.....	198
> Perspectives : l'après Biophyto	202
> Le Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle, une formation diplômante adaptable et adaptée aux enjeux de la protection agroécologique des cultures	203

CLÔTURE DU SÉMINAIRE

> Discours de Gérald Boyer, Président de l'AROP-FL.....	208
--	-----

ANNEXES

> Programme du séminaire : avancées scientifiques et retours d'expériences.....	210
> Liste des participants au séminaire	213

Ouverture du séminaire

> Discours d'ouverture de Louis Biannic,

Directeur de la Direction de l'Alimentation,
de l'Agriculture et de la Forêt (DAAF) de La Réunion

Bonjour à tous, responsables d'organismes et producteurs de mangues.

Ce séminaire Biophyto constitue une étape importante à l'échelle de La Réunion en confrontant les principes et règles de l'agroécologie à la réalité du terrain. Ce séminaire dédié à la mangue, démontre, tout comme le programme GAMOUR sur cultures maraîchères, l'enjeu de la sécurisation phytosanitaire dans nos vergers, en terme d'amélioration de la qualité des fruits par des modes de production respectueux de l'environnement via la mise en œuvre de l'agroécologie.

Ce séminaire ne constitue pas un aboutissement mais représente un excellent point d'étape... À cet effet, je sais que les sécheresses successives ont contrarié l'avancement du programme et des résultats. Ceci est une invitation à poursuivre le travail et j'encourage les organisateurs que je salue.

Ce séminaire s'inscrit pleinement dans la feuille de route de l'action publique à La Réunion.

Je souhaite m'attarder quelques instants sur le Plan Réunionnais de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire Durable (PRAAD) qui a été validé au mois de juin dernier. Ce document, qui est le fruit d'une réflexion de 2 ans avec l'ensemble des acteurs du monde agricole et agroalimentaire réunionnais constitue notre feuille de route 2014-2020, et servira de « colonne vertébrale » pour le futur COSDA – Comité d'Orientation Stratégique et de Développement Agricole – institué par la récente loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt. Ce COSDA, qui remplacera notamment la CDOA et sera co-présidé par l'État et le Conseil Général, sera mis en place très prochainement.

Dans cette feuille de route 2014-2020, l'innovation, la « recherche développement », la mutualisation des savoirs faire au service de tous et du projet stratégique des filières agricoles y tiennent une grande place. J'insisterai particulièrement sur la partie transfert des résultats aux exploitants afin que la mise en œuvre concrète du progrès technique puisse réellement faire lever sur les résultats technicoéconomiques des exploitations...c'est là, à mon sens, le cœur des RITA (Réseau d'Innovation et de Transfert Agricole) : nous devons progresser sur la diffusion et l'acceptabilité des résultats, sans oublier la formation... Force est de constater qu'il y a des marges importantes de progression !

Le projet Biophyto, lancé début 2012, a bénéficié d'un financement CASDAR (2012-2014) suite à l'appel à projets d'innovation et de partenariat 2011. Il concerne la production durable de mangues sans insecticide à La Réunion.

Je souhaite souligner plusieurs points d'intérêt de ce projet :

- la culture visée : la mangue est en effet un fruit « emblématique » de La Réunion, qui fait partie du patrimoine culinaire local, de par la multiplicité des utilisations et le nombre de variétés produites ;
- c'est un produit à fort potentiel économique, tant sur le marché local qu'à l'export ;
- face à une invasion de ravageurs ayant touché les producteurs en 2011, et contre laquelle les pesticides autorisés se montraient inefficaces, ce projet montre qu'il existe des méthodes de lutte alternative aux produits phytosanitaires, telle que la lutte biologique de conservation qui associe ici couverture végétale, plantes pièges ou refuges et bandes fleuries.

Ce projet répond aussi par anticipation aux priorités nationales et locales et s'inscrit pleinement dans le cadre des politiques publiques :

- l'agroécologie promue par le ministre en charge de l'agriculture dans le cadre de la loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt ;
- le Plan ÉCOPHYTO qui vise à réduire de 50 % l'utilisation de produits phytosanitaires en 10 ans, et pour lequel nous recevrons prochainement la visite du député M. Potier (les 6 et 7 novembre), dans le cadre de la mission confiée par le Premier Ministre pour faire des propositions pour une nouvelle version de ce plan « ÉCOPHYTO 2 » ;
- le Plan Ambition bio 2017, qui vise à doubler les surfaces consacrées à l'agriculture biologique d'ici fin 2017 ;
- plus globalement, le projet Biophyto s'inscrit dans le cadre du PRAAD et du projet stratégique des filières, évoqué en introduction, qui vise à développer une production locale de qualité tout en préservant l'environnement et notamment la biodiversité en répondant au marché... ;
- il s'agit enfin d'un projet fédérateur qui associe de nombreux partenaires multidisciplinaires : Cirad (chef de projet), Chambre d'agriculture de La Réunion (coordination), Armeflhor, FDGDON, Lycée Agricole ;
- la réussite de ce projet passe par l'implication directe des agriculteurs : expérimentation en milieu producteur, coconception des actions et des systèmes économes en produits phytosanitaires, facilitation de l'appropriation et du transfert ;

- ce projet est en lien direct avec d'autres actions locales déclinées dans le cadre d'ÉCOPHYTO telles que le réseau DEPHY Ferme ;

Pour conclure, ce projet nous montre la voie à suivre pour développer l'agriculture de demain, qui doit s'inscrire dans une démarche agroécologique. Celle-ci passe :

- à chaque fois que c'est possible, par le développement de solutions alternatives aux traitements phytosanitaires ;
- outre l'innovation, le transfert est un enjeu décisif et les conditions sont réunies à La Réunion pour que se développent les RITA ; concernant la filière fruits et légumes, La Réunion possède un plateau technique remarquable avec l'ArmeFlhor, le pôle 3P et les stations Cirad, la biofabrique Coccinelle... qu'il convient de valoriser au mieux ; c'est l'affaire de TOUS ;
- enfin, je terminerai par la nécessaire formation à l'agroécologie, tant par la formation initiale que continue des techniciens et des agriculteurs, en tirant parti de toutes les compétences développées dans les différents organismes.

> Discours d'ouverture de Jean-Bernard Gonthier, Président de la Chambre d'agriculture de La Réunion

Le projet Biophyto, mis en place à partir de 2012, est exemplaire à plusieurs titres. Il a tout d'abord su réunir 11 organismes autour d'un même projet et d'un même objectif. Il assure ainsi le dialogue entre la recherche, le développement et les professionnels avec un pilotage par le Cirad, la Chambre d'agriculture de La Réunion et l'AROP-FL.

C'est aussi un programme totalement innovant qui a été mis en place, avec réussite. La mise en œuvre de ce type de programme sur la mangue est aussi une « première » sur le territoire national.

Il faut savoir que les arboriculteurs se retrouvent dans des impasses techniques face au cortège de ravageurs. Les dégâts peuvent atteindre la totalité d'une production. Un fléau face auquel la lutte par insecticide était devenue inefficace, coûteuse et nocive.

La mise en place d'une méthode de lutte alternative s'imposait donc, sous peine de voir les agriculteurs abandonner leurs cultures.

Le projet Biophyto a permis, en trois ans, d'acquérir des connaissances sur la bioécologie des communautés végétales et animales au sein des vergers et sur les méthodes agroécologiques de protection des cultures.

L'agroécologie est une pratique nouvelle pour nous. Mais elle a fait ses preuves à travers des techniques simples et économiques.

Sur leur exploitation, treize producteurs ont remplacé les traitements phytosanitaires classiques par une protection agroécologique des cultures. Les avancées techniques et scientifiques ouvrent la voie vers de nouvelles pratiques.

Cette solution bénéficie non seulement aux producteurs, mais aussi à l'environnement et aux consommateurs qui achètent des mangues « sans insecticide ».

Par ses compétences, la Chambre d'agriculture de La Réunion apporte un appui technique de proximité auprès des agriculteurs et dans ce cadre, encourage les producteurs à pratiquer des méthodes alternatives aux insecticides. Nous développons une agriculture qui associe viabilité économique des exploitations et respect de l'environnement.

Je tiens, aujourd'hui, à féliciter tous les acteurs du projet Biophyto pour leur action et les producteurs qui ont accepté de jouer les pionniers et d'appliquer une méthode saine pour leur santé et celle des consommateurs.

Je vous remercie de votre attention.

> Discours d'ouverture de Philippe Cao-Van, représentant du Cirad

Monsieur le Directeur de la DAAF,
Monsieur le Président de la Chambre d'agriculture de La Réunion,
Monsieur le Président de l'AROP-FL,

Chers collègues,
Mesdames, Messieurs,

L'approche agroécologique se développe de plus en plus pour faire face aux limites qui se confirment avec les intrants chimiques, les difficultés à protéger les cultures avec le tout chimique, leurs impacts environnementaux, le besoin de prévention de la santé des utilisateurs et des consommateurs, mais aussi leurs impacts économiques... La démarche agroécologique est une composante très forte de la stratégie scientifique du Cirad et se décline dans nos programmations à La Réunion. Alors, Monsieur le Directeur de la DAAF, oui, je vous le confirme, si ce séminaire porte plus particulièrement sur l'approche agroécologique pour la production de mangues, nos actions couvrent déjà d'autres productions et en couvriront encore bien d'autres. J'en profite pour saluer au passage mes collègues d'autres unités de recherche que PVBMT impliqués dans ces démarches agroécologiques et pour certains venus de très loin, en particulier des unités Hortsys et Aida.

L'approche méthodologique développée pour le projet Biophyto reprend les grandes lignes de GAMOUR, un projet aujourd'hui terminé mais qui reste dans nos mémoires comme un grand succès pour La Réunion, par les résultats obtenus en matière de lutte contre les mouches des légumes sur nos cultures de cucurbitacées mais aussi par l'exemplarité du processus de transfert des innovations en ayant regroupé dès le départ tous les maillons professionnels (recherche, expérimentation, encadrement technique, agriculteurs pilotes). Alors, Monsieur le Président de la Chambre d'agriculture de La Réunion et Monsieur le Président de l'AROP-FL, je peux également vous rassurer et vous dire que le transfert des innovations est bien prévu et devrait permettre à l'ensemble des producteurs de mangues de La Réunion de produire mieux.

Le projet Biophyto n'a pas encore apporté toutes les solutions, nous n'en sommes qu'à une étape intermédiaire qui doit déjà permettre des échanges importants. Alors je vous souhaite à toutes et tous un séminaire fructueux.

Merci de votre attention.

> Discours d'ouverture de Gérald Boyer, Président de l'AROP-FL

Monsieur le Représentant de la DAAF,
Monsieur le Président de la Chambre d'agriculture de La Réunion,
Monsieur le Directeur du Cirad,
Mesdames, Messieurs,

C'est avec un certain honneur, que j'interviens aujourd'hui pour ouvrir en collaboration avec les autres représentants du monde agricole, cette séquence de 4 jours, dédiée à un projet innovant au cœur même de la stratégie ÉCOPHYTO 2018.

Face à des consommateurs de plus en plus exigeants et sensibles de l'impact de leur consommation sur leur santé, les producteurs sont à la recherche de modes de production innovants, respectueux de l'environnement et susceptibles d'être mieux valorisés d'un point de vue économique.

C'est pourquoi, l'AROP-FL en tant que représentant des Organisations de Producteurs de fruits et légumes, a participé activement au projet Biophyto Mangue, durant ces 3 dernières années.

Producteur de mangues dans la région de l'Ouest, j'ai personnellement été acteur de ce projet, vous aurez ainsi l'occasion durant la journée de terrain de visiter mon exploitation et de voir en pratique ce qu'est Biophyto.

Ce projet constitue un premier pas en production de mangues sans insecticide à La Réunion, mais le chemin est encore long pour atteindre une production totalement exempte d'intrants. Ce constat difficilement acceptable, est dû à notre climat tropical particulièrement difficile qui amène chaque année un nouveau lot de problématiques phytosanitaires sur nos exploitations.

Aussi, je souligne la nécessité de poursuivre les efforts engagés par les acteurs de la recherche et de l'innovation, afin que Nous, en tant qu'agriculteurs, puissions atteindre l'Excellence.

Je vous remercie de votre écoute.

**Bilan
et retours d'expériences
de Biophyto**

> Biophyto : genèse, déroulement, bilan

J.-P. DEGUINE¹
jean-philippe.deguine@cirad.fr

Résumé

Biophyto est un projet de recherche-développement, qui se déroule de 2012 à 2014 à La Réunion, et qui vise à développer la protection agroécologique des cultures dans les vergers de manguiers. Le partenariat regroupe 11 organismes, de la Recherche, de l'Expérimentation, de la Formation et de Développement agricoles, ainsi qu'une cellule d'animation et de coordination (Chambre d'agriculture de La Réunion, AROP-FL, Cirad). Douze producteurs participent au projet avec la mise à disposition de deux parcelles sur chaque exploitation : une parcelle « Témoin » et une parcelle « Biophyto » sans traitements insecticides. De nombreux résultats sont obtenus dans le cadre du projet, notamment sur l'appropriation des producteurs pour des techniques telles que

l'implantation et la gestion de couvertures végétales, sur la caractérisation et l'évolution de la biodiversité fonctionnelle, sur la caractérisation d'outils de valorisation commerciale d'une mangue sans insecticide, sur la production d'outils d'information, de formation et d'enseignement. Certains résultats attendus n'ont pas encore été précisés, notamment en matière d'impact des pratiques sur la production ou de mise au point d'un système d'irrigation bien adapté. La recommandation d'itinéraires techniques précis nécessite l'obtention de résultats complémentaires.

Mots-clés : Biophyto, agroécologie, lutte biologique de conservation, manguiers, La Réunion

Introduction

Biophyto s'inscrit dans un contexte où une dynamique agroécologique s'est installée à La Réunion après le déroulement du projet GAMOUR (Deguine *et al.*, 2013), où le plan national ÉCOPHYTO en est à mi-parcours et où le Plan agroécologique pour la France est lancé. Le projet confronte à la réalité du terrain, les principes de la protection agroécologique des cultures (Deguine *et al.*, 2008) et de la lutte biologique de conservation (Ferron et Deguine, 2005) : suppression de la protection chimique et mise en place de pratiques d'insertion de biodiversité végétale (couvertures végétales notamment) pour favoriser la biodiversité fonctionnelle dans les vergers. Le projet Biophyto (Production durable de mangues sans insecticide à La Réunion) porte sur la mise en œuvre de pratiques agroécologiques innovantes dans des sites pilotes, la caractérisation de la biodiversité fonctionnelle dans les vergers, l'analyse économique de la filière et l'étude de la valorisation commerciale de la production. Ce projet marque une rupture avec les pratiques classiques de production et représente une étape majeure vers le développement de la mangue « BIO ».

Biophyto prend simultanément en compte les enjeux économiques (productivité, marge brute chez les producteurs), commerciaux (valorisation de la filière), environnementaux (respect de la biodiversité et réduction des risques des pollutions), sanitaires (producteurs et 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 de conservation). Par ailleurs, Biophyto représente une contribution à la préservation de la biodiversité à La Réunion (« hot spot » à l'échelle mondiale). Enfin, le projet participe à la

valorisation de l'image de la mangue, une production traditionnelle et emblématique à La Réunion. En amont, au sein de sites pilotes (agriculteurs « conventionnels » et « biologiques »), Biophyto vise à mettre au point de nouvelles techniques agroécologiques de protection des vergers (gestion des peuplements végétaux), parallèlement à la suppression des insecticides, en s'appuyant sur les services de la biodiversité fonctionnelle renouvelée 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).

Biophyto représente une contribution à l'évolution des itinéraires techniques chez les producteurs de mangues et d'une production de mangues de bonne qualité sanitaire aux 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. Enfin, ce projet confirme en milieu producteur la dynamique agroécologique de protection des cultures déjà initiée à La Réunion.

1. CIRAD
UMR C-53 PVBMT F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

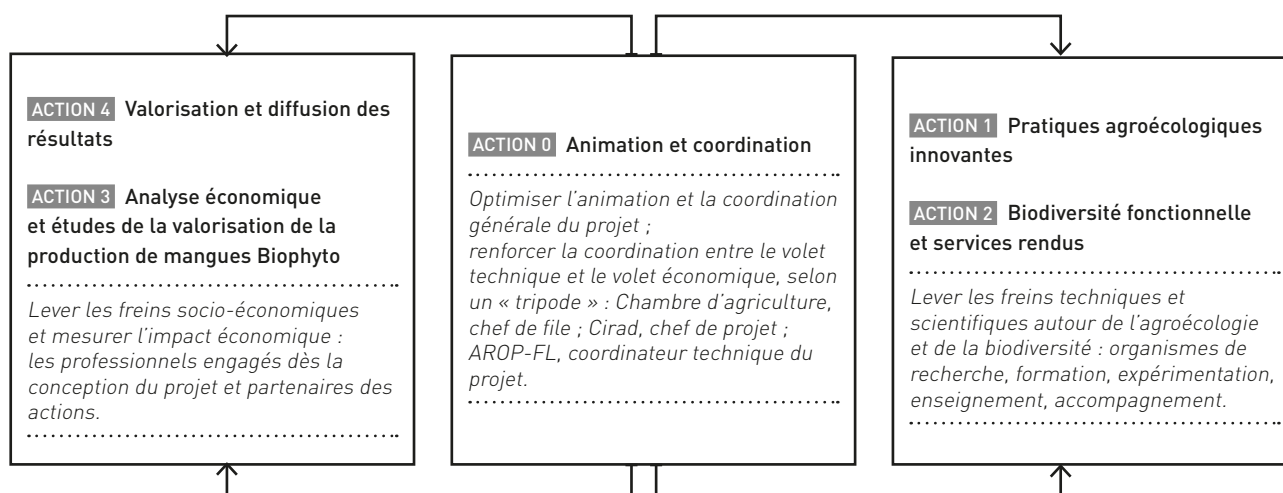
Organisation et partenariat

▼ ORGANISATION

L'animation et la coordination sont réparties en 3 pôles : la gestion administrative et financière du projet est confiée à la Chambre d'agriculture de La Réunion (pôle Développement),

le chef du projet est hébergé par le Cirad (pôle Recherche) et la coordination technique est assurée par l'AROP-FL (pôle Professionnels) (Figure 1).

Figure 1 Présentation de l'organisation et des différentes actions.



▼ PARTENARIAT

Onze partenaires techniques impliqués dans la réalisation du projet ont été destinataires de financements 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 (ArmeftThor), la Chambre d'agriculture de La Réunion, le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad), l'Établissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricole (EPLEFPA) 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 d'Agriculture Biologique de La Réunion (GAB), l'Organisme Certificateur Tropic Réunion Océan Indien (OCTROI), l'Université de La Réunion (IUT de Saint-Pierre).

D'autres partenaires techniques impliqués dans la réalisation du projet (hors financements 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, l'Union européenne.

Les responsables du Plan ÉCOPHYTO ont considérablement soutenu et aidé le projet dans son déroulement et ont participé activement au financement de différentes opérations de valorisation et de communication.

Principaux résultats obtenus

Le recueil des données dans le réseau Biophyto sur le terrain a concerné de nombreux domaines : des données agronomiques et phytosanitaires sur les pratiques des producteurs (pratiques classiques et pratiques agroécologiques), le suivi des principaux bioagresseurs du manguier, les aspects socio-économiques, la perception des pratiques nouvelles par

les agriculteurs, la biodiversité fonctionnelle. Ces résultats sont détaillés dans la suite du séminaire. Certains sont acquis, d'autres sont encore en cours d'acquisition. Certains sont analysés, d'autres ne le sont pas encore. La valorisation commerciale et économique d'une mangue sans insecticide a également été étudiée dans le cadre du projet.

▼ PRODUCTION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

De nombreuses connaissances ont été acquises ou sont en cours d'acquisition par les recherches entreprises dans le cadre du projet. Elles concernent essentiellement la caractérisation de la biodiversité fonctionnelle dans les vergers, l'impact des pratiques agroécologiques (couvertures végétales) et du paysage. D'autres résultats scientifiques portent sur des bioagresseurs clés, mal connus au début du projet. Ces résultats ont fait l'objet de plusieurs publications scientifiques, des posters et de communications dans des congrès nationaux et internationaux (Jacquot *et al.*, 2013a et 2013b ; Atiama *et al.*, 2014). Les résultats ont également concerné l'Agriculture Biologique (Deguine *et al.*, 2013). Une grande partie des résultats est en cours d'analyse.

Les travaux de recherche ont été conduits dans le cadre de deux thèses, l'une sur la biodiversité fonctionnelle, l'autre sur la Punaise du manguier.

▼ LA MISE EN PLACE DE PRATIQUES AGROÉCOLOGIQUES EN MILIEU PRODUCTEUR

Plusieurs pratiques agroécologiques, s'inscrivant dans la dynamique de la Lutte Biologique de conservation, ont été développées dans le cadre du projet Biophyto. Les couvertures végétales, dont l'implantation et la gestion ont été 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. Certains l'ont déjà étendue à une partie ou à l'ensemble de leur exploitation. Des problèmes techniques restent à résoudre (système d'irrigation adapté) et des aspects particuliers sont à l'étude (impact de l'irrigation sur la phénologie du manguier). L'implantation de bandes fleuries dans les vergers a fait l'objet de tests chez certains producteurs. Les producteurs BIO sont particulièrement demandeurs de cette modalité. Des tests sont encore nécessaires pour proposer un mélange adapté. 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 (à une ou deux exceptions près), car elle représente une condition nécessaire à la mise en place de pratiques agroécologiques visant à favoriser la biodiversité fonctionnelle et à rétablir des équilibres écologiques. 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 du manguier), mais elle n'a pas entraîné d'impact sur le rendement dans d'autres cas. Quoiqu'il en soit, l'établissement d'équilibres écologiques, liés 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. La suppression des insecticides s'est accompagnée par la disparition quasi-totale des herbicides, la gestion de la couverture végétale prenant la place de la gestion de l'enherbement par des herbicides. L'utilisation de certains fongicides contre l'oïdium, bien que compatibles avec le cahier des charges Bio, n'a pas toujours été pratiquée et elle a contribué, dans certaines situations, à des pertes de production.

▼ DES OUTILS DE FORMATION ET D'INFORMATION

Des supports représentant les enseignements des retours d'expériences du projet Biophyto, sont valorisés sous différentes formes, à l'attention des professionnels : guide, DVD, posters, etc. Ces supports seront présentés au cours du séminaire.

Un nouvel outil de formation a été conçu dans le cadre du projet : un Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle, sur le thème de la Protection agroécologique des cultures. Il a déjà diplômé 24 professionnels en 2013 et 2014. Un support de formation a été conçu et élaboré sur la base de l'enseignement dispensé dans le CUQP (Deguine *et al.*, 2014)

Un ouvrage, proposant de mettre en relation les principes de la Protection agroécologique des cultures et les retours d'expériences (GAMOUR, Biophyto), va être édité aux éditions Quae en 2015 et mettra à contribution des auteurs de différentes institutions, référentes dans leur domaine. La coordination scientifique de cet ouvrage, à l'attention des professionnels, sera assurée par quelques acteurs du projet Biophyto.

Tout au long du projet, des sessions d'échanges et d'information ont été organisées entre les producteurs et les partenaires du projet. Des réunions d'information ont par exemple été effectuées sur la Punaise du manguier. Dans le même esprit, des supports d'information sur la biodiversité fonctionnelle ont été distribués et commentés sur le terrain, de manière personnalisée auprès de chacun des producteurs du projet.

Le réseau Biophyto a servi d'assise au réseau DEPHY Mangue, mis en place dans le cadre du Plan ÉCOPHYTO, et qui sert à la fois à effectuer des suivis de l'évolution de parcelles de référence, mais aussi à informer et former des professionnels.

Enfin, les actes du Séminaire « Biodiversité et protection agroécologique des cultures » organisé du 21 au 24 octobre à Saint-Pierre, représentent une source d'information technique originale.

▼ DES SUPPORTS POUR L'ENSEIGNEMENT EN AGROÉCOLOGIE

Les expériences enregistrées dans le projet et les résultats déjà obtenus ont été exposés lors de divers enseignements universitaires aux étudiants de DUT Génie Biologique, Option Génie de l'Environnement de l'IUT Saint-Pierre, aux étudiants en Master 2 Best (biologie des écosystèmes tropicaux) de la Faculté de Saint-Denis, aux étudiants en Master 2 GUE (génie urbain et environnement) de la Faculté du Tampon, ainsi qu'à des étudiants d'écoles métropolitaines, en visioconférence (par exemple aux étudiants en Master Gestion Intégrée des Agrosystèmes et Paysages de Bordeaux Sciences Agro).

Une douzaine de stages de fin d'étude ou de césure (de différentes écoles ou universités métropolitaines et réunionnaises), ainsi que deux thèses de doctorat, ont été effectués dans le cadre du projet Biophyto.

Enfin, les données issues du projet Biophyto sont également disponibles et utilisées pour les enseignements des lycées agricoles en agroécologie.

▼ IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Des données socio-économiques obtenues en 2012 (année de transition liée à la mise en place des pratiques) et en 2013, sont en cours d'analyse. Il ressort que les résultats sont assez variables d'une exploitation à une autre et qu'il n'est pas possible de dégager des éléments quantitatifs sur des critères tels que les rendements (deux cyclones en 2012 et 2013 ont altéré la précision des données recueillies). Dans les cas où on observe une perte de production, les économies réalisées sur les quantités de pesticides compensent, tout ou partie, cette perte au niveau de la marge brute. La valorisation commerciale d'une production de mangues sans insecticide devrait pouvoir à l'avenir inciter les producteurs à s'orienter vers des pratiques telles que celles déployées dans le projet Biophyto. La valorisation commerciale du choucho Bio observée aujourd'hui est par exemple le résultat direct du projet GAMOUR. Il faut aussi 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 devraient être accompagnées par des dispositifs d'aide ou d'incitation (MAE, préservation de la qualité de l'eau, etc.).

L'enquête réalisée auprès des producteurs du réseau Biophyto 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, pour la gestion des couvertures végétales dans leur verger. Certains de ces agriculteurs sont sollicités par leurs voisins pour prendre connaissance des techniques utilisées.

▼ UN PARTENARIAT RENFORCÉ POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AGROÉCOLOGIE

Comme pour le projet GAMOUR, le projet Biophyto a permis de faire travailler ensemble des agriculteurs ainsi que des organismes de la Recherche, de l'Expérimentation, de la Formation, de l'Enseignement et du Développement agricoles. Sans que le partenariat soit parfait, les partenaires sont pour la plupart satisfaits du déroulement du projet et des collaborations avec les autres organismes.

▼ INFORMATION ET SENSIBILISATION DU GRAND PUBLIC

Le projet Biophyto a disposé d'un site Internet (<http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Biophyto/>). Des informations ont été dispensées par les partenaires de Biophyto à l'occasion de plusieurs manifestations grand public (Foire de Bras-Panon, Journées Bio, etc.). Une présentation du projet Biophyto a été faite à l'occasion du Colloque ÉCOPHYTODOM à Paris en novembre 2013 (Gloaneac et Deguine, 2013). Plusieurs reportages TV sur le projet Biophyto ont été réalisés et diffusés. Enfin, un séminaire, présentant les avancées scientifiques et les retours d'expériences, intitulé « Biodiversité et protection agroécologique des cultures » a été organisé à l'IUT de Saint-Pierre du 21 au 24 octobre 2014.

▼ UNE IMAGE RENOUVELÉE DE L'AGRICULTURE RÉUNIONNAISE ET UNE CONTRIBUTION AU DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Certains producteurs de mangues se sont aujourd'hui orientés vers des pratiques basées sur la protection agroécologique des cultures. Les enjeux sanitaires, liés à l'utilisation des pesticides, font désormais l'objet de toutes les attentions des pouvoirs publics. Le projet Biophyto contribue à faire évoluer les pratiques phytosanitaires, au bénéfice de la santé des producteurs et des consommateurs.

Les études de marché montrent qu'il existe un potentiel de valorisation de mangues sans insecticide. Le développement d'une mangue Bio doit aujourd'hui être sérieusement étudié. Qui aurait dit, il y a cinq ans avant le lancement du projet GAMOUR, qu'on trouverait aujourd'hui des chouchous Bio à La Réunion, vendus dans les magasins spécialisés mais aussi dans les grandes surfaces ?

Les activités du projet Biophyto ont été placées sur le site Internet du Réseau Mixte Technologique Agriculture Biologique, coordonné par l'Acta et la plupart sont également disponibles sur le site de l'ITAB (Institut technique de l'Agriculture Biologique).

Perspectives : des pratiques à parfaire et à soutenir

Le projet Biophyto a permis de confronter les principes de l'agroécologie aux réalités du terrain. Les premiers résultats et les perceptions constituent des retours d'expériences très originaux et porteurs d'espoirs. Contrairement aux principes de la protection intégrée, la protection agroécologique ne repose pas sur une base agrochimique, mais elle s'inscrit dans une stratégie phytosanitaire privilégiant les mesures préventives (prophylaxie) et se reposant sur des techniques de gestion des habitats. Pour favoriser la biodiversité fonctionnelle dans les vergers, et participer à l'établissement d'équilibres écologiques, les traitements insecticides qui étaient la norme auparavant, doivent être soit supprimés, soit fortement réduits. Cette évolution marque une vraie rupture dans les raisonnements et les pratiques. Elle est parfaitement en harmonie avec les plans nationaux (ÉCOPHYTO, Plan agroécologique) et répond aux enjeux devenus incontournables du respect de l'environnement, de la biodiversité et de la santé humaine.

Aussi le développement de pratiques agroécologiques telles que celles mises en place dans le projet Biophyto, doit faire l'objet d'une attention particulière et d'un soutien par les

pouvoirs publics. Les agriculteurs, qu'il s'agisse des agriculteurs Bio déjà convaincus par une telle approche, ou des agriculteurs « conventionnels » ouverts à changer leurs habitudes, sont aujourd'hui prêts à poursuivre l'expérience. Ce soutien doit d'autant plus être apporté que les premières années de mise en place de pratiques agroécologiques et de suppression des traitements sont les plus difficiles, les plus sujettes à des difficultés socio-économiques liées à de possibles pertes de production.

Par ailleurs, sur un plan technique, agronomique ou socio-économique, certaines données complémentaires sont à recueillir (par exemple rendements mesurés, sans interférences de cyclones comme en 2012 et 2013), des expérimentations sont à poursuivre (mise au point d'un système adapté d'irrigation de la couverture végétale), et les résultats acquis ou en cours d'acquisition devront être convenablement valorisés.

Enfin, il faudra pouvoir dans les années à venir dépasser le cadre et les enjeux phytosanitaires, pour engager une démarche agroécologique de la gestion agronomique du système de culture.

Références bibliographiques

- Atiama M., Ajaguin Soleyen C., Delatte H., Matocq A., Moutoussamy M.-L., Ramage T., Tenailleau M., Deguine J.-P., 2014. Preliminary results on the status of *Orthops palus* (Heteroptera, Miridae), a major pest of mango in Reunion Island. Fifth Quadrennial Meeting of the International Heteropterists' Society, Washington (21-24/07/2014).
- 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., Jacquot M., Tenailleau M., 2013. Influence des pratiques phytosanitaires et de la gestion de couverts végétaux sur la biodiversité fonctionnelle. Cas des arthropodes prédateurs en vergers de manguiers Bio et conventionnels à La Réunion. Colloque DinABio 2013, Tours, 13-14/11/2013.
- Deguine J.-P., Ajaguin Soleyen C., Atiama M., Festin C., Folio N., Gloanec C., Graindorge R., Jacquot M., Le Roux K., Moutoussamy M.-L., Muru D., 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), 81 p.
- Ferron P., Deguine J.-P., 2005. Crop protection, biological control, habitat management and integrated farming. *Agro-nomy for sustainable development*, 25, 17-24.
- Gloanec C., Deguine J.-P., 2013. Biophyto : produire des mangues sans insecticide de manière durable. Colloque ÉCOPHYTODOM, Paris (25-26/11/2013).
- Jacquot M., Tenailleau M., Chiroleu F., Giraud-Carrier C., Atiama M., Ajaguin Soleyen C., Moutoussamy M.-L., Quilici S., Reynaud B., Deguine J.-P., 2013a. Local and landscape effects on the functional biodiversity in mango orchards on Reunion Island. Poster Session. Book of Abstracts, Future IPM in Europe, 19-21/03/2013, Riva del Garda (Italy), 222.
- Jacquot M., Tenailleau M., Deguine J.-P., 2013b. 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.

Questions / Réponses

► **F. Le Bellec** : Plutôt que de parler d'originalité du projet, n'est-ce pas un changement de posture (approche participative / vision globale et systémique) ?

J.-P. Deguine : L'originalité du projet consiste en la confrontation en milieu producteur des principes de la Protection AgroÉcologique des Cultures (PAEC).

L'approche participative est adoptée depuis longtemps à La Réunion ou ailleurs.

► **J.-N. Aubertot** : La gestion agroécologique des stress biotiques doit être mise en œuvre à des milieux supra-parcellaires. Comment faciliter la coordination des acteurs impliqués, notamment en ce qui concerne la gestion des espèces interstitielles ?

J.-P. Deguine : Par un échange d'informations et d'expériences dans les zones naturelles, les zones rurales, les zones tampons entre les deux (zones périphériques) et, probablement un jour, dans les systèmes urbains.

C'est l'objet de la journée 2 du séminaire.

► **J.-N. Aubertot** : Quelle est la généricité des résultats obtenus par Biophyto ?

J.-P. Deguine : C'est un des enjeux du projet. Nous travaillons à étudier les caractères génériques et spécifiques de l'utilisation des résultats. Nous programmons un ouvrage qui abordera : a) les aspects conceptuels de la PAEC, b) les retours d'expériences sur le terrain (GAMOUR, Biophyto), c) les caractères génériques des résultats.

On sait que certains sont adaptables à d'autres situations. Certains sont spécifiques de la culture de la mangue à La Réunion.

► **J.-N. Aubertot** : Le projet Biophyto se focalise sur la gestion des ravageurs. Serait-il possible d'étendre la question aux agents pathogènes et aux plantes adventices ?

J.-P. Deguine : On est confronté à un domaine déjà très large : les arthropodes des vergers de manguiers à La Réunion.

L'approche pour d'autres bioagresseurs (pathogènes, virus, nématodes, champignons) peut s'appuyer sur des grands principes agroécologiques (biodiversité, santé du sol) mais les solutions à concevoir et mettre en place dépendent en grande partie de la bioécologie de ces bioagresseurs.

► **S. Penvern** : Comment avez-vous construit le groupe de producteurs ? Quelles étaient leurs motivations ? Y en avait-il des plus ou moins enclins au changement de pratiques ?

J.-P. Deguine : Certains étaient convaincus (des « Bio »), d'autres sont restés réticents. Une gamme assez large de producteurs, devant les contraintes sanitaires, socio-économiques, environnementales, ont voulu tester chez eux des pratiques nouvelles.

Les discussions avec les agriculteurs ont eu lieu pendant deux ans avant le projet.

► **S. Penvern** : A-t-on intégré des agriculteurs « réticents » en partie dans le projet, afin d'évaluer s'ils ont changé d'avis ? Pourquoi les agriculteurs vous ont suivi ?

G. Boyer : Je peux vous donner plusieurs réponses :

- Il faut savoir qu'aujourd'hui nous sommes devant une impasse phytosanitaire. Du temps de mon démarrage avec mes parents (1987), nous réalisions un traitement par semaine. Nous avons depuis réduit de 80 % nos traitements sous les directives gouvernementales.
- Certains agriculteurs ont eu, dernièrement, un exemple concluant des pratiques écologiques avec le cas de la cochenille du manguiers. En effet, c'est suite à l'arrêt des traitements et au couvert végétal que les coccinelles ont pu reprendre le dessus sur le bioagresseur.
- Le « bâti » qui avance de plus en plus sur les surfaces agricoles fait que les habitations sont de plus en plus proches des exploitations. Il nous est nécessaire de réduire nos traitements.
- Sur les marchés forains, beaucoup d'acheteurs demandent si les mangues ont été traitées ou non. Cela motive les agriculteurs à vouloir répondre à cette demande de mangues « peu » ou « pas » traitées.

- > Outils et enjeux de la coordination d'un projet partenarial.
- > Outils d'évaluation et observatoire des impacts

C. GLOANEC¹ | I. GUIGNARD¹
caroline.gloanec@gmail.com

Résumé

Le projet Biophyto repose sur un système d'expérimentation innovant mettant au cœur du dispositif les agriculteurs. Si les stratégies en rupture avec les pratiques phytosanitaires conventionnelles sont plus souvent mises en œuvre en station expérimentale, le choix de Biophyto s'est porté sur une mise à l'épreuve de la protection agroécologique des cultures en conditions réelles. L'organisation du projet doit donc répondre à la fois au temps du projet (3 ans) et au temps du terrain. De plus, pour répondre aux questions soulevées allant de la re-

cherche au transfert, le nombre de compétences à mobiliser, au travers des partenaires, est importante. La coordination est donc le pivot de ce fonctionnement pour assurer la synergie de tous les acteurs. Un poste à temps plein a été mis en place avec des outils comme l'observatoire des impacts et le groupe inter-acteurs qui ont permis de structurer les actions pour répondre aux objectifs.

Mots-clés : Biophyto, coordination, acteurs, outils

Introduction

Pour rappel, le projet se découpe en 5 axes réunissant sur 3 ans 11 partenaires et 13 exploitations ce qui représente globalement 80 personnes. Un des risques du projet est donc le nombre élevé de participants qui peut être un facteur de blocage et de lenteur. Aussi l'animation et la coordination générales du projet ont fait l'objet d'une grande attention et elles répondent clairement aux attentes de l'ensemble des partenaires. Le trio proposé pour piloter le projet est complémentaire et cohérent. La Chambre d'agriculture de La Réunion, chef de file du projet représente le monde du développement ; le Cirad, qui héberge le chef de projet, représente le monde de la recherche ; l'AROP-FL, qui héberge le coordinateur technique, représente les professionnels de la filière des fruits et légumes à La Réunion. Cette coor-

dination technique est assurée par un ingénieur à temps plein recruté dans le cadre de ce projet et accueilli dans l'organisme représentant les professionnels de la filière mangue, jouant le rôle d'interface entre les volets techniques et économiques (AROP-FL). En effet, la diversité des partenaires, les caractères novateurs et originaux des domaines d'activités du processus allant de l'acquisition de connaissances à la diffusion des résultats impliquent la nécessité d'une coordination à plein temps. Après un rappel sur les particularités du projet, nous regarderons l'organisation de la coordination avec un focus sur le système déployé autour de l'expérimentation puis nous regarderons l'évaluation de ce système par les acteurs du projet.

Particularité du projet : le système d'expérimentation

En protection des cultures, les limites d'une approche consistant à lutter contre un ravageur avec une seule technique sont maintenant reconnues en agronomie (Bellon *et al.*, 2007). Les filières connaissent des difficultés de gestion des bioagresseurs avec des verrous techniques en Agriculture Biologique et les stratégies de recherche d'innovation sont dominées par des approches parcellaires et sectorielles par bioagresseur. L'expérimentation « système de culture » est une étape importante du processus de conception évaluation de systèmes de culture. Elle permet de tester au champ la faisabilité technique et la cohérence agronomique des systèmes de culture les plus prometteurs et d'évaluer leurs résultats agronomiques et techniques, ainsi que leurs performances socio-économiques et environnementales. Elle représente également un lieu d'échanges interdisciplinaires intéressant, pouvant être source d'innovation (Le Pichon *et al.*, 2013).

Cette approche expérimentale se distingue des approches factorielles utilisées plus couramment en agronomie : il ne s'agit pas d'évaluer l'effet d'un facteur, comme par exemple un élément de l'itinéraire technique ou une nouvelle technique, toutes choses égales par ailleurs (réponse de la culture à une dose d'azote par exemple) mais de tester la combinaison des techniques mises en œuvre, en considérant les interactions entre ces techniques à une échelle annuelle et pluriannuelle et leurs effets sur les différentes composantes de l'agroécosystème (Reau *et al.*, 1996 ; Nolot et Debaeke, 2003).

1. CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION
2 Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France

Le système d'expérimentation Biophyto a opté pour une expérimentation *in situ*, mettant au centre les vergers et privilégiant les lieux de dialogue avec les professionnels. Les parcelles expérimentant deux conduites de protection phytosanitaire si possible différentes. Ce système se rapproche donc plus de l'expérimentation « système de culture » que du système mono-factoriel.

L'expérimentation « système de culture » soulève de nombreuses questions méthodologiques. Du fait de la complexité de la conduite de tels dispositifs expérimentaux et de la difficulté à valoriser les résultats obtenus, il est important de faire travailler les différents partenaires en réseau afin de i) échanger sur les méthodes et compétences nouvelles nécessaires à la conduite de ce type d'expérimentation et, ii) partager les résultats et les performances des systèmes de culture testés, en testant notamment un même système de culture ou des systèmes de culture similaires dans différents contextes pédoclimatiques et socio-économiques (Deytieux *et al.*, 2012).

Le projet Biophyto a réuni l'ensemble des partenaires autour des exploitations pilotes en conciliant des objectifs, des façons de travailler, des visions et des approches différentes. De plus, le temps du terrain qui demande une réponse et une réactivité immédiate n'est pas toujours compatible avec le temps du projet. L'organisation du projet a été conçue pour répondre à ces enjeux.

Coordination et animation du projet : l'action 0

Pour répondre à ses différents engagements, le projet Biophyto se structure en cinq actions, chacune portée par un organisme partenaire. La coordination de ces actions représente une action elle-même. Cette tâche a pour objectif la coordination des différentes activités de recherche, techniques, partenariales, financières et de communication du projet. L'organisation, la programmation, la communication interne et le respect du calendrier se font en étroite relation avec l'équipe d'animation du projet qui comprend le chef de projet, le représentant de l'organisme chef de file et le coordinateur technique. Une mission importante de l'action 0 de coordination et d'animation est d'organiser la collecte des livrables du projet et d'appuyer les responsables des actions dans ce but.

La conception du poste de coordinateur a été déterminante pour faire le liant. Le coordinateur est là pour permettre au groupe de travailler dans les meilleures conditions, il a un rôle de médiateur, il est présent sur la durée, il est présent sur tout le temps du projet, il a la nécessité d'assurer la cohésion et la convivialité, il est facilitateur et est en contact avec chacun.

En plus des outils classiques de gestion de projet, deux « outils » particuliers permettent une animation, un suivi et une valorisation du projet : le groupe de travail inter-acteurs et l'observatoire des impacts. Ils ont pour vocation

l'analyse technicoéconomique de la filière et l'étude de la valorisation commerciale. Le groupe de travail inter-acteurs regroupe les différents acteurs de la filière mangue et l'observatoire des impacts est le système d'information permettant la centralisation des données récoltées dans les vergers pilotes. Il transforme ces données en indicateurs des impacts agronomiques, environnementaux, économiques et sociaux.

Structuration et diffusion de l'information

Pour permettre un même niveau d'information, des outils classiques de gestion de projet ont été mis en place avec l'organisation de comités de pilotage en début d'année et de réunions d'information par trimestre. Ces réunions permettent de faire le point de l'état d'avancement du projet avec les partenaires techniques du projet. Des réunions thématiques sur une action ou un sujet particulier ont permis d'approfondir certains points en particulier. Cette communication interne est le minimum pour assurer la transmission des résultats de chacun afin de décloisonner l'information. Elles ont fait l'objet de comptes rendus diffusés aux participants. Mais avec 11 partenaires, ces réunions se faisaient à 15 ou 30 personnes et couvraient les 5 actions, ce qui entraînait des ordres du jour lourds et le manque de place pour le dialogue. Certains partenaires plus éloignés des actions de terrain ont pu se sentir noyés par la quantité d'information.

Pour pallier à ce défaut de communication, un groupe réunissant l'organisme chef de file, le chef de projet, les animateurs d'actions et le coordinateur a permis le pilotage des grandes lignes d'actions ou de décisions. Ce groupe permettait une représentativité des différentes responsabilités du projet et univers du milieu agricole. Les relations bilatérales, via le groupe inter-acteurs, les comptes rendus, la lettre de diffusion d'information, ont permis au coordinateur de relayer les différentes informations aux partenaires.

Pour la planification, le site intranet, pour des raisons techniques, n'a pas fonctionné et a rajouté des difficultés à l'organisation des actions et le partage de documents. Il était notamment prévu un outil de planification via cette plateforme qui n'a pas pu être mis en place.

Système d'information et observatoire des impacts autour de l'expérimentation

Concernant l'orchestration des actions d'expérimentation, autant la démarche a été bien formalisée, autant elle reste complexe à mettre en œuvre du fait de la diversité des objectifs visés par l'expérimentation « système de culture », de la complexité de l'objet d'étude, des spécificités méthodologiques, et de la diversité des compétences à mobiliser pour la conduite de ces expérimentations (Deytieux *et al.*, 2012).

Contrairement à l'approche factorielle où il s'agit de comparer différents traitements pour sélectionner l'optimum, comme on le fait avec des courbes de réponse par exemple, les expérimentations « système de culture » consistent en premier lieu à tester la capacité du système de culture à satisfaire les objectifs assignés en termes agronomiques et technicoéconomiques et plus récemment en termes de contribution au développement durable. Il s'agit plus de tester une stratégie de gestion et des combinaisons de techniques permettant de satisfaire des objectifs dans une diversité de contextes que de rechercher le meilleur système de culture pour un contexte expérimental précis (Reau *et al.*, 1996). Ceci suppose donc que l'expérimentation « système de culture » intègre les spécificités locales du site d'expérimentation et autorise l'adaptation du système de culture étudié (objet étudié) et du protocole de suivi (observations et mesures pour le suivi expérimental).

Les itinéraires techniques ont été discutés entre les différents partenaires et le système d'information a été mis en place pour permettre des ajustements en temps réel. Le déploiement des équipes a été défini pour assurer la bonne circulation de l'information (Figure 1).

Figure 1 Présentation du déploiement des différentes équipes entre les partenaires du projet.

Type de données	Type de site pilote	Organisme en charge de suivi
Agronomique	OP	OP / AROP-FL
	Hors OP	Chambre d'agriculture de La Réunion
	AB	GAB
	EPLEFPA	Lycée Saint-Paul
Phytoprotecteur	Tous	FDGDON
Gestion habitats	Tous	Armefflor / Farre
Comportement manguier	Tous	Cirad
Stratégie	Tous	Cirad

OP = organisation professionnelle

Tout d'abord une répartition des suivis a été faite selon le type de données, le type de parcelle et dédiée à un organisme, ce qui représente une trentaine de personnes. Cinq types de données ont été identifiés. Les données agronomiques suivies par les techniciens des organisations de producteurs, la Chambre d'agriculture de La Réunion, le Groupement en Agriculture Biologique, le lycée de Saint-Paul et l'ALEFPA de Genes Rieux ont permis par un passage régulier, de suivre les données liées aux interventions culturales, la phénologie du manguier, l'irrigation et les estimations de rendement.

Les données phytosanitaires ont permis un suivi des dégâts et abondance des ravageurs par la FDGDON. Les données concernant la gestion des habitats se sont focalisées sur le suivi des pratiques d'insertion de la biodiversité (couverture végétale, bande fleurie et plantes pièges). Un système de règles de décisions et de procédure a été mis en place (Figure 2).

Pour chaque suivi, des indicateurs ont été définis avec des protocoles, des fréquences de passage et des modalités de transmission des informations pour y répondre. Un cahier de notation a été mis en place sur chaque parcelle pour assurer le suivi.

Ces données ont été centralisées par l'animateur de l'action d'expérimentation et le coordinateur grâce à un outil : l'observatoire des impacts offrant une base de données améliorée et construite en collaboration avec le projet FEADER ECOFRUT via un logiciel Agref pour permettre des sorties rapides.

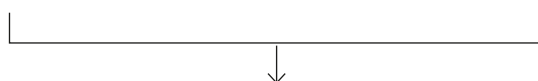
Cette centralisation de l'information permet une retransmission de l'information via des bulletins, des bilans ; de répondre à des besoins de formation, d'ajustement de méthode, de logistique ou permet une réponse/action aux questions de terrain via une procédure de rétrocontrôle (Figure 3).

Afin de rendre opérationnel ces processus, un système documentaire a été mis en place (Figure 4).

Un bulletin d'information était diffusé à ces derniers intervenants pour suivre l'actualité sur les expérimentations réalisées sur les sites pilotes.

Figure 2 Présentation de la répartition des suivis et du recueil des données entre les partenaires.

RECUEIL DES DONNÉES DE TERRAIN		
Quoi	Qui	Comment
Suivi agronomique - Phénologie - Irrigation - Opérations culturales - Estimation rendement	- Technicien OP - Chambre d'agriculture - GAB - Lycée	- Protocole suivi agronomique - Cahier notation - Suivi / 11 jours
Suivi phytosanitaire - Classe abondance et dégâts punaise - Classe abondance et dégâts thrips - Dégâts cécidomyie des fleurs et feuilles - Présence / absence oïdium, anthracnose et bactériose - % commercialisable - Classe abondance cochenille	- FDGDON	- Protocole suivi phytosanitaire
Suivi Gestion des habitats - % recouvrement - Hauteur	- Farre - Armeflhor	- Protocole suivi de couverture et plantes hôtes - Cahier notation - Suivi / 15 jours
	- Cirad	- Protocole suivi bandes fleuries
Suivi comportement manguier et irrigation - Phénologie +++ - Bilan hydrique	- Cirad	- Protocole suivi phénologique et irrigation
Suivi stratégie exploitation - Bilan technico économique	- Cirad	- Protocole suivi stratégie exploitation
Visite terrain	- Coordinateur	- Cahier notation
Pluviométrie	- Coordinateur	- Site margouill@



CENTRALISATION / DIFFUSION				
Qui	Comment	À qui	Finalité	
Animatrice Action 1 Coordinateur	- Bulletin d'information - Bilan / site - Bilan / thématique - Formation - Logistique - Ajustement méthode	- Partenaires	- Coordination actions	
	- Réponse, action, formation et bilans	- Sites pilotes	- Retro contrôle	
Coordinateur	Observatoire des impacts	- Intranet	- Partenaires	- Communication interne
		- Fiche bilan et restitution	- Sites pilotes	
		- Site web - Newsletter - Animation Foire	- Extérieur	- Communication externe
		- Indicateurs Impact socio éco et environnemental	- Partenaires, sites pilotes et environnemental	- Information

Figure 3 Présentation du système d'information.

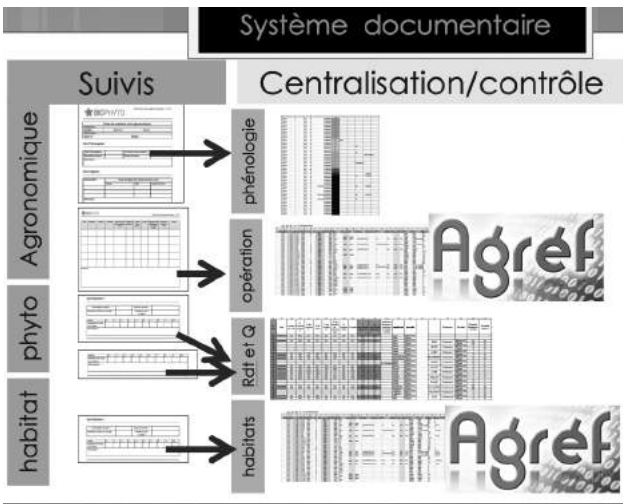
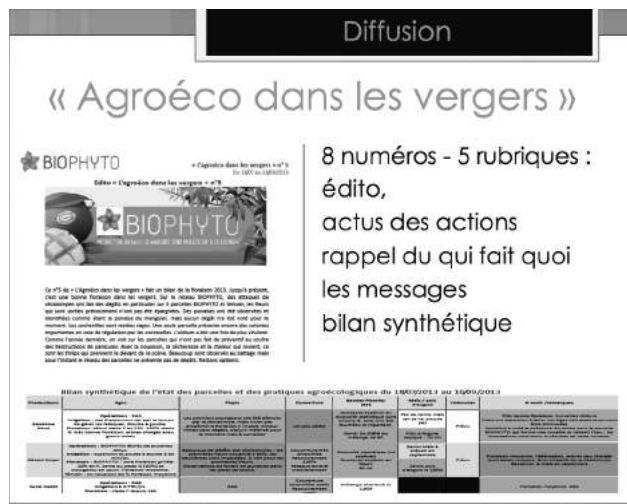


Figure 4 Présentation de la newsletter « Agroéco dans les vergers ».



Évaluation du projet du côté des partenaires

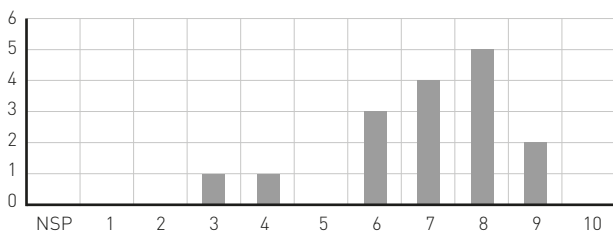
Une enquête de satisfaction a été menée auprès de l'ensemble des interlocuteurs de chacun des organismes partenaires du projet. Pour cela seize acteurs ont été interrogés parmi les onze partenaires du projet dans le cadre du travail d'Ida Guignard.

Pour chacune des questions, une note de satisfaction allant de 1 à 10, avec 1 : pas du tout satisfait et 10 : très satisfait, ainsi qu'une justification était demandée.

▼ **À la question** « à combien estimez-vous votre satisfaction générale du projet Biophyto ? Pourquoi ? », les partenaires ont répondu comme suit :

Figure 5 Satisfaction générale des partenaires.

Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait
NSP = Ne se prononce pas



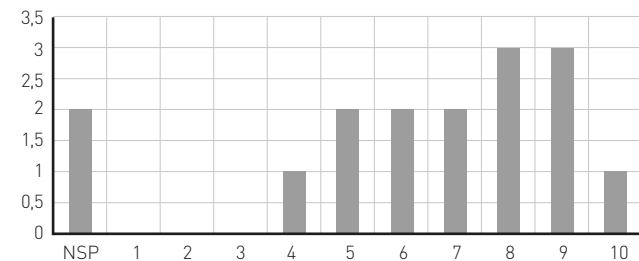
De façon générale, les seize partenaires interrogés sont satisfaits du projet : onze d'entre eux ont donné une note supérieure ou égale à 7/10. C'est un projet « ambitieux », « pluridisciplinaire » et « novateur » qui a accordé une bonne place aux producteurs : fort degré d'implication, échanges réguliers avec les techniciens, etc. Cependant certains partenaires regrettent de ne pas avoir été plus loin, notamment

à cause de la courte durée du projet. Il a également été mentionné que la multiplicité des partenaires a parfois induit des difficultés de communication.

▼ **À la question** « à combien estimez-vous votre satisfaction sur la conception du projet Biophyto ? Pourquoi ? ».

Figure 6 Satisfaction des partenaires sur la conception du projet.

Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait
NSP = Ne se prononce pas



Les partenaires sont plus partagés sur l'aspect conception du projet. Sept des seize partenaires interrogés en sont très satisfaits et ont donné une note supérieure ou égale à 8/10 car « tous les aspects ont été intégré : agronomique, écologique, économique, etc. ». De plus, « le choix des parcelles et des producteurs était très bien ». D'autres partenaires sont plus réservés et estiment qu'il « aurait fallu faire plus de recherche en amont » et améliorer « la conception avec les partenaires », car leur nombre élevé a parfois posé des problèmes à la coordination. Deux partenaires n'étaient pas présents lors de l'étape de conception du projet et ne se prononcent donc pas.

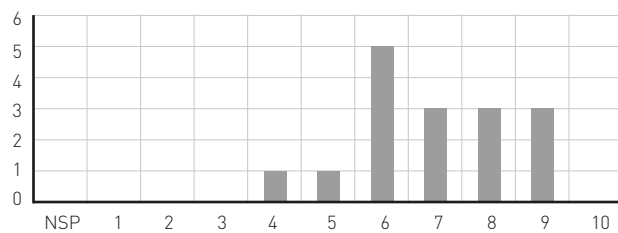
▼ **À la question** « êtes-vous satisfait de l'atteinte des objectifs fixés en amont du projet ? »

Objectifs généraux :

- mobiliser l'ensemble de la filière autour de la valorisation d'une mangue produite sans insecticide ;
- concevoir et transférer une protection agroécologique du manguier
- valoriser et diffuser le mode de production proposé. »

Figure 7 Satisfaction des partenaires quant à l'atteinte des objectifs généraux fixés en amont du projet.

Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait
NSP = Ne se prononce pas



Sur ce point également les avis des différents partenaires diffèrent. Certains partenaires se sont dits très satisfaits de l'avancée du projet et six partenaires ont donné une note supérieure ou égale à 8/10. D'autres partenaires estiment l'atteinte des objectifs « partielle » et qu'« il reste des choses à faire » pour différentes raisons :

- l'ensemble des producteurs de la filière n'a pas été touché et le CUQP n'a pas pu concerner l'ensemble des producteurs ;
- sur l'aspect technique, il y a « un manque de recul sur les itinéraires techniques », et « certains protocoles ont changés entre le début et la fin du projet » ;
- l'aspect transfert et diffusion des résultats est à améliorer, tout en « restant vigilant car on n'a pas encore beaucoup de recul » ;
- l'aspect valorisation reste flou car il n'y a « pas assez de recul » à cause des deux cyclones.

Le séminaire pourra être « un tremplin pour la suite » car il permettra d'avoir « une vision plus globale » et de « faire réagir de nouveaux acteurs ».

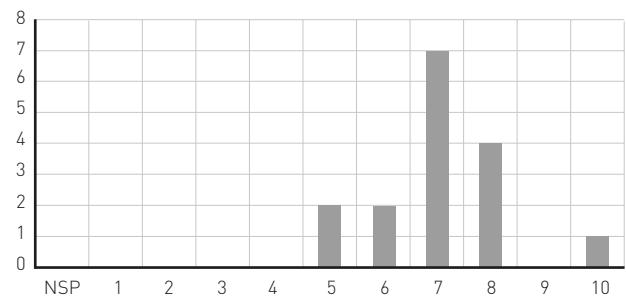
▼ **À la question** « comment qualifieriez-vous votre satisfaction de l'organisation générale du projet ? Quels aspects pourraient être améliorés ? »

Les partenaires sont globalement satisfaits de l'organisation générale du projet puisque douze sur seize ont donné une note supérieure ou égale à 7/10. En amont du projet, l'aspect « programmation aurait pu être amélioré » notamment au moyen d'outils de planification afin de mieux organiser les différentes actions. « Les objectifs en matière de résultats auraient pu être mieux définis » et les protocoles améliorés particulièrement dans la partie suivi phytosanitaire. De plus, plusieurs partenaires ont regretté un manque de communi-

cation qui a pu « freiner le projet » Un partenaire a regretté l'évolution du projet malgré un bon consensus initial.

Figure 8 Satisfaction des partenaires sur l'organisation générale du projet.

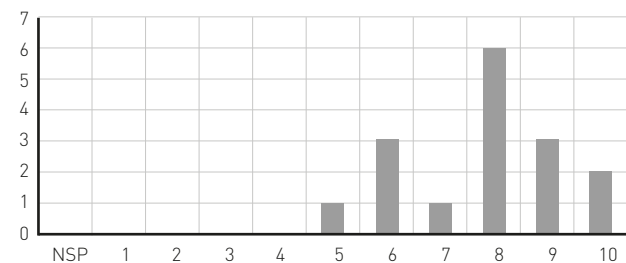
Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait
NSP = Ne se prononce pas



▼ **À la question** « comment qualifieriez-vous votre satisfaction de la coordination du projet, entre les partenaires et entre les actions ? »

Figure 9 Satisfaction des partenaires sur la coordination du projet.

Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait
NSP = Ne se prononce pas



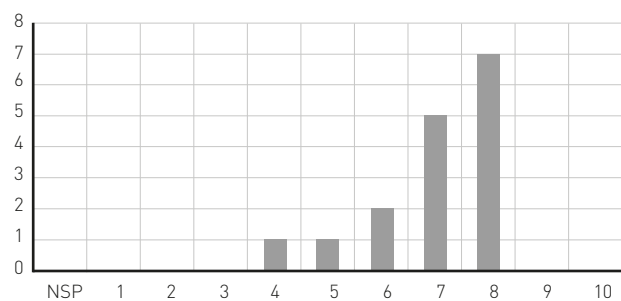
La coordination a été globalement très satisfaisante avec onze partenaires sur les seize interrogés qui ont donné une note supérieure ou égale à 8/10. La coordinatrice a été « très énergique » et a réalisé un « gros travail pour favoriser les liens entre producteurs, les partenaires, entre les essais ». L'aspect communication extérieure « a été très bien maîtrisé ».

Cependant une meilleure « compréhension des rôles de chaque partenaire » et notamment des animateurs aurait pu faciliter la coordination. De plus, malgré « des efforts pour essayer de mettre en relation les acteurs » et « des comptes rendus réguliers », la communication inter-partenaire a parfois été compliquée.

▼ **À la question** « à combien estimez-vous la contribution du projet Biophyto à l’approfondissement des connaissances en protection agroécologique des cultures de mangue ? »

Figure 10 Apport du projet pour l’approfondissement des connaissances en agroécologie.

Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait
NSP = Ne se prononce pas

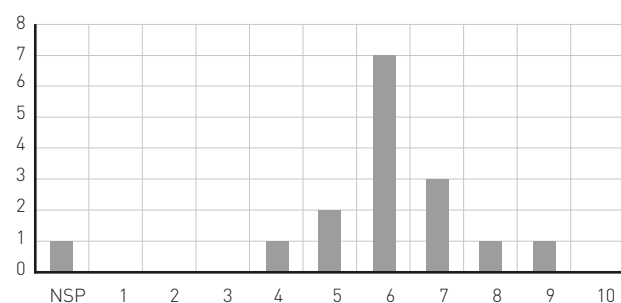


Les partenaires estiment que le projet a globalement bien permis d’approfondir les connaissances en agroécologie. Certains partenaires ont observés une avancée des connaissances sur les concepts de l’agroécologie, sur la faune des vergers. Un partenaire regrette qu’ « étant donné la complexité et le temps limité, on n’a pas les données pour évaluer les méthodes » mises en place lors du projet. Sur certaines thématiques « il reste encore du travail, par exemple sur les mélanges des bandes fleuries ».

▼ **À la question** « à combien estimez-vous la contribution du projet Biophyto au développement de l’aspect technique de la protection agroécologique des cultures de manguiers ? »

Figure 11 Opinion des partenaires sur l’apport du projet pour le développement de l’aspect technique de la protection agroécologique des cultures.

Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait
NSP = Ne se prononce pas

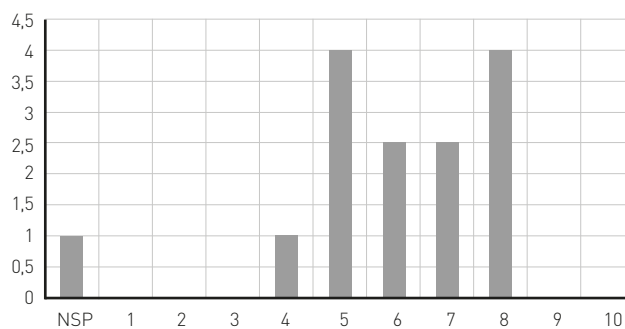


Les partenaires sont partagés sur cet aspect. « La grosse victoire, c’est l’arrêt de l’herbicide » et la mise en place d’une couverture végétale même si c’était « déjà connu ». À l’inverse, « il faut encore un approfondissement des recherches » afin d’avoir un réel recul sur les bandes fleuries et les plantes hôtes et pièges pour « pouvoir apporter un réel conseil aux agriculteurs ».

▼ **À la question** « à combien estimez-vous la contribution du projet Biophyto au développement de l’Agriculture Biologique ? »

Figure 12 Opinion des partenaires sur l’apport du projet pour le développement de l’Agriculture Biologique.

Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait
NSP = Ne se prononce pas



Les partenaires sont moyennement satisfaits de l’apport du projet pour le développement de l’Agriculture Biologique : la moitié des personnes interrogées ont données une note inférieure ou égale à 6/10.

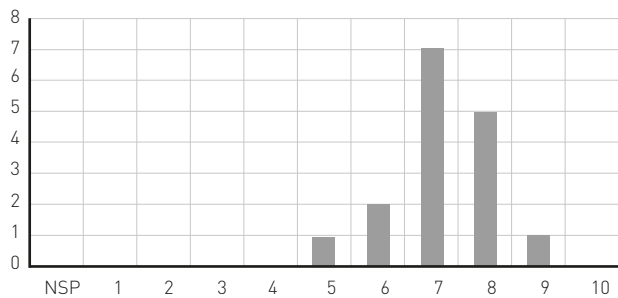
La plupart des agriculteurs bio « qui font partis du projet avaient déjà ce genre de pratiques en place » et il manque des « résultats sur la lutte contre les ravageurs » et sur l’aspect technique pour réellement contribuer au développement de l’AB. Le projet ne concerne qu’une thématique du bio, le sans insecticide. Cependant, le projet « va dans le bon sens », et « concourt au développement de l’AB » car « ça a permis de montrer aux agriculteurs en conventionnel que ça marche, de mettre en avant ce que l’on faisait déjà et de conforter que le bio n’est pas impossible ». Certains producteurs partenaires du projet sont d’ailleurs « intéressés pour aller vers l’AB » même si ce ne sont que des initiatives.

▼ **À la question** « à combien estimez-vous la contribution du projet Biophyto à la mise en réseau des acteurs ? »

La multiplicité des partenaires du projet est l’un « des atouts du projet ». Les partenaires sont satisfaits d’avoir pu travailler avec de nouveaux acteurs et producteurs, même si certains avaient déjà pu travailler ensemble lors du projet GAMOUR ou PFI. Cependant, ce multi-partenariat a également complexifié l’organisation du projet. « Ce qui a péché c’est la communication », et le « manque de cohésion entre les acteurs, de liens entre les actions ».

Figure 13 Satisfaction des partenaires sur la mise en réseau des acteurs grâce au projet BIOPHYTO.

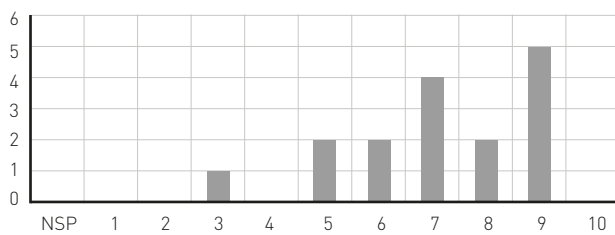
Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait
NSP = Ne se prononce pas



▼ **À la question** « comment qualifieriez-vous la communication interne du projet (accès aux informations qui vous concernent, transmission de vos données aux partenaires intéressés) ? »

Figure 14 Satisfaction des partenaires sur la communication interne du projet.

Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait
NSP = Ne se prononce pas



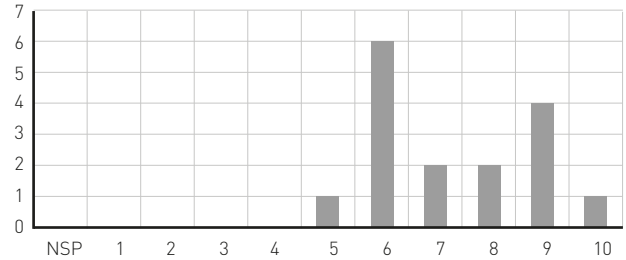
La communication interne entre les acteurs du projet divise les partenaires. En effet, sept sur seize se disent très satisfaits, et ont donné une note supérieure ou égale à 8/10. La communication a « très bien été animée par la coordinatrice », il y a eu des « réunions régulières » et des réponses rapides lorsqu'il y avait des interrogations. La mise en place d'une newsletter et de *l'Agroéco dans les vergers* a permis de faire des points réguliers sur l'avancée des travaux. Chaque acteur aurait pu rédiger une lettre de diffusion comme *l'Agroéco dans les vergers* afin d'améliorer le transit des informations.

Cependant, six partenaires sont moins satisfaits de cet aspect et ont donné une note inférieure ou égale à 6/10. Le « manque de transmission d'informations entre les différents partenaires est préjudiciable au projet » et il y a parfois de la rétention d'informations. Les comités de pilotage sont « assez lourds » « chacun amène ses données sans conclusions » et il manquait souvent de temps pour approfondir les sujets. Cela n'a pas été facilité par des changements d'interlocuteurs au cours du projet.

▼ **À la question** « comment qualifieriez-vous votre compréhension générale du projet ? »

Figure 15 Compréhension générale du projet par les partenaires.

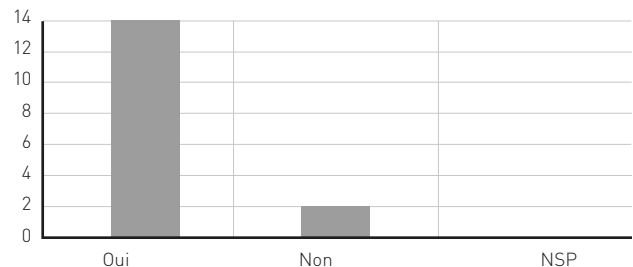
Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait
NSP = Ne se prononce pas



La compréhension générale du projet est majoritairement bonne mais incomplète pour les partenaires. Les réunions trimestrielles et les comités de pilotage étaient parfois trop courts et les partenaires se disent « noyé dans les informations ». Ils sont souvent à jour sur les actions qui les concernent mais ne sont pas complètement au courant de tous les travaux qui sont menés. Le séminaire sera l'occasion de donner une vision du projet dans son ensemble.

▼ **À la question** « au vue de ce bilan, êtes-vous content d'avoir participé à ce projet ? »

Figure 16 Satisfaction des partenaires sur leur participation au projet.



La grande majorité des partenaires se disent très content de participer au projet Biophyto. Ils estiment que le projet a répondu aux principaux objectifs fixés. Le projet fait « évoluer l'agriculture dans le bon sens », et les producteurs sont satisfaits des pratiques proposées et les ont adoptées. La mise en place d'un partenariat est également l'un des points forts du projet.

Certains partenaires regrettent de ne pas avoir eu le temps d'approfondir les recherches notamment sur les bandes fleuries et les plantes hôtes, pour avoir des résultats.

La poursuite des suivis pourrait être profitable pour « avoir du recul sur l'impact des pratiques ».

Deux partenaires ne s'estiment pas satisfaits d'avoir participé au projet : l'un car il lui a demandé un fort engagement, l'autre parce qu'il estime que les protocoles et les conditions de travail ont évolué au cours du projet.

Évaluation du projet du côté des producteurs

Une enquête a été réalisée auprès des producteurs. Elle nous renseigne sur leur appréciation du projet, ainsi que les pistes d'amélioration.

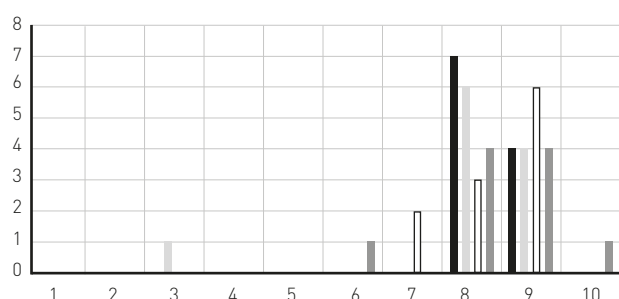
▼ À la question « comment qualifieriez-vous :

- la conduite du projet Biophyto ?
- sa mise en place ?
- le suivi effectué sur vos parcelles ? A-t-il été assez fréquent ? De bonne qualité ?
- le conseil qui vous a été fourni ? »

Les 11 producteurs interrogés ont répondu comme suit :

Figure 17 Satisfaction des producteurs quant à la conduite générale du projet, sa mise en place, le suivi effectué sur les parcelles et les conseils fournis.

■ Conduite générale ■ Mise en place □ Suivi ■ Conseil



L'ensemble des producteurs est satisfait de la conduite générale du projet : 100 % des notes sont supérieures ou égales à 8/10. Un agriculteur n'avait pas bien compris le but du projet lors de sa mise en place et un autre regrette l'aspect trop expérimental du projet qui ne permet pas d'avoir des conclusions concrètes.

Le suivi a été également été satisfaisant, les passages sur les parcelles n'ont pas perturbé le travail des producteurs et ils apprécient les échanges réguliers avec les techniciens. Un agriculteur regrette le manque de passage sur ses parcelles et un autre a estimé ne pas avoir été assez épaulé dans la mise en place de la bande fleurie. Le contact avec la coordinatrice a toujours été bon et l'ensemble des producteurs est satisfait de sa forte implication dans le projet.

▼ À la question « le projet a-t-il abordé l'ensemble des thématiques qui vous semblent pertinentes dans le projet ? Quelles améliorations pourraient être apportées au projet ? »

Certaines améliorations ont été proposées :

- lors de la mise en place du projet et afin de mieux diffuser les principes agroécologiques à l'issue du projet, il peut être intéressant de faire visiter des parcelles conduites avec des pratiques agroécologiques existantes pour exposer les progrès ;
- l'aspect valorisation aurait pu être plus approfondi ;
- mieux adapter les pratiques aux différentes exploitations : certaines pratiques ne peuvent pas être étendues à une exploitation de très grande taille la surcharge de travail serait trop importante ;
- la durée du projet paraît trop courte pour plusieurs producteurs.

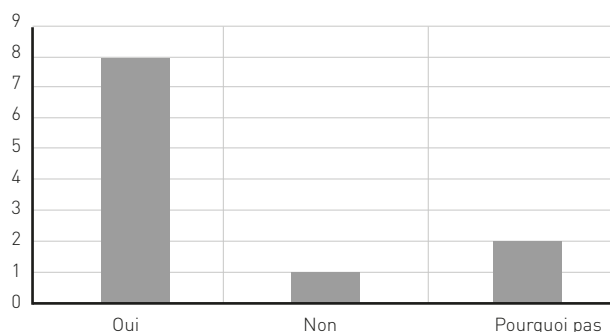
La conduite du projet a été globalement très satisfaisante, notamment grâce au travail de la coordinatrice.

▼ À la question « quelles sont vos attentes pour la suite du projet ? Quels seraient vos besoins ? »

La majorité des producteurs estime que la durée du projet est trop courte pour avoir assez de recul et qu'il faudrait le faire perdurer. Ils sont en attente des conclusions du projet principalement sur l'aspect technique : quelle est l'utilité réelle des bandes fleuries et des plantes hôtes et auxiliaires, quel est l'impact des pratiques sur les rendements et les dates de floraison, quels moyens de lutte biologique contre les ravageurs, et quel mode de valorisation de produits. De plus, certains producteurs souhaitent un approfondissement des recherches plus particulièrement sur la Mouche des fruits, la Cécidomyie des fleurs et la Punaise du manguier.

▼ À la question (en lien avec la précédente) « Si oui pensez-vous avoir besoin d'un suivi régulier ou pouvez-vous gérer de façon autonome ces nouvelles pratiques ? »

Figure 18 Opinion des producteurs sur la nécessité de continuer les suivis sur les parcelles à l'issue du projet.



Mis à part un, l'ensemble des producteurs partenaires souhaiterait que les suivis continuent, même de façon plus légère, afin d'avoir un interlocuteur régulier et d'être à jour sur les avancées et les innovations en agronomie. Le maintien d'un mouvement collectif entre les agriculteurs permettrait également de faire perdurer la dynamique et d'éviter que chaque agriculteur retourne à ses anciennes pratiques.

▼ **À la question** « avez-vous déjà conseillé ces pratiques à d'autres agriculteurs ? », certains producteurs essaient de transmettre les pratiques agroécologiques autour d'eux en se limitant aux pratiques pour lesquelles ils ont pu observer des résultats, c'est à dire essentiellement l'arrêt des herbicides et la mise en place d'une couverture. Ils comptent sur les résultats du projet pour renforcer leur argumentaire.

Le manque de recul sur la production, en particulier à cause des cyclones, les pousse à vouloir continuer le projet. Ils souhaiteraient donc continuer de bénéficier d'un suivi spécifique aux pratiques agroécologiques.

Remerciements

Un grand merci à Ida Guignard pour son travail remarquable au sein de Biophyto et qui a entre autres mené le travail d'évaluation de la satisfaction du projet auprès des acteurs. Elle termine son rapport avec pour regret de ne pas pouvoir « être présente lors du séminaire de restitution du projet, en octobre 2014 ». Nous la remercions donc chaleureusement et avons une petite pensée pour elle et sa contribution au séminaire Biophyto. Enfin un grand merci aux partenaires et producteurs

avec qui ça a été un plaisir de travailler. En plus de leur fort engagement sur ce projet ambitieux, je remercie tout le monde pour cette formidable expérience humaine.

Références bibliographiques

■ Bellon S., Deverre C., Lamine C., 2007a. Des paradigmes en matière de protection des cultures. Séminaire Gedupic, 28/03/2007.

■ Deytieux V., Vivier C., Minette S., Nolot J.-M., Piaud S., Schaub A., Lande N., Petit M.-S., Reau R., Fourrié L., Fontaine L., 2012. Expérimentation de systèmes de culture innovants : avancées méthodologiques et en réseau opérationnelle. *Innovations Agronomiques*, 20, 49-78.

■ Le Pichon V., Filleron E., Ricavy I., Taussig C., Bellon S., 2013. Favoriser les innovations agroécologiques par une approche multi-niveaux des besoins d'expérimentation en productions végétales. *Innovations Agronomiques*, 32, 285-296.

■ Nolot J.-M., Debaeke P., 2003. Principes et outils de conception, conduite et évaluation de systèmes de culture. *Cahiers Agriculture*, 12, 387-400.

■ Reau R., Meynard J. M., Robert D., Gitton C., 1996. Des essais factoriels aux essais "conduite de culture". In : Expérimenter sur les conduites de cultures: un nouveau savoir-faire au service d'une agriculture en mutation. Ministère de l'agriculture, Acta, Comité potentialités, 52-62.

Questions / Réponses

► **J.-F. Bénard** : Quel est le niveau d'homogénéité/hétérogénéité dans le choix des agriculteurs au niveau de leurs profils (par exemple formation) et de leur situations géographiques (altitude, climat, autre) ?

C. Gloanec : Le choix des sites pilotes a été fait sur différents critères. Au niveau des producteurs, nous avons un réseau de producteurs petits, moyens et grand (le plus important de l'île), des producteurs aux pratiques différentes avec des producteurs en Agriculture Biologique, des producteurs en agriculture raisonnée et des producteurs conventionnels. Sur la localisation des sites pilotes, même si une majorité est dans le bassin de production de l'Ouest, les sites pilotes se répartissent entre le Nord et le Sud, à des altitudes différentes et dans des contextes pédoclimatiques différents.

► **J.-N. Aubertot** : Quelles méthodes statistiques utilisez-vous ou allez-vous utiliser pour analyser les résultats obtenus avec un réseau expérimental multi-sites sans répétitions ?

C. Gloanec : Une première phase d'analyse s'attache d'abord à partager un constat avec les différents critères et les différents partenaires et producteurs.

Sur l'aspect réseau, certains protocoles ayant changé en cours de route, le matériel statistique doit être remis en question. Nous sommes en cours de réflexion avec nos partenaires sur des analyses multivariées.

J.-P. Deguine : Le dispositif du réseau est un compromis entre un dispositif performant sur le plan biologique et sur le plan statistique. Pour certains critères, on peut considérer un dispositif classique avec 2 objets et 13 répétitions. Mais, pour la plupart des autres, les analyses envisagées seront des analyses multivariées.

> Bilan des actions de formation, d'information et de communication ; transfert et développement de la protection agroécologique des cultures (PAEC)

D. VINCENOT¹ | R. GRAINDORGE² | M. JACQUOT³ | C. GLOANEC¹ | P. LAURENT⁴ | G. ROSSOLIN¹ | E. ROUX⁵ | K. TÉCHER⁶ | J.-P. DEGUINE³
jean-philippe.deguine@cirad.fr

Résumé

Les avancées et les résultats du projet Biophyto ont fait l'objet de diverses actions de formation, d'information et de communication. Deux sessions de formation diplômante (Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle) ont été dispensées auprès de 27 candidats (techniciens OP, agriculteurs, conseillers agricoles). Des informations régulières ont été diffusées par le biais du site internet « Bio et Agri, Diversité et Culture Océan indien ». Une Newsletter trimestrielle a également 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 et du séminaire ÉCOPHYTODOM. Divers documents pédagogiques illustrant le retour d'expérience du projet sont en cours d'édition. Ils constitueront à terme des supports de transfert pour assurer la diffusion des techniques de protection agroécologique auprès du public agricole de La Réunion et de l'Océan indien.

Mots-clés : Biophyto, formation, communication, transfert

Le Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle : une formation diplômante adaptable et adaptée aux enjeux de la protection agroécologique des cultures

Développé dans le cadre du volet « formation » du projet Biophyto, le Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle, mention « protection agroécologique des cultures » (CUQP PAEC) est la première formation diplômante destinée aux professionnels du monde agricole permettant l'acquisition de compétences dans le domaine novateur de l'agroécologie.

L'équipe pédagogique du CUQP PAEC est constituée de professionnels issus des principaux domaines concernés. (Chambre d'agriculture de La Réunion, Cirad, FDGDON, ArmeFlhor, OCTROI, IUT). Le programme pédagogique, réparti sur 4 unités d'enseignement, alterne les phases théoriques et pratiques sur 5 jours de formation. À la fin de la formation, le concept d'agroécologie doit être compris et les pratiques doivent pouvoir être reproduites par les stagiaires.

La première édition a vu le jour en 2013 et a permis de former 13 professionnels (techniciens d'organismes agricoles, exploitants agricoles, ouvriers...) avec un taux de réussite de 100 %. En 2014, 14 personnes ont suivi la formation et 13 d'entre elles ont été diplômées. Des questionnaires de satisfaction, distribués en fin de session, ont permis aux étudiants de juger la formation sur plusieurs items. Globalement la formation a reçu une bonne appréciation, avec une large majorité de réponses positives (satisfaisant ou plus) : 93 % (2013) et 88,5 % (2014). Les points faibles et les suggestions d'améliorations ont été compilés et discutés lors des différents conseils de perfectionnement. Des solutions ont été apportées afin de répondre aux questions du plus grand

nombre tout en préservant la cohérence et la spécificité de cette formation.

Le CUQP PAEC est une formation adaptée aux questions actuelles de protection agroécologique des cultures et adaptable aux futures évolutions. Elle est destinée à être reconduite sur le territoire réunionnais jusqu'à satisfaction des demandes. Elle doit être prochainement étendue à la région Sud-Ouest de l'Océan Indien afin de répondre aux préoccupations de nos partenaires régionaux. À cet effet, un support pédagogique de formation au CUQP PAEC est en cours de finalisation. Il sera complété par un ouvrage destiné à une plus large diffusion publié par les éditions Quae.

- 1. CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION**
2 Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France
- 2. ARMEFLHOR**
1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France
- 3. CIRAD**
UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France
- 4. IUT DE SAINT-PIERRE**
40 Avenue de Soweto, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France
- 5. FDGDON**
23 Rue Jules Thirel, Cour de l'Usine de Savanna, 97460 Saint-Paul, La Réunion, France
- 6. OCTROI**
10 Chemin Bancoulier, 97435 Saint-Paul, La Réunion, France

Plan de communication

Les nouvelles connaissances apportées par le projet Biophyto sont techniques, économiques, scientifiques, commerciales et organisationnelles. La communication est primordiale pour le transfert et l'intégration des nouvelles pratiques proposées par le projet. Une information large a été diffusée auprès des différents publics concernés : producteurs, acteurs politiques locaux, étudiants, grand public, formateurs. Des supports adaptés à chacun de ces besoins ont été réalisés, dans les domaines de l'information, de la communication et de la formation :

- 3 000 dépliants contenant l'essentiel de l'information du projet : ces plaquettes sont les cartes de visite de Biophyto ; elles sont accompagnées d'autocollants portant les identifiants visuels du projet ; elles permettent de se référer au site internet Biophyto pour plus d'informations ;
- des posters d'information en format 120 x 80 cm : ces posters sont indispensables pour présenter le projet lors des manifestations publiques sur le thème de l'agroécologie et comme support pour des formations aux étudiants ;
- 2 banderoles 210 x 100 cm portant les identifiants visuels de Biophyto : ces banderoles servent à l'habillage des stands lors de ces manifestations ;

Site internet

Le site internet Biophyto est hébergé par <http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/>, le portail d'information sur l'agriculture et la biodiversité dans l'océan indien. Ce portail web est animé par le Cirad dans le cadre du projet ePRPV, financé par l'Union Européenne, l'Etat français, la Région Réunion et le Département de La Réunion, en partenariat avec le projet IRACC mis œuvre par la Commission de l'Océan Indien. Il permet une meilleure visibilité du site. Deux noms de do-

- 1 DVD technique destiné aux agriculteurs, aux particuliers, aux élèves et aux formateurs ; l'objectif est d'expliquer les pratiques agroécologiques, le rôle de la biodiversité fonctionnelle, le processus de valorisation commerciale de la mangue sans insecticide ;
- 1 guide à l'initiation de la PAEC avec retours d'expériences en production de mangues est en cours de finalisation.

Biophyto a participé à plusieurs événements :

- salon Éloïse (salon sur les risques professionnels) ;
- manifestation QualiREG ;
- journées ePRPV ;
- journées ÉCOPHYTO organisées en 2013 par le lycée agricole de Saint-Paul ;
- ÉCOPHYTODOM à Paris en 2013, interview sur le site du ministère ;
- émission TV « Terres d'ici » au cours du CUQP 2013 ;
- Foire agricole de Bras-Panon 2014 ;
- salon Flore & Hall 2014.

maines ont été achetés par le Cirad (biophyto.re et biophyto.org). Le site comprend de l'information sur le projet pour tous types d'acteurs (grand public, agriculteurs, institutionnels). Il donne un accès intranet aux partenaires où sont mutualisés des documents, des comptes rendus et des outils de coordination (planning collectif, observatoire des impacts). L'animation du site est assurée par le coordinateur et donne lieu à une newsletter.

Transfert et développement de la protection agroécologique des cultures en milieu producteur

La Chambre d'agriculture de La Réunion, en partenariat avec la FDGDON, l'AROP-FL, l'EPLFPA de Saint-Paul et le réseau FARRE, est engagée dans des actions de développement et de formation à la PAEC auprès des producteurs de cucurbitacées. Depuis 2012, plus de 600 producteurs maraîchers ont été formés à la technique GAMOUR. En culture d'agrumes, les producteurs du cirque de Salazie font l'objet d'un suivi technique régulier de la Chambre d'agriculture de La Réunion (1 ETP). Ce suivi doit être étendu aux communes du Sud et de l'Ouest du départe-

ment pour les productions d'agrumes et de mangues. Les fermes du réseau DEPHY-ÉCOPHYTO, impliquées dans le projet Biophyto, ont démontré l'opportunité de développer l'agroécologie à l'échelle d'un bassin de production. À titre d'exemple, la Réserve naturelle nationale de l'Etang de Saint-Paul va promouvoir la PAEC auprès des agriculteurs situés sur son territoire. Autre exemple, sur la commune du Port, la Chambre d'agriculture de La Réunion consacre 0,3 ETP au transfert de la PAEC dans le cadre du périmètre de protection des captages du triangle agricole.

Questions / Réponses

► **L. Le Jeanne** : Quelles perspectives de transfert vers l'enseignement agricole ?

D. Vincenot : La Chambre d'agriculture de La Réunion est habilitée à répondre à toute demande de formation ou de démonstration. Il est donc tout à fait possible d'intervenir en appui auprès de l'enseignement agricole.

C. Gloanec : Un travail est prévu avec la DAAF et les organismes agricoles pour approvisionner et construire le fil pédagogique pour des modules d'enseignements.

J.-P. Deguine : Concernant l'enseignement, nous intervenons à la Faculté du Tampon, master Génie Urbain et Environnement, à la Faculté de Saint-Denis, master Biologie Ecologie des Systèmes Tropicaux, à l'IUT de Saint-Pierre, DUT Génie Biologique option Génie de l'Environnement, en visioconférence, auprès de différentes écoles d'agronomie (exemple Bordeaux) avec des modules d'enseignements à distance, dans le cadre de l'UVED, et autres.

► **A. Herbreteau** : Quels sont les enseignements que vous tirez du transfert de GAMOUR après deux ans ?

D. Vincenot : Le transfert est bien opérationnel chez les producteurs de chou chou car il y a moins de contraintes techniques. Plus de 350 maraichers ont été formés à la technique GAMOUR.

C. Gloanec : Les deux projets sont différents car GAMOUR offrait un package technique et Biophyto est plus en amont sur les connaissances.

J.-P. Deguine : Il y a deux types de systèmes de cucurbitacées :
- ceux de plein champ type courgette, concombre, citrouille, qui sont assez volatiles. Les agriculteurs décident de les mettre en culture peu avant les plantations, non pas en fonction de la facilité de transfert de techniques, mais surtout en fonction de contraintes d'ordre socio-économique (état du marché, disponibilité, coût des produits) ;
- ceux sous treilles (chou chou), lorsque le transfert est fait, il est durable. En 2014, 5 ans après le début du projet GAMOUR, on trouve du chou chou BIO dans les magasins spécialisés BIO mais aussi dans les grandes surfaces.

► **F. Normand** : Il est signalé des actions de la Chambre d'agriculture de La Réunion dans le Sud et Salazie sur la déclinaison Biophyto sur agrumes. Qu'en est-il ? Quelles sont les pratiques proposées ? Sur quels résultats sont-elles basées ?

D. Vincenot : Il s'agit d'arrêter l'usage des herbicides afin d'installer une couverture végétale spontanée, de laisser se développer un environnement végétal diversifié aux alentours des parcelles cultivées, ou à défaut, de l'aménager. Les premiers résultats constatés sont l'abandon des traitements acaricides très utilisés sur agrumes.

► **P. Thomas** : Quels sont les Emplois Temps Plein (ETP) affectés à la Chambre d'agriculture de La Réunion pour le transfert de Biophyto ? Quel est le nombre d'ETP ? Pouvons-nous avoir des précisions sur l'ETP à recruter ?

D. Vincenot : Il y a actuellement 2,3 ETP consacrés au transfert des techniques agroécologiques : à Salazie, au Port et à Saint-Paul. L'ETP à recruter est un ETP pour structurer et animer le transfert des actions répondant aux ambitions du Plan ÉCOPHYTO. La Chambre d'agriculture de La Réunion se positionne pour le recrutement de ce poste.

> La question de la valorisation commerciale pour une mangue en protection agroécologique des cultures

K. TÉCHER¹ | A. DIJOUX² | C. GLOANEC³ | J.-P. DANFLOUS⁴ | I. GUIGNARD³

Résumé

Face à des consommateurs de plus en plus exigeants et sensibles de l'impact de ce qu'ils consomment sur leur santé, les producteurs sont à la recherche de modes de production innovants, respectueux de l'environnement et susceptibles d'être mieux valorisés d'un point de vue économique. La perspective de marché offerte par cette prise de conscience du consommateur conforte la démarche entamée à travers le projet Biophyto qui vise à produire une mangue réunionnaise sans insecticide. Au-delà des aspects techniques associés à cette démarche, l'un des enjeux phares est d'apporter aux acteurs de la chaîne de valeur une « boîte à outils de valorisation » qui orientera les choix liés à la commercialisation d'une mangue produite de façon différenciée. Ainsi, à travers l'action 3 du projet Biophyto, cette valorisation par le marché 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 aux distributeurs). 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 de valorisation les plus adaptées à cette mangue produite sans insecticide.

1. OCTROI

10 Chemin Bancoulier, 97435 Saint-Paul, La Réunion, France

2. AROP-FL

Station Bassin Plat, BP 180, 97455 Saint-Pierre, La Réunion, France

3. CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION

2 Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France

4. CIRAD

Es - UMR Innovation, Station de Bassin-Plat, BP 180, 97455 Saint-Pierre, La Réunion, France

> Mise en place et suivi de pratiques agroécologiques en vergers de manguiers à La Réunion

R. GRAINDORGE¹ | C. GLOANEC² | C. SCHMITT¹ | K. LE ROUX³ | W. SUZANNE³ | B. ALBON⁴ | M. MARQUIER⁴ | F. NORMAND⁵ | A. DIJOUX⁶
graindorge-rachel@armeflhor.fr

Résumé

Le projet Biophyto a pour objectif d'implanter et de favoriser la biodiversité fonctionnelle dans des systèmes de cultures pérennes, tels que les vergers de manguiers, en proposant des pratiques innovantes en fracture avec les modes de production actuels. Pour rétablir les équilibres bioécologiques, les traitements insecticides et herbicides ont été supprimés des pratiques culturales, la biodiversité végétale a été favorisée de manière à créer des habitats favorables aux auxiliaires et défavorables au ravageurs (couvertures végétales, bandes fleuries, plantes refuges). 13 producteurs de sites pilotes ont été au cœur de ce projet en s'impliquant dans la conception et la mise en place de nouvelles pratiques agroécologiques, permettant ainsi la confrontation de ces pratiques en milieu réel. Les pratiques agroécologiques ont été suivies pendant près de 3 ans dans les vergers expérimentaux pour assurer la production de données techniques, agronomiques et économiques sur les parcelles. En parallèle, la réaction physiologique du manguiers a également fait l'objet d'études en réponse au changement d'irrigation nécessaire au maintien d'une couverture végétale permanente.

Mots-clés : Biophyto, diversité végétale, site pilote, lutte biologique de conservation, manguiers, La Réunion

Introduction

Le projet Biophyto (Production durable de mangues sans insecticide à La Réunion) porte sur la mise en œuvre de pratiques agroécologiques innovantes dans un système de culture pérenne d'importance économique sur l'île de La Réunion tel que les vergers de manguiers. La particularité de ce système de culture en matière de protection phytosanitaire réside dans le fait que le recours aux rotations culturales pour limiter l'impact des bioagresseurs n'est pas réalisable (Simon, 2009). Par ailleurs, du fait de la pérennité de la culture, les réseaux trophiques sont, en arboriculture, maintenus et la gestion de l'habitat prend d'autant plus d'importance qu'en système de culture maraîcher. Pour répondre à l'objectif du « zéro insecticide », cinq actions composent le projet et s'articulent de manière à balayer l'ensemble de la filière mangues de la production à la commercialisation des fruits produits selon cette démarche agroécologique. Le projet confronte à la réalité du terrain, les principes de la protection agroécologique des cultures (Deguine *et al.*, 2008) et de la lutte biologique de conservation (Ferron et Deguine, 2005) : suppression de la protection chimique et mise en place de pratiques d'insertion de biodiversité végétale (cou-

vertures végétales notamment) pour favoriser la biodiversité fonctionnelle dans les vergers.

On visera donc à rétablir les équilibres entre les communautés animales et végétales au sein d'un agroécosystème pour prévenir ou réduire les risques d'infestation ou de pullulation des bioagresseurs du manguiers. Pour rétablir ces équilibres et optimiser leur fonctionnement, les pratiques utilisées s'appuieront sur les trois piliers de l'agroécologie tels que : i) la prophylaxie, ii) la lutte biologique de conservation et iii) la gestion des habitats pour maintenir des insectes utiles dans le système de culture en créant des conditions favorables à leur développement (ressources alimentaires, gîtes...).

L'application de ces trois principes se réalise grâce à la suppression des traitements insecticides et herbicides afin de maintenir cette biodiversité animale et végétale. Par ailleurs, pour créer des habitats favorables à la faune utile, il est nécessaire d'insérer de la biodiversité végétale généralement absente de ces systèmes de cultures car longtemps supprimée par les herbicides ou encore par manque d'eau. Enfin, pour maintenir ces habitats, les pratiques culturales des agriculteurs doivent s'adapter de manière à gérer les dispositifs agroécologiques mis en place. Aussi, quatre étapes ont permis la conception collective des pratiques mises en place et des essais sur les sites pilotes dans le cadre du projet : a) Définition des sites pilotes, b) Insertion de diversité végétale pour augmenter la diversité animale, c) Production de données agronomiques, phytosanitaires et économiques par la réalisation de suivis et d) Evaluation de l'impact d'un nouveau mode de conduite culturale sur les manguiers.

1. ARMEFLHOR

1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

2. CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION

2 Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France

3. FARRE RÉUNION

1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

4. FDGDON

23 Rue Jules Thirel, Cour de l'Usine de Savanna, 97460 Saint-Paul, La Réunion, France

5. CIRAD

UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

6. AROP-FL

Station Bassin Plat, BP 180, 97455 Saint-Pierre, La Réunion, France

Stratégie utilisée Biophyto

Pour répondre aux objectifs fixés et appliquer les principes de l'agroécologie dans des systèmes de cultures pérennes, Biophyto a proposé des méthodes de production en rupture avec les pratiques existantes et les a mis en place en milieu producteur.

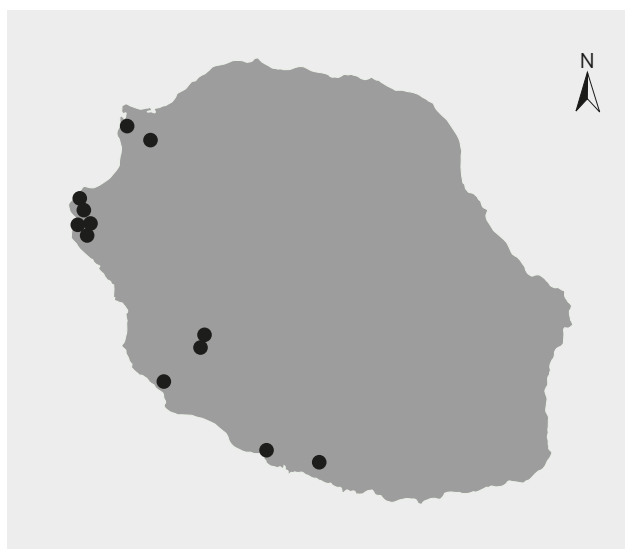
Aussi, des sites pilotes ont été choisis et définis dans lesquels les pratiques de gestion agroécologique des cultures, préalablement discutées, ont été insérées.

▼ DÉFINITION DES SITES PILOTES

Les pratiques agroécologiques ont été mises en place et suivies dans des vergers expérimentaux pour permettre d'analyser les conditions de changement des pratiques des producteurs et ainsi générer des données agronomiques, techniques et économiques. Pour la production de données cohérentes, les mêmes parcelles devaient être suivies sur les trois ans du projet, aussi la motivation et l'engagement des producteurs pour l'application de pratiques en rupture avec leurs pratiques habituelles étaient deux critères primordiaux. Par ailleurs, le réseau suivi devait également être représentatif des zones de productions de la mangue (de Saint-Paul dans l'Ouest de l'île à la zone de Saint-Pierre dans le Sud-Ouest de l'île), du marché (vente locale, export) et des variétés les plus consommées et vendues (variétés Cogshall et José). Enfin, pour pouvoir comparer les effets des différentes pratiques, il était important de pouvoir bénéficier de deux parcelles, chez un même exploitant, assez proches l'une de l'autre. Aussi, sur la durée du projet, 13 sites pilotes ont été retenus soit 26 parcelles (Figure 1), dénommées « Biophyto » et « Témoin ».

Figure 1 Répartition géographique des producteurs du réseau Biophyto, représentés par un point sur la carte.

● Exploitants du réseau BIOPHYTO

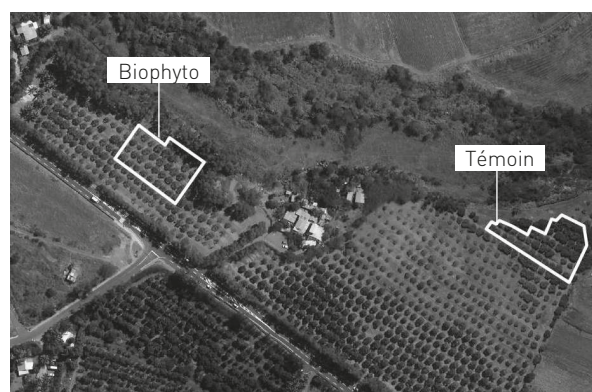
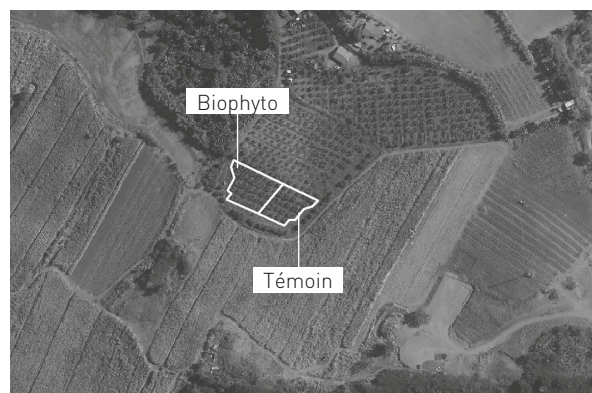


Le marché de la mangue répond à différents circuits de commercialisation et une représentativité de ces différents circuits était nécessaire pour la production de données technico-économiques. Sept producteurs du réseau sont adhérents à des Organisations de Producteurs relevant de l'AROP-FL, deux producteurs sont indépendants (hors OP), deux vergers sont certifiés en Agriculture Biologique, un verger appartient à un établissement d'enseignement EPLEFPA (Etablissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricole) à Saint-Paul et un autre à un centre d'insertion par le travail ALEFPA (Association Laïque pour l'Éducation, la Formation, la Prévention et l'Autonomie) à Saint-Pierre.

Enfin, les vergers du réseau Biophyto devaient permettre de disposer d'une surface suffisante pour réaliser des observations sur une parcelle Témoin et sur une parcelle Biophyto. Les principes de lutte de bioconservation et de gestion des habitats étaient mis en place sur la parcelle Biophyto, tandis que la parcelle Témoin conservait les modes de gestion et pratiques culturales du producteur permettant l'acquisition de données sur des pratiques de référence.

Ces parcelles pouvaient être juxtaposées, contiguës ou être éloignées l'une de l'autre mais faisant partir d'un même verger (Figure 2).

Figure 2 Représentation des dispositifs possibles, parcelles Biophyto et Témoin contiguës (au dessus) ou éloignées (en dessous).



▼ INSERTION DE DIVERSITÉ VÉGÉTALE POUR AUGMENTER LA DIVERSITÉ ANIMALE

Plusieurs pratiques agroécologiques, s'inscrivant dans cette dynamique de la lutte biologique de conservation, ont été développées dans le cadre du projet Biophyto : les couvertures végétales permanentes du sol, les bandes fleuries, les plantes refuges ou pièges. Elles ont été mises en place, en l'absence de traitements insecticides et de traitements herbicides, afin de favoriser la biodiversité fonctionnelle végétale et animale.

Les couvertures végétales, dont l'implantation et la gestion ont été accompagnées par la mise en place d'un système d'irrigation par aspersion, ont représenté la modalité d'insertion de biodiversité végétale privilégiée.

Les couvertures végétales

Outre le fait que l'enherbement limite l'érosion des sols et les risques de pollutions des eaux par transfert des produits phytosanitaires dans le sol, la couverture végétale permanente augmente la biodiversité animale en créant des habitats et ressources alimentaires pour la faune utile du sol mais crée également une barrière physique pour les ravageurs ayant une partie de leur cycle dans le sol tels que la Mouches des fruits (pupaison) ou encore la Cécidomyies des fleurs (diapause, stade larvaire).

Les couvertures végétales permanentes (implantées ou spontanées) des vergers représentent une pratique incontournable permettant de favoriser la biodiversité fonctionnelle animale tout en constituant des habitats défavorables aux ravageurs. Les modalités d'installation des couvertures ont consisté d'une part à favoriser la végétation naturellement présente dans certains vergers et d'autre part à expérimenter l'implantation d'espèces sélectionnées, en particulier le *Cynodon dactylon*, communément rencontré dans les zones de production de mangues.

Les bandes fleuries

Les bandes fleuries offrent aux auxiliaires des abris et ressources de nourriture et renforcent alors les peuplements d'insectes utiles (prédateurs, pollinisateurs, parasitoïdes) pour améliorer le contrôle des ravageurs. Les bandes fleuries sont composées de plusieurs plantes attractives pour les pollinisateurs et les auxiliaires et sont insérées dans la parcelle de manière à ne pas perturber les actions du producteur dans son verger.

Une sélection de 14 espèces florales candidates a d'abord été réalisée sur des critères environnementaux, morphologiques, phénologiques et entomologiques. Ces espèces ont été testées au champ afin d'évaluer notamment leurs performances agronomiques et leur attractivité vis-à-vis

de la faune auxiliaire en verger de manguiers, conduisant à la réalisation d'un mélange de 8 espèces florales, l'objectif final étant de proposer aux producteurs un mélange défini et des techniques de mise en place et d'entretien adaptées.

Les plantes refuges ou pièges

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. En effet, les plantes pièges ou refuges attirent les auxiliaires, piègent les ravageurs permettant un ciblage de la lutte. Elles sont généralement implantées entre les rangs ou sur le pourtour de la parcelle. Dans le cadre du projet Biophyto, l'étude vise à tester l'intérêt de quelques plantes candidates, à la fois dans les vergers et au laboratoire : le Maïs (*Zea mais*) pour piéger les mouches de fruits, le Pois d'Angole (*Cajanus cajan*) comme plante réservoir d'auxiliaires et d'autres plantes telles que le Cotonnier (*Gossypium sp.*), l'Alysse (*Lobularia maritima*) ou encore le Haricot (*Phaseolus sp.*) pour piéger la Punaise du Manguier (*Orthops palus*).

▼ PRODUCTION DE DONNÉES AGRONOMIQUES, PHYTOSANITAIRES ET ÉCONOMIQUES PAR LA RÉALISATION DE SUIVIS

Le recueil des données dans le réseau Biophyto sur le terrain a concerné de nombreux domaines : des données agronomiques et phytosanitaires sur les pratiques des producteurs (pratiques classiques et pratiques agroécologiques), le suivi des principaux bioagresseurs du manguier, les aspects socio-économiques, la perception des pratiques nouvelles par les agriculteurs, la biodiversité fonctionnelle.

Pour rendre la lutte biologique de conservation efficace, les pratiques culturales et de gestion de ces dispositifs ont dû être adaptées. La suppression des traitements insecticides s'est opérée sur l'ensemble des parcelles Biophyto (à une ou deux exceptions près), car elle représente une condition nécessaire à la mise en place de pratiques agroécologiques visant à favoriser la biodiversité fonctionnelle et à rétablir des équilibres écologiques. La suppression des insecticides s'est accompagnée de la disparition quasi-totale des herbicides, la gestion de la couverture végétale prenant la place de la gestion de l'enherbement par des herbicides. Des données telles que les périodes et fréquences de taille des arbres, de fauchage du couvert, d'application de traitements phytosanitaires sur les parcelles Témoin, ou encore les rendements, étaient renseignées pour la production de données technicoéconomiques.

Concernant l'insertion de biodiversité végétale dans les vergers pilotes, une dizaine de suivis chez l'ensemble des producteurs a été menée sur les parcelles Témoin et Biophyto

afin d'évaluer l'évolution de l'enherbement en mesurant son recouvrement global, sa hauteur, son état général et sa richesse spécifique. En parallèle, des préconisations de mise en place et de gestion des couvertures ont pu être établies afin de conseiller les agriculteurs souhaitant mettre en œuvre cette pratique. Il en a été de même pour les bandes fleuries pour déterminer le mélange adéquat à insérer dans les vergers de manguiers.

Afin d'estimer les niveaux d'infestation et d'évaluer l'impact de l'arrêt des traitements insecticides et de la mise en œuvre de techniques de gestion de la biodiversité fonctionnelle, un suivi des principaux bioagresseurs a été réalisé pendant toute la durée du projet sur l'ensemble des parcelles du réseau. Les observations se sont donc focalisées sur la punaise *Orthops palus*, la Cécidomyie des fleurs *Procontarinia mangiferae* et les thrips en période de floraison. Ces ravageurs ont fait l'objet de suivis hebdomadaires. N'étant pas présente à un stade phénologique particulier, la Cochenille des Seychelles, *Icerya seychellarum*, a été suivie mensuellement toute l'année. Les populations et les impacts des mouches des fruits (*Ceratitis capitata*, *C. rosa* et *Bactrocera zonata*) devaient également être évalués en période de fructification-récolte mais les cyclones arrivés en début d'années 2013 et 2014 n'ont pas permis ces observations. Enfin, l'oïdium, agent pathogène d'importance pour la floraison des manguiers, a également fait l'objet de suivis. L'analyse de ces données portera sur l'influence des pratiques agroécologiques sur les niveaux d'infestation des bioagresseurs.

▼ ÉVALUATION DE L'IMPACT D'UN NOUVEAU MODE DE CONDUITE CULTURALE SUR LES MANGUIERS

La mise en place de couverture totale, diversifiée et permanente a posé la question de l'adaptation du système d'irrigation des vergers. Les systèmes d'irrigation les plus utilisés en verger de manguiers sur l'île de La Réunion sont des systèmes goutte à goutte posés au sol sous la frondaison des arbres. Dans l'objectif de mettre en place et maintenir une couverture végétale sur l'ensemble de la parcelle, il était nécessaire de modifier la méthode en installant un système d'irrigation par aspersion. Cependant, maintenir une couverture permanente demande un complément d'irrigation pendant la saison sèche qui peut interférer avec le cycle phénologique du manguiers et affecter son développement et sa production. Aussi, des études ont été menées de manière à évaluer la réponse du manguiers à ce changement de pratique. Ces suivis ont été réalisés sur trois couples de vergers, chaque couple étant composé d'une parcelle où les pratiques d'irrigation restaient traditionnelles (goutte à goutte) et d'une autre parcelle conduite avec couverture végétale et complément d'irrigation. La floraison et la fructification ont été suivies sur chaque verger, et un modèle de bilan hydrique a été construit.

La stratégie proposée dans le cadre de Biophyto repose sur le rétablissement des équilibres bioécologiques dans les vergers de manguiers pour contribuer à la régulation des ravageurs. Pour y répondre, des pratiques innovantes en rupture avec les pratiques actuelles ont été proposées à un réseau de 13 producteurs. Des dispositifs agroécologiques de gestion de la biodiversité fonctionnelle ont donc été testés en milieu producteurs et suivis pendant la durée du projet. Ils ont contribué à la production de données technicoéconomiques de la conduite d'un verger en agroécologie.

Références bibliographiques

- Deguine J.-P., Ferron P., Russell D., 2008. Protection des cultures : de l'agrochimie à l'agroécologie. Editions Quae, Versailles, 187 p.
- Ferron P., Deguine J.-P., 2005. Crop protection, biological control, habitat management and integrated farming. *Agronomy for sustainable development*, 25, 17-24.
- Simon S., Sauphanor B., Defrance H., Lauri P. E., 2009. Manipulations des habitats du verger biologique et de son environnement pour le contrôle des bioagresseurs. Des éléments pour la modulation des relations arbre-ravageurs-auxiliaires. *Innovations agronomiques*, 4, 125-134.

Questions / Réponses

► **J.-N. Aubertot** : 1) Les résultats obtenus dans les systèmes Biophyto dépendent-ils de la superficie des parcelles ? 2) Si oui, la dépendance spatiale des processus sous-jacents aux régulations biologiques a-t-elle été caractérisée ? 3) Par exemple, jusqu'à quelle distance les bandes enherbées impactent-elles le fonctionnement des agroécosystèmes ?

M. Jacquot : 1) Certainement, les parcelles sont d'assez petite taille (300 à 3 000 m²), nous n'avons pas de cas d'adaptation des pratiques à grande échelle. 2) Nous avons quantifié l'effet de la structure du paysage sur les arthropodes potentiellement auxiliaires. 3) Nous n'avons pas estimé l'effet spatial de l'insertion des bandes fleuries.

► **A. Ratnadass** : 1) Est-ce qu'il s'agit seulement d'insertion de couvertures végétales, ou bien y a-t-il eu aussi dans certains cas maintien/gestion d'un enherbement spontané ? 2) Le changement des pratiques d'irrigation lié à l'introduction de couverture végétale a-t-il été influencé par les conditions particulières de sécheresse lors de la période d'expérimentation ou a-t-il vocation à être pérennisé quelles que soient les conditions climatiques de l'année ?

R. Graindorge : 1) Chez certains producteurs, nous avons inséré des couvertures mais aussi chez d'autres producteurs (en AB par exemple) la couverture était déjà présente et on se focalisait sur la gestion. 2) L'apport d'un nouveau système d'irrigation arrive en complément du système existant et a vocation de maintenir un couvert permanent sur la parcelle. Les parcelles sont effectivement en majorité dans des zones sèches.

► **S. Penvern** : 1) Parmi les pratiques proposées, toutes n'étaient pas en rupture, lesquelles l'étaient le plus ? 2) Vous parlez de « sélection » des sites pilotes, quelle était la procédure et pourquoi certains n'ont pas été sélectionnés ?

R. Graindorge : 1) Les couvertures végétales étaient déjà présentes sur certains sites. La pratique la plus en rupture était l'arrêt complet de l'utilisation d'insecticides, d'herbicides et la diminution des fongicides. L'insertion de bandes fleuries est également en rupture car non observée avant le projet. 2) On parle de sélection de sites pilotes mais c'est surtout l'engagement des producteurs et leur motivation. Beaucoup de discussions avant le projet ont eu lieu pour sensibiliser les producteurs.

> Insertion de biodiversité végétale dans les vergers de manguiers : les couvertures végétales

K. LE ROUX¹ | C. SCHMITT²
farre.run@wanadoo.fr

Résumé

Un des objectifs spécifiques du projet Biophyto est de concevoir et d'évaluer des pratiques agroécologiques de gestion de la biodiversité végétale dans 13 vergers pilotes. Dans cette optique, les couvertures végétales permanentes (implantées ou spontanées) des vergers représentent une pratique incontournable permettant de favoriser la biodiversité fonctionnelle animale tout en constituant des habitats défavorables aux ravageurs. Les modalités d'installation des couvertures ont consisté d'une part à favoriser la végétation naturellement présente dans certains vergers et d'autre part à expérimenter l'implantation d'espèces sélectionnées, en particulier le *Cynodon dactylon*, communément rencontré

dans les zones de production de mangues. Une dizaine de suivis chez l'ensemble des producteurs a été menée sur les parcelles Témoin et Biophyto afin d'évaluer l'évolution de l'enherbement en mesurant son recouvrement global, sa hauteur, son état général et sa richesse spécifique, aussi bien sur le rang que sur l'inter-rang. En parallèle, des préconisations de mise en place et de gestion des couvertures ont pu être établies afin de conseiller les agriculteurs souhaitant mettre en œuvre cette pratique.

Mots-clés : couvertures végétales permanentes, biodiversité fonctionnelle, pratique agroécologique, gestion des habitats

Introduction

La finalité de Biophyto est de produire des mangues sans insecticide de manière durable à La Réunion. Plusieurs leviers ont été mis en œuvre afin de répondre à cet objectif, en faisant notamment appel à la protection agroécologique des cultures. Ainsi, un des objectifs spécifiques du projet fut de concevoir et d'évaluer des pratiques agroécologiques de gestion de la biodiversité végétale dans des vergers pilotes (couvertures végétales permanentes du sol, plantes pièges et/ou refuges, bandes fleuries / enherbées). Il est admis que la présence d'une couverture végétale dans un verger constitue une pratique agroécologique présentant de nombreux intérêts, notamment pour :

- la lutte contre l'érosion ;
- la limitation des transferts de polluants (pesticides, fertilisants) vers les eaux souterraines et de surface ;
- la régulation des populations de ravageurs en favorisant la biodiversité fonctionnelle.

Aussi, dans le cadre des objectifs assignés au projet Biophyto, l'implantation et/ou l'amélioration de couvertures végétales permanentes au sein de 13 vergers pilotes a été menée afin d'évaluer :

- l'influence sur la biodiversité fonctionnelle ;
- l'évolution de la couverture au cours du temps ;
- l'impact sur la phénologie des manguiers (floraison, bilan hydrique général) ;
- l'impact sur les autres pratiques agronomiques (désherbage chimique communément utilisé, irrigation) ;
- l'impact socio-économique (temps de travail, main d'œuvre mobilisée, pénibilité des opérations culturales, coût des traitements herbicides versus traitements mécaniques) ;

- l'impact environnemental (réduction du nombre de traitements herbicides) ;
- les modalités de mise en place et d'entretien ;
- la perception par les producteurs.

Cet état des lieux sur les couvertures végétales en vergers de manguiers présente les actions réalisées pour leur mise en place dans les vergers, les difficultés rencontrées, leur suivi dans le temps, la perception des agriculteurs sur cette pratique et les premiers résultats encourageants sur la biodiversité fonctionnelle ainsi favorisée.

1. FARRE RÉUNION

1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

2. ARMEFLHOR

1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

La mise en place des couvertures au sein des vergers pilotes

Au début du projet Biophyto, la situation des vergers pilotes en terme de présence ou absence de couverture végétale était hétérogène. En effet, certains vergers présentaient une couverture correcte et développée aussi bien sur l'inter-rang que sur le rang, d'autres seulement sur l'inter-rang voire absente. De fait, les stratégies mises en œuvre pour la mise en place des couvertures végétales permanentes ont été différentes. Ainsi, pour les vergers possédant une couverture, l'objectif était de la gérer voire de l'améliorer. Pour les autres, il s'agissait d'implanter des espèces végétales que ce soit sur l'inter-rang dans un premier temps et sur le rang si possible dans un deuxième temps.

▼ ACTIONS PRÉPARATOIRES

Avant d'entamer la phase opérationnelle sur le terrain de mise en place des couvertures, des travaux préalables ont été nécessaires portant sur deux aspects primordiaux :

- l'identification des plantes candidates ;
- l'identification des matériels d'irrigation adaptés et leur mise en place pour favoriser le développement des couvertures.

Ainsi, durant le premier trimestre 2012, Roger Michellon (Cirad de Madagascar) a réalisé une mission d'expertise dont l'objectif était de proposer un certain nombre d'espèces végétales potentiellement implantables, en prenant en compte la situation pédoclimatique des vergers Biophyto. Par ailleurs, le souhait était de développer rapidement sur le terrain une couverture végétale sur les vergers. Ainsi, il a été décidé de choisir le petit chiendent *Cynodon dactylon* comme plante de couverture principale dans un premier temps. Cette plante rustique se retrouvait dans certains vergers et semblait la mieux adaptée aux conditions pédoclimatiques rencontrées.

Les recherches de matériel d'irrigation adapté à ces nouvelles pratiques concernant le maintien et le développement des couvertures ont représenté la partie la plus ardue. Sous l'égide de la coordinatrice du projet, de nombreux échanges ont eu lieu avec des techniciens spécialistes de l'irrigation à La Réunion. Des asperseurs ont été testés et une démonstration aux producteurs de ces matériels a été réalisée. Néanmoins, ce travail d'identification a pris du temps, notamment du fait que l'aspersion n'est pas une pratique répandue en vergers de manguiers. De plus, il fallait prendre en compte le fait que la pratique de stress hydrique par les producteurs est courante. Il s'agissait donc de trouver le bon équilibre entre des pratiques d'irrigation raisonnées de la couverture et leur impact potentiel sur la phénologie du mangouier, en particulier la floraison. Soulignons que le sujet était suffisamment important et source d'interrogations pour les producteurs pour que le projet intègre une étude sur cet aspect.

▼ LA MISE EN PLACE DES COUVERTURES SUR LES VERGERS

Suite à l'installation du matériel d'irrigation chez les producteurs, des opérations de préparation des parcelles Biophyto ont été menées chez deux producteurs, mobilisant l'ensemble des partenaires. Cela a consisté en le nettoyage des parcelles (arrachage des herbes, ratissage) et au semis du *Cynodon dactylon* en mélange avec du compost fin pour favoriser la germination et optimiser le semis. Des tests ont également été réalisés avec *Indigofera linifolia* en bordure sur une des parcelles et *Arachis pintoï* pour la seconde. En parallèle, les autres producteurs ont effectué le semis du *Cynodon dactylon* sur les parcelles Biophyto entre octobre et décembre 2012.

Méthodologie de suivi des couvertures

Une dizaine de suivis chez les producteurs a été effectuée d'octobre 2012 à octobre 2014. Les observations portaient sur la parcelle Biophyto et sur la parcelle Témoin.

Lors de ces suivis, une différenciation entre l'Inter-rang (IR) et le Rang (R) portait sur les indicateurs suivants :

- le taux de recouvrement sous forme de classe : 1 = faible (0 à 25 %), 2 = moyen (25 à 50 %), 3 = bon (50 à 75 %), 4 = total (75 à 100 %) pour : la couverture globale, le sol nu, la litière, l'espèce(s) implantée(s) si la parcelle a fait l'objet de l'insertion d'une espèce végétale comme le *Cynodon dactylon* ;
- la hauteur moyenne de la couverture ;
- l'état de la couverture (vert, demi-sec, sec).

Lors des deux derniers suivis, un indice de richesse spécifique a été ajouté, correspondant au nombre d'espèces végétales différentes observées sur les parcelles (IR et R confondus).

Les données étaient ensuite intégrées à la base de données Agref qui comportait un module spécifique Biophyto. Des états de sortie automatiques étaient ainsi disponibles pour visualiser l'évolution des différents indicateurs.

Résultats

Nous ne présenterons pas de manière exhaustive l'ensemble des résultats pour l'ensemble des producteurs. Chaque parcelle Biophyto a représenté une expérience spécifique. Néanmoins, cette somme d'expériences a permis de dégager un nombre certain d'éléments sur les points forts et les points à améliorer dans le cadre de l'implantation d'une couverture végétale dans un verger de manguiers. De plus, ce changement de pratiques a pu ainsi être confronté à la perception des producteurs, ce qui constitue un point essentiel dans l'optique d'une appropriation de ces techniques.

▼ LES POINTS FORTS

Les vergers Biophyto ont tous une couverture végétale permanente, notamment sur l'inter-rang. Ainsi, l'objectif initial a été rempli.

Bien que l'on constate une certaine hétérogénéité sur la richesse spécifique des couverts selon les parcelles, les parcelles Biophyto sont plus riches en espèces végétales que les parcelles Témoin. De plus, la composition des couverts va évoluer au cours du temps, notamment par les pratiques de fauches successives.

Une enquête de satisfaction et d'appropriation des pratiques agroécologiques par les producteurs a également été réalisée à la fin du projet Biophyto. L'ensemble des producteurs est très satisfait de la mise en place d'une couverture, de par notamment :

- son utilité : elle favorise la biodiversité fonctionnelle, concourt à la protection de l'environnement et à la lutte contre l'érosion,
- sa mise en place : elle apparaît majoritairement peu contraignante, bien que des complications aient pu apparaître (notamment sur le problème des fataques) et que des améliorations sur le système d'irrigation doivent être menées,
- son entretien : même si plus de temps est passé pour le fauchage, celui-ci est compensé par la réduction des traitements herbicides.

Il est à noter aussi que selon les producteurs, l'impact des pratiques agroécologiques sur les attaques de ravageurs dans les vergers est positif.

▼ LES POINTS À AMÉLIORER

L'implantation du *Cynodon dactylon* est hétérogène selon les parcelles. Il a fallu parfois faire plusieurs semis pour voir cette plante sortir et se développer.

Tout au long du projet, nous avons rencontré des difficultés pour implanter une couverture permanente sous la frondaison des manguiers. Un certain nombre de facteurs peuvent expliquer ce constat :

- une luminosité plus faible sous les arbres que sur l'inter-rang ;
- une litière composée des feuilles mortes parfois importante ;
- la présence de roches liée à la topographie des parcelles et à l'implantation initiale du verger ;
- une irrigation difficile à mettre en œuvre pour ne pas mouiller les troncs et favoriser potentiellement des maladies cryptogamiques, ainsi que l'apport en eau aux racines des arbres modifié pouvant impacter la phénologie du manguiers ;
- la gestion de la hauteur du couvert sous les arbres (si celui-ci a réussi à s'implanter) lors des opérations de récolte ;

Néanmoins, le point le plus important à améliorer représente la gestion de l'irrigation, aussi bien en terme de volume d'eau apportée qu'en terme d'aspenseurs adaptés.

▼ LES POINTS CRITIQUES POUR LA MISE EN PLACE D'UN COUVERT VÉGÉTAL ET SON ENTRETIEN

La gestion des indésirables

Le fataque est un cas particulier. Il faut à tout prix empêcher qu'il monte en graine pour ne pas renouveler la banque de semences dans le sol. Il faut l'affaiblir en le débroussaillant à ras tous les 15 jours lorsqu'il est déjà bien développé. Il apparaît néanmoins impossible de se débarrasser complètement du fataque. Il s'agit bien de le gérer.

Pour les autres espèces végétales, il convient de limiter au maximum le développement de plantes arbustives dans les rangs et les inter-rangs (difficiles à arracher ensuite et gênantes pour les opérations culturales). Par ailleurs, il faut observer les plantes susceptibles de servir de refuge pour les ravageurs comme les cochenilles.

La fauche

Afin de conserver une hauteur de couvert optimale (au moins 10 cm de hauteur), pendant les périodes de floraison et de fructification (périodes où les ravageurs peuvent fortement impacter la production), le producteur doit adapter sa dernière fauche avant ces périodes. Ainsi, il convient de prévoir généralement une fauche en avril pour que la hauteur du couvert soit suffisamment importante de juin à août (du débourrement à la floraison)

Lors de la saison sèche, entre juin et août (hiver austral), il serait préférable de ne pas effectuer de fauche. Lors de la saison humide, entre novembre et mars (été austral), la végétation a un rythme de croissance beaucoup plus important. Aussi, en moyenne, une fauche par mois pourra être réalisée.

Lorsqu'une opération de fauche est réalisée, il est conseillé de commencer de l'extérieur vers l'intérieur de la parcelle, afin d'éviter que les auxiliaires présents ne fuient la parcelle.

▼ CE QU'IL FAUT RETENIR

La couverture du sol dans un verger est indispensable. Cette couverture doit au moins concerner l'inter-rang, idéalement toute la parcelle.

Plus cette couverture est diversifiée en espèces végétales, plus grande sera la biodiversité fonctionnelle. Au-delà de l'aspect biodiversité fonctionnelle, la présence d'un couvert en période cyclonique est très importante contre l'érosion du sol en limitant notamment l'impact des fortes pluies sur le sol.

Une couverture basée sur la flore spontanée est plus facile à installer et se développe plus rapidement. De plus, il convient de privilégier l'installation d'une couverture en saison humide (apports d'eau « naturels »), à la fin de la période de récolte.

▼ LES COUVERTURES VÉGÉTALES ILLUSTRÉES : QUELQUES EXEMPLES EN PHOTOGRAPHIES

Figure 1 Couverture végétale spontanée dans un verger de manguiers situé dans la zone Ouest de l'île (source : K. Le Roux).



Figure 3 Couverture végétale à prédominance de dicotylédones dans un verger de manguiers situé dans l'Ouest de l'île (source : K. Le Roux)



Figure 2 Couverture végétale à prédominance de graminées dans un verger de manguiers situé dans l'Ouest de l'île (source : K. Le Roux).



Figure 4 Couverture végétale implantée dans un verger de manguiers situé dans l'Ouest de l'île (source : K. Le Roux).



Questions / Réponses

► **A. Herbreteau** : La gestion du fataque par la fauche suffit-elle ? Quand nous n'avons pas de couvert végétal c'est la faute du désherbage chimique ?

K. Le Roux : Au fur et à mesure du temps, il faut faucher avant la montée en graines du fataque pour réduire « l'inoculum ». Oui, les pratiques du désherbage chimique ont réduit au minimum la présence d'espèces végétales dans les couverts.

► **F. Le Bellec** : Y a-t-il eu un inventaire de la flore spontanée au démarrage du projet ?

M. Jacquot : Oui, il y a eu des relevés effectués avant le changement de pratiques en août 2012, peu après en août 2013 et 2014.

> Implantation d'un système d'irrigation par aspersion : matériel et recommandations techniques

C. GLOANEC¹ | I. GUIGNARD¹
caroline.gloanec@gmail.com

Résumé

La mise en place de couverture végétale totale, diversifiée et permanente dans les vergers a posé la question de l'adaptation du système d'irrigation. La majorité des systèmes sur l'île de La Réunion utilise un système goutte à goutte enroulé autour de l'arbre. Dans l'objectif de mettre en place et maintenir une couverture végétale sur la durée du projet, le projet Biophyto a testé la mise en place de système d'irrigation par aspersion. Un cahier des charges a été construit avec les agriculteurs pour déterminer les besoins. Du matériel a été identifié auprès des fournisseurs et présenté lors d'une demi-journée de démonstration aux producteurs. Les

agriculteurs du projet ont donc choisi un type d'asperseur qu'ils ont mis en place sur la parcelle Biophyto. Ce retour d'expériences permet de présenter aux professionnels une gamme de matériel avec leurs avantages et inconvénients. Une notice technique sur les prérequis de l'installation d'un système par aspersion a été rédigé. Et la question des bonnes pratiques d'irrigation a été soulevée.

Mots-clés : Biophyto, irrigation, couverture végétale, aspersion, matériel

Introduction

La mise en place d'une couverture peut dans certains cas demander l'adaptation du système d'irrigation. En concertation avec les producteurs et sous responsabilité de la Chambre d'agriculture de La Réunion, le système s'est orienté sur de l'aspersion. L'objectif de l'adaptation du système d'irrigation est d'arroser la couverture végétale pour maintenir un couvert vivant total et permanent permettant de répondre au

décalé court du projet. La mise en place du système d'irrigation avait été identifiée dans les risques du projet notamment pour des difficultés techniques liées à l'aménagement des systèmes d'irrigation (du système « goutte à goutte » au système « micro-aspersion ») et sur l'impact sur la phénologie du manguiers. Cet article présente le travail sur l'identification du matériel répondant aux besoins des producteurs du projet.

Objectif

Pour rappel, la majorité des systèmes d'irrigation de manguiers de l'île repose sur des gouttes à gouttes enroulés autour de l'arbre. La principale zone de production se trouve dans l'Ouest de l'île avec un climat très sec et sans couverture végétale vivante. L'objectif du projet est d'observer les différents impacts d'insertion de biodiversité végétale dans les parcelles. La mise en place d'une couverture végétale a donc posé la question de l'adaptation du système d'irrigation pour répondre à l'objectif d'irriguer pour permettre le développement et le maintien d'une couverture végétale sur la durée du projet. Ce questionnement était en phase avec la

réflexion de certains producteurs qui se posaient la question d'une irrigation par aspersion pour améliorer l'irrigation des manguiers. De plus ce système d'irrigation permet de réduire le risque d'incendie fréquent dans cette zone. Le projet a donc proposé d'étudier la faisabilité d'adapter le système d'irrigation pour répondre à l'objectif de développement et maintien de la couverture et d'irrigation du manguiers. Dans les questions à résoudre, l'efficacité du système d'aspersion dans des perspectives d'économie de l'eau est au centre des interrogations.

Cahier des charges du système

Un premier travail de dimensionnement des parcelles a été effectué par la Chambre d'agriculture de La Réunion avec le coordinateur et le responsable irrigation. À partir de ce travail, les conditions optimales du système ont été identifiées.

Le système d'irrigation ne doit pas arroser le feuillage des manguiers afin de ne pas favoriser le développement de certaines maladies (anthracnose par exemple).

Le système d'irrigation doit éviter d'arroser le tronc du manguiers ; même si ce dernier est moins sensible que d'autres espèces fruitières à la forte humidité au niveau du tronc, il est prudent d'éviter les excès d'humidité à ce niveau.

¹ CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION
² Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France

Le système d'irrigation ne doit pas gêner les travaux dans le verger (passage de tracteur, débroussaillage, gyrobroyage, taille, récolte).

Le système d'irrigation doit être robuste pour éviter l'entretien ou les changements fréquents.

Le système d'irrigation doit permettre d'irriguer la plus grande surface possible dans l'inter-rang, tout en évitant des zones avec superposition d'arrosage qui entraînent une hétérogénéité dans l'enherbement et dans sa croissance.

Le point précédent implique qu'en cas d'aspersion, le système d'irrigation doit être suffisamment haut pour que l'eau soit projetée au-dessus du couvert végétal de l'inter-rang, et suffisamment bas pour ne pas arroser de façon excessive le feuillage et les fruits bas du manguiers.

À partir de ces constatations, 3 systèmes sont possibles :

- A : deux asperseurs par arbre entre 180° et 300° de part et d'autre du tronc, portée de 4,5 m de rayon ;

- B : un asperseur par arbre disposé en quinconce au niveau du tronc, portée de 7 m de rayon ;
- C : un asperseur de 360° entre les arbres dans les rangs d'une portée de 3 à 4,5 m de rayon.

Il existe une vaste gamme de matériel d'aspersion, basée sur différentes caractéristiques : type d'asperseur (fixe ou rotatif), autorégulant ou non, angle de projection de l'eau, portée et surface irriguée par asperseur, débit, etc. Le choix d'un matériel doit être fait en fonction des capacités du réseau d'irrigation (pression, débit maximal, qualité de la filtration de l'eau), des caractéristiques du verger (distances de plantation, hauteur de l'enherbement), et du budget. Un travail d'identification d'asperseurs a été mené avec les fournisseurs. Ce cahier des charges a permis d'identifier 6 types d'asperseurs dans un premier temps pouvant répondre aux différents besoins des producteurs.

Le choix de la portée des asperseurs est déterminé par les distances de plantation des manguiers, et limité par la pression dans le réseau d'irrigation.

Tableau 1 Spécificités des trois systèmes d'irrigation possibles.

	A			B	C	
	Vari jet	Aquasmaster 2005	Aquasmart 2002	Mamkad 16 angle bas	Nan 501 U	Hadar
Angle	180°	300°	300°	180 ou 360°	360°	360°
Type		Turbine bleue buse verte	Turbine bleue buse orange	Buse orange ou rouge	Buse : bleue rouge	
Portée (rayon en m)	0 à 3 m	4,5 m	3,5 m	6,5 m	7,5 m 6,5 m	
Mécanisme		Turbine	Turbine	Rotation à bille	Turbine à palette	
Type de jet	Mini aspersion	Quasi brumisation	Quasi brumisation	Jet rotatif	Mini aspersion	Micro aspersion
Débit	De 0 à 130 l/h	105 l/h	70 l/h	180-255 l/h 225-320 l/h	200 l/h 130 l/h	
Pression de fonctionnement	0,5 à 2,5 bars	1,5 à 2,5 bars	15 à 4 bars	2,4 bars	2,5 bars	
Nombre / arbre	2	2	2	0.5	1	1

Choix, dimensionnement et mise en place

Une demi-journée de démonstration a été organisée pour les producteurs afin de tester le matériel in situ sur un verger de manguiers. 10 producteurs étaient présents. Les producteurs ont pu ainsi identifier le matériel adapté à leur besoin. Le dimensionnement des systèmes a été effectué avec l'identification du matériel adapté à la pression et au débit du système en fonction du débit des asperseurs. Une commande a été lancée auprès des fournisseurs. Le matériel a été acheté et installé par les producteurs (8 producteurs sur 12).

Recommandations et suivis des pratiques

Dans l'attente des résultats sur le bilan hydrique des parcelles conduite en aspersion pour connaître finement l'influence de ces nouvelles pratiques sur la phénologie du manguiers, l'hypothèse que la couverture ne rentrait pas en compétition avec le manguiers a été faite (postulat sans fondements scientifiques que la consommation et l'évapotranspiration de la couverture végétale s'annulaient avec le maintien de l'eau dans le sol par la couverture) car la seule donnée disponible était les besoins en eau du manguiers. Le débit réel des asperseurs a été mesuré. Le calcul en apport d'eau a été fait selon les débits des asperseurs et les besoins du manguiers aux différentes périodes pour retranscrire ce besoin. L'objectif était d'apporter la même quantité d'eau qu'en goutte à goutte. Les techniciens en charge du suivi ont été formés.

Le suivi agronomique comprend une partie sur le suivi irrigation. La détermination des débits et le relevé des pratiques permettent d'adapter le conseil en irrigation. Mais il s'est très vite avéré que la perception des pratiques d'irrigation des producteurs ne correspondait pas avec leur consommation réelle. Un travail de formation des techniciens et producteurs à la gestion de l'irrigation (en aspersion comme en goutte à goutte) a été identifié.

Retours des producteurs sur le système

L'enquête de satisfaction qui a été réalisée auprès de 11 producteurs sur 13 portait une partie sur l'irrigation. Elle vise à apprécier d'une part la satisfaction des producteurs de mangues sur le système mis en place et d'identifier des points d'améliorations pour la poursuite du projet.

▼ **À la question** « sur une échelle de 1 à 10, que pensez-vous de la méthode d'irrigation par les asperseurs mise en place sur les parcelles Biophyto ? Et pourquoi ? ». Les producteurs ont répondu comme suit.

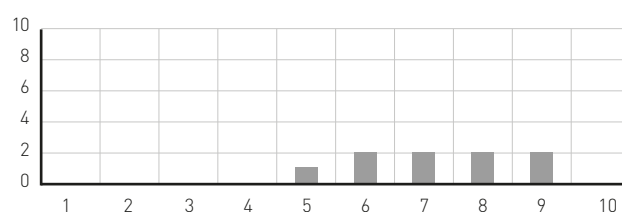
Le système d'irrigation par aspersion divise les producteurs. Deux producteurs n'ont pas installé ce système car ils possédaient déjà une couverture spontanée et un a dû l'enlever à cause de la prolifération des mauvaises herbes (fataques) suite à des pluies inhabituelles et qui étaient maintenues par l'irrigation de la couverture. Sur ces trois vergers, les conditions climatiques permettent le maintien d'une couverture toute l'année.

Seuls deux producteurs s'estiment complètement satisfaits de la méthode d'aspersion, dont un avait déjà les asperseurs en place dans son verger. Les autres producteurs du projet reconnaissent l'utilité de l'aspersion pour le maintien de leur couverture mais lui trouvent encore trop de contraintes.

La principale contrainte liée aux asperseurs est le travail supplémentaire qu'ils engendrent. Tout d'abord, l'irrigation multiplie les mauvaises herbes qui doivent être arrachées, et les tuyaux sont souvent abîmés lors de la fauche inter-rang. De plus les buses d'aspersion se bouchent facilement, les piquets bougent ou tournent ce qui compromet l'arrosage homogène de la couverture. Enfin, le coût lié à l'installation et au supplément d'eau utilisé est un frein à l'installation des asperseurs sur les parcelles déjà existantes.

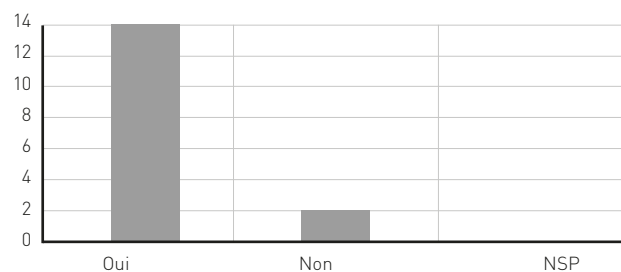
Figure 1 Satisfaction des producteurs vis à vis du système d'irrigation par aspersion.

Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait



▼ **À la question** « étendriez-vous ce système à l'ensemble de votre verger ? Et pourquoi ? »

Figure 2 Opinion des producteurs sur l'extension de la méthode d'irrigation par aspersion à l'ensemble des parcelles de manguiers.

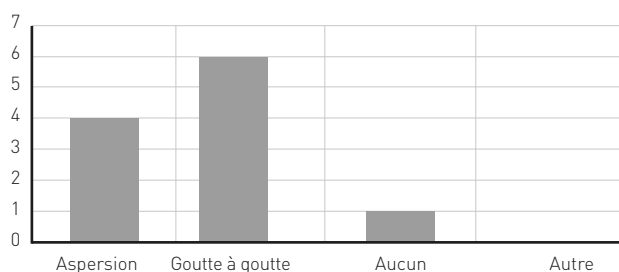


La plupart des producteurs ne souhaite pas étendre les asperseurs à l'ensemble de leur verger à cause du coût que cela impliquerait.

▼ **À la question** « si vous installiez une nouvelle parcelle de manguiers, quel système d'aspersion privilégieriez-vous ?

- aspersion ;
- goutte à goutte ;
- aucun ;
- autre »

Figure 3 Méthode d'irrigation potentielle pour une nouvelle parcelle.



Quatre d'entre eux les installeront s'ils sont amenés à planter une nouvelle parcelle. L'irrigation de la couverture serait alors couplée à l'irrigation de cultures intercalaires comme la papaye.

Chez la plupart des producteurs, le système d'irrigation par asperseurs ne convient pas complètement et mérite d'être amélioré afin que l'investissement soit rentable, en termes de rendement et d'entretien.

Les perspectives

- Notice technique en amont (les prérequis).
- Gestion de l'irrigation : un besoin en formation et vigilance sur l'économie d'eau.
- Matériel: les asperseurs adaptés.
- Parcelles de démonstration et capitalisation d'expériences. L'étude de l'impact sur la phénologie du manguiier permettra d'avancer sur la question de la gestion d'irrigation de ce système d'irrigation.

Questions / Réponses

► **Le Goff S.** : Comment est-ce que les agriculteurs ont géré le système d'irrigation et l'entretien mécanisé du couvert végétal ?

Gloanec C. : À l'origine, le matériel était collé à l'arbre et était donc protégé des pratiques (notamment du débroussaillage). Mais comme les asperseurs n'étaient pas suffisamment puissants pour arroser le milieu de l'inter-rang, les producteurs ont avancé les asperseurs et cela a effectivement gêné les travaux. Il y a donc une recherche pour améliorer le dispositif en aspersion avec identification de nouveaux matériels, parcelle de démonstration et capitalisation des expériences, avantages et inconvénients des différents asperseurs.

► **Le Jeanne L.** : 1) Avez-vous évalué les différences de quantité d'eau utilisées entre les deux types d'irrigation sachant que la ressource en eau est une denrée rare ?

2) Le changement de pratique d'irrigation est voué à favoriser l'implantation de couvert végétal permanent, mais pourquoi n'avez-vous pas recherché un couvert le moins gourmand possible en eau ?

Gloanec C. : 1) Nous avons suivi les temps d'irrigation des producteurs, ce n'était pas un objectif. Nous nous appuyons donc sur l'étude qui a utilisé des vannes volumétriques et des bilans hydriques pour comprendre si l'aspersion utilise plus ou moins d'eau.

2) Le couvert identifié était soit spontané soit avec une espèce résistante à la sécheresse.

> Changement de pratique d'irrigation lié à une conduite agroécologique du manguier : effets sur le bilan hydrique et la production

F. NORMAND¹ | D. JESSU¹ | M. SINATAMBY¹ | L. CARISSIMO¹ | K. CHAMPAVIER¹
normand@cirad.fr

Résumé

Le maintien d'une couverture végétale vive toute l'année en conduite agroécologique demande un complément d'irrigation dans le verger de manguiers pendant la saison sèche. Ce complément peut interférer avec le cycle phénologique du manguier et affecter son développement et sa production. L'objectif de cette étude est d'évaluer la réponse du manguier à ce changement de pratique d'irrigation. Le dispositif expérimental est constitué de trois paires de vergers voisins, l'un conduit de façon traditionnelle et l'autre conduit avec couverture végétale et complément d'irrigation, situées dans le Sud et l'Ouest de l'île. La floraison et la fructification des arbres ont été suivies sur chaque verger, et un modèle de bilan hydrique a été construit. Les résultats montrent des différences marquées de la dynamique de l'eau dans le sol, avec une plus grande disponibilité en eau en début de saison sèche pour les vergers avec couverture végétale. Sur celles-ci, la floraison a été plus tardive et les rendements moins élevés. Une seconde année de suivi est en cours pour affiner ces résultats.

Mots-clés : agroécologie, bilan hydrique, floraison, irrigation, manguier, rendement

Introduction

La conduite agroécologique des cultures passe, entre autres, par le développement ou l'introduction dans la parcelle d'une biodiversité végétale fonctionnelle choisie pour remplir différents services en relation avec les bioagresseurs : attraction, répulsion, hébergement ou fourniture de nourriture alternative pour les auxiliaires, ... (Altieri, 1999 ; Ratnadass *et al.*, 2012). Cette biodiversité végétale peut prendre différentes formes : plantes de couverture sur l'ensemble de la parcelle, plantes pièges, répulsives ou attractives, localisées à différents endroits dans et/ou autour de la parcelle. Comme la plante cultivée, cette biodiversité doit être gérée de façon agronomique afin de favoriser son installation, son développement et sa pérennité. Ainsi, dans les zones caractérisées par une saison sèche marquée, une irrigation spécifique doit être apportée pour la biodiversité introduite, en complément de l'irrigation de la culture.

Le manguier est une espèce fruitière qui demande une alternance entre une saison chaude et humide favorable à sa croissance végétative, et une saison sèche et fraîche durant

laquelle ont lieu la floraison et la croissance des fruits. L'induction florale a lieu sur des pousses de l'année matures, c'est-à-dire d'un certain âge, sous l'effet de températures fraîches (Ramirez et Davenport, 2010 ; Ramirez *et al.*, 2010). Les conditions environnementales et de culture doivent donc être défavorables à la croissance végétative dès la fin de la saison chaude et humide, de façon à éviter une croissance végétative tardive qui a un effet négatif sur la floraison à cause du jeune âge des unités de croissance au moment des températures fraîches favorables à l'induction florale. La baisse des températures et des précipitations à partir du mois d'avril à La Réunion limitent en général la reprise de végétation tardive. Les agriculteurs renforcent ces conditions en arrêtant l'irrigation du verger, conduisant au fameux « stress hydrique » précédant la floraison (Lemarié, 2008).

Dans le cas d'une conduite agroécologique du manguier avec maintien d'une couverture végétale vive toute l'année dans le verger, l'irrigation de la couverture est nécessaire pendant la saison sèche, en particulier dans l'Ouest de l'île où celle-ci est très marquée d'avril à décembre. Les manguiers vont profiter de cette irrigation, notamment avant la floraison alors qu'il faudrait la limiter pour éviter la croissance végétative. Il peut donc y avoir interaction à cette période entre la gestion de la couverture végétale et la gestion des manguiers. Les effets attendus peuvent être négatifs, par une reprise de la croissance végétative et l'inhibition de la floraison, ou positifs, par un apport d'eau minimal aux manguiers, limitant les effets négatifs de stress hydriques sévères souvent constatés (Vincenot et Normand, 2009). Ces effets dépendront probablement de la quantité d'eau apportée et de la régularité des apports. Après la floraison, l'irrigation est relancée dans les vergers pour assurer la croissance des fruits, et les apports d'eau devront couvrir les besoins des fruits et de la couverture.

L'objectif de cette étude est de caractériser les effets sur le manguier, sa floraison et sa production, d'un apport d'irrigation spécifique pour la couverture végétale en conduite agroécologique du verger. Pour cela, nous avons construit un

1. CIRAD
UPR HortSys, Station de Bassin-Plat, BP 180
97455 Saint-Pierre, La Réunion, France

modèle de bilan hydrique afin de comparer la dynamique de l'eau disponible dans le sol en conduite classique et agroéco-

logique, et nous avons suivi les paramètres de l'élaboration du rendement des manguiers dans les deux situations.

Matériels et méthodes

▼ DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'étude s'est déroulée dans trois paires de vergers voisins, deux dans l'Ouest de l'île à Grand-Fond (sites C et L) et un dans le Sud à Saint-Pierre (site B). Chaque paire est constituée d'un verger conduit de façon agroécologique selon les

recommandations du projet Biophyto, avec couverture permanente et éventuellement bandes fleuries irriguées dans le verger, et d'un verger conduit de façon traditionnelle par l'agriculteur (Tableau 1).

Tableau 1 Caractéristiques des vergers de manguiers étudiés sur trois sites et données globales concernant les volumes d'irrigation et de pluie reçus entre le 01/07/2013 et le 31/07/2014, l'ETP durant cette période, les taux moyens de floraison et de fructification en 2013. Traitements : B = conduite agroécologique Biophyto, T = Témoin traditionnel. Sur chaque site, les taux de floraison ou de fructification suivis de lettres différentes sont significativement différents (test de comparaison de proportion, $P < 0,05$).

Site	Commune	Variété	Trait	Nombre arbres	Densité	Surface (m ²)	Irrigation (mm)	Pluie (mm)	ETP (mm)	Taux floraison	Taux fructification
B	Saint-Pierre (Sud)	José	B	28	7 x 5	980	797,5	510,9	1390,0	0,62 ^b	0,20
			T	35	7 x 5	1225	477,4	510,9	1390,0	0,78 ^a	0,17
C	Saint-Paul (Ouest)	José	B	56	7 x 5	1960	1077,9	413,8	1336,3	0,84 ^a	0,10 ^b
			T	52	7 x 5	1820	699,0	413,8	1336,3	0,62 ^b	0,30 ^a
L	Saint-Paul (Ouest)	José, Cogshall	B	37	6 x 5	1010	911,2	394,6	1336,3	0,62 ^b	0,13 ^b
			T	35	6,5 x 5	1138	1082,3	394,6	1336,3	0,83 ^a	0,43 ^a

Dans chaque verger, un compteur volumétrique a été inséré en tête du système d'irrigation afin de mesurer les quantités d'eau d'irrigation reçues. Ces compteurs sont relevés chaque semaine. Sur chaque site, un pluviomètre automatique et un capteur de température ont été installés et enregistrent en continu la pluie et la température. L'évapotranspiration de référence (ETP) est donnée par les stations météo automatiques les plus proches des sites d'étude.

La floraison et la fructification ont été enregistrées à l'échelle de l'arbre et du verger. Dans chaque verger, quatre manguiers ont été repérés. Cinquante unités de croissance (UC) terminales, susceptibles de fleurir, ont été échantillonnées aléatoirement sur chaque arbre, étiquetées et décrites (an-

née d'apparition, position, floraison pour les UCs de l'année précédente) au moment du repos végétatif avant floraison en juin 2013. Ce dispositif permet de donner des mesures précises par arbre et d'étudier la variabilité inter-arbres. Par ailleurs, 100 UCs terminales ont été échantillonnées aléatoirement et décrites comme précédemment sur l'ensemble du verger afin de réaliser des mesures moyennes à l'échelle du verger.

Ce dispositif est prévu pour un suivi de la floraison et de la fructification dans les vergers pendant deux années, en 2013 et 2014. Seuls les résultats de 2013 sont présentés ici, les données de 2014 étant en cours d'acquisition.

▼ MESURES RÉALISÉES

L'occurrence et la date de floraison ont été relevées de façon hebdomadaire de juin à octobre 2013 sur les UCs échantillonnées, permettant de calculer le taux de floraison (rapport entre le nombre d'UCs qui fleurissent et le nombre d'UCs échantillonnées) et de suivre la dynamique de floraison par arbre ou par verger. Peu de temps avant la récolte, l'occur-

rence de la fructification a été relevée sur les UCs échantillonnées, permettant de calculer le taux de fructification (rapport entre le nombre d'UCs qui fructifient et le nombre d'UCs échantillonnées qui ont fleuri). Le nombre total de fruits a été compté sur les quatre arbres identifiés.

▼ MODÈLE DE BILAN HYDRIQUE

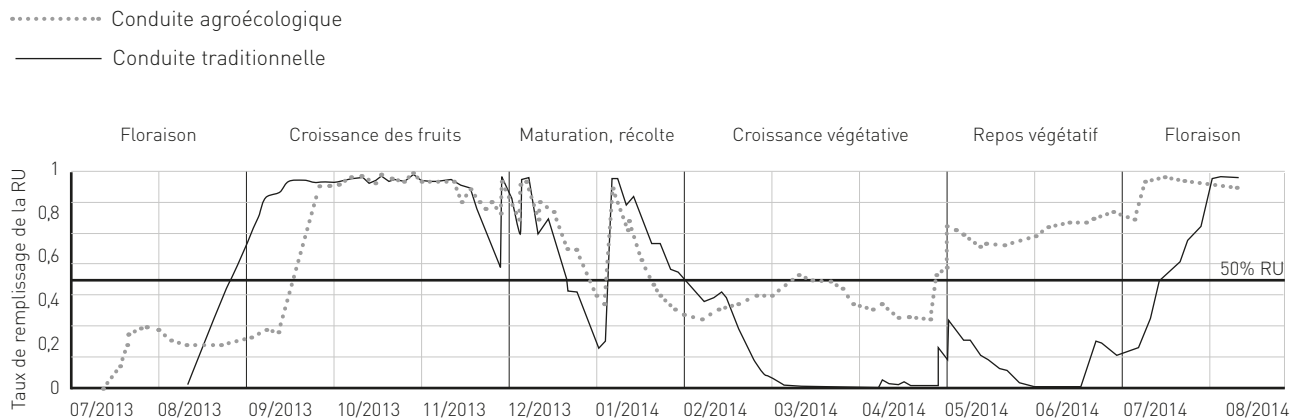
Un modèle de bilan hydrique a été construit et paramétré pour les conditions réunionnaises et de chaque verger suivi. Ce modèle est une adaptation au manguiier du logiciel ProbeW (Chopart *et al.*, 2009) issu des travaux de Chopart et Vauclin (1990). Les coefficients culturaux pour le manguiier ont été estimés à partir de sources bibliographiques, puis corrigés pour chaque verger en fonction de la surface de sol couverte par les manguiiers, de la présence ou non d'une couverture végétale vive, et des conditions climatiques

(vent moyen et humidité relative de l'air) (Allen *et al.*, 1998). Les coefficients culturaux ont été estimés pour cinq phases phénologiques : floraison (juillet-août), croissance des fruits (septembre-novembre), maturation-récolte (décembre-janvier), croissance végétative (février-avril), et repos végétatif (mai-juin). Les données concernant la réserve utile du sol dans chaque verger ont été tirées de Raunet (1989, 1991) et complétées par des carottages pour déterminer la profondeur moyenne du sol dans chaque verger.

Résultats

▼ IRRIGATION ET ÉVOLUTION DE LA RÉSERVE UTILE DANS LE SOL

Figure 1 Dynamique de la réserve utile en eau du sol (RU) pour le verger en conduite agroécologique Biophyto avec une irrigation d'appoint pour la couverture vive permanente, et le verger conduit de façon traditionnelle par l'agriculteur sur le site C dans l'Ouest de l'île, entre le 01/07/2013 et le 31/07/2014.



Du 01/07/2013 au 31/07/2014, les vergers conduits de façon agroécologique (B, Biophyto) ont reçu plus d'eau que les vergers conduits de façon traditionnelle (T) sur les sites B et C, mais pas sur le site L (Tableau 1). Les apports d'eau dans les vergers, pluies et irrigation, ont été supérieurs ou égaux à la demande climatique (ETP) dans le verger Biophyto du site C, et dans les deux vergers du site L.

Mis à part sur le site B où les apports d'irrigation ont été peu contrastés entre les deux traitements, ces données globales masquent de grandes différences dans la dynamique d'apport de l'eau et de sa disponibilité dans le sol. Sur le site C

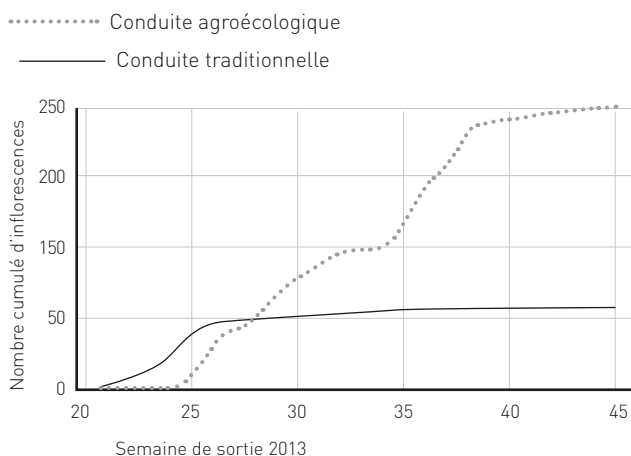
(Figure 1), la disponibilité en eau dans le sol, représentée par le taux de remplissage de la réserve utile du sol, a été sensiblement la même pour les deux traitements de la fin de la floraison à la fin de la récolte. On note un arrêt de l'irrigation en début de récolte qui a conduit à une diminution de la réserve en eau du sol. Le cyclone Béjisa début janvier 2014 a rempli à nouveau cette réserve dans les deux vergers. À partir de la fin de la récolte, les irrigations d'appoint pour la couverture dans le verger Biophyto ont permis de maintenir un taux de remplissage de la réserve utile compris entre 35 et 50 % pendant la croissance végétative, puis entre 65 et 80 % pendant le repos végétatif, alors qu'elle tombait à 0 % dans

le verger témoin non irrigué. Les faibles pluies qui ont suivi Bégisa ont entraîné un stress hydrique long et poussé sur ce verger. La reprise de l'irrigation au début de la floraison en

juillet 2014 a contribué à remplir à nouveau la réserve utile dans ce verger et à retrouver le niveau du verger Biophyto.

▼ FLORAISON DES MANGUIERS

Figure 2 Dynamique du débournement de la floraison 2013 dans le verger en conduite agroécologique Biophyto (en trait pointillé) et le verger en conduite traditionnelle (en trait plein) sur le site C dans l'Ouest de l'île.



Les taux de floraison moyens par verger calculés par des observations détaillées sur quatre arbres ou à l'échelle du verger entier sont similaires. Seuls ces derniers résultats sont montrés ici (Tableau 1). Les taux de floraison sont en général bons, compris entre 0,62 et 0,84. Des différences significatives sont observées entre les traitements. Sur les sites B et L, le taux de floraison est supérieur sur le verger conduit de façon traditionnelle, alors que l'inverse est observé sur le site C.

Sur les trois sites, la floraison a été plus tardive sur le verger conduit de façon agroécologique que sur le verger conduit de façon traditionnelle. Le retard le plus marqué a été de 10 semaines sur la médiane des dates de débournement des inflorescences sur le site C (Figure 2). Ce retard a été de 1 et 0,5 semaine sur les sites L et B respectivement. Dans tous les cas, ces différences sont significatives (test de Wilcoxon, $P < 0,05$).

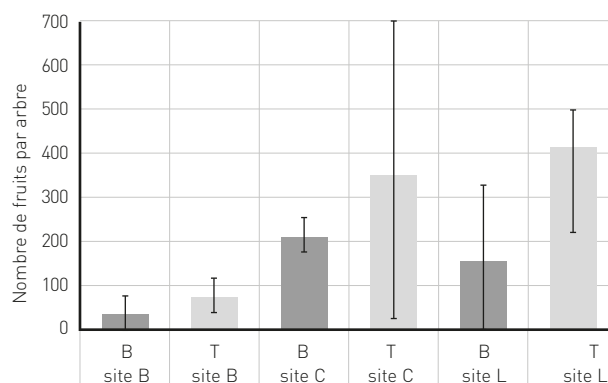
▼ FRUCTIFICATION ET RENDEMENT

Les taux de fructification moyens dans les vergers sont globalement faibles, compris entre 0,10 et 0,43 (Tableau 1). Sur les sites C et L, le taux de fructification est environ 3 fois supérieur sur le verger conduit de façon traditionnelle, cette différence est hautement significative. Sur le site B, les taux de fructification sont faibles et non significativement différents entre les deux traitements. Les résultats à l'échelle des arbres vont dans le même sens.

Le nombre moyen de fruits par arbre est environ 2 fois plus élevé sur le verger en conduite traditionnelle que sur le verger

en conduite agroécologique quel que soit le site (Figure 3). Cependant, ces différences ne sont pas significatives, probablement en lien avec la forte variabilité de rendement entre arbres et le faible nombre d'arbres échantillonnés ($n = 4$).

Figure 3 Production moyenne de fruits par arbre pendant la saison 2013-2014 dans les vergers étudiés sur trois sites en fonction du mode de conduite, agroécologique (B, Biophyto) ou traditionnel (T). Sites B et C : José ($n=4$), site L : Cogshall ($n=2$ (B) et $n=3$ (T)). Les barres indiquent les écart-types.



Discussion

Le suivi des pluies et des irrigations (données non montrées) et de la dynamique de l'eau dans le sol (Figure 1) montre que la disponibilité en eau dans les vergers conduits de façon agroécologique est en général plus régulière et plus importante que dans les vergers conduits de façon traditionnelle. Cela est lié aux apports d'irrigation complémentaires et réguliers pour la couverture végétale vive. En particulier, les manguiers disposent de plus d'eau disponible dans le sol au moment du repos végétatif, période durant laquelle un stress hydrique limite la reprise de la croissance végétative et favorise ainsi l'induction florale liée aux températures fraîches. Nuñez-Elisea et Davenport (1994) ont montré que le stress hydrique avance la date de floraison par rapport à des arbres non stressés. Les retards de floraison observés sur les trois vergers en conduite agroécologique confirment ce résultat.

Le mode de conduite agroécologique du verger a un effet significatif sur la floraison des manguiers en conduisant à une floraison moins intense et plus tardive par rapport à une conduite traditionnelle. Sur le site C, la floraison a été significativement plus intense dans le verger en conduite agroécologique (Tableau 1, Figure 2). Cependant, la première floraison dans ce verger a été détruite par des ravageurs, Cécidomyie des fleurs et Punaise du manguiier, ce qui a conduit au développement de deux autres vagues de floraison successives,

bien visibles sur la figure 2. Ces problèmes phytosanitaires sont probablement à l'origine du résultat inverse concernant l'intensité de floraison sur ce site, et au retard important de la date de demi-débourrement florifère sur le verger conduit de façon agroécologique.

La fructification est plus faible dans les vergers conduits de façon agroécologique dans les sites C et L. Cela signifie que peu d'inflorescences ont donné des fruits. Les observations réalisées pendant les suivis de la floraison ont montré que ce résultat est lié à une mortalité plus élevée des inflorescences dans ces vergers à cause de problèmes phytosanitaires (Cécidomyie des fleurs, Punaise du manguier, oïdium). Ces problèmes ont été moins prégnants dans les vergers en conduite traditionnelle suite à des traitements phytosanitaires. Sur le site B, les taux de fructification sont faibles et similaires avec les deux modes de conduite, probablement en lien avec l'absence de traitement phytosanitaire dans les deux vergers, l'agriculteur souhaitant évoluer vers une conduite biologique de ses vergers.

Les différences marquées sur les taux de floraison et de fructification entre les deux traitements se retrouvent au niveau

de la production des manguiers qui est en moyenne deux fois plus importante en conduite traditionnelle qu'en conduite agroécologique. Cependant, il est nécessaire d'évaluer les rendements sur un nombre plus important d'arbres par verger vu la variabilité observée entre eux.

En conclusion, cette première année de suivi a montré que la modification de l'irrigation liée au maintien d'une couverture végétale vive dans le verger en relation avec une conduite agroécologique des manguiers conduit à une disponibilité en eau plus régulière et plus importante, notamment durant le repos végétatif des arbres. On observe dans ces vergers une floraison moins intense et plus tardive, probablement en lien avec cette meilleure disponibilité en eau durant le repos végétatif, et une fructification plus faible, en lien avec des dégâts de maladies et ravageurs. In fine, la production de fruits est deux fois moins importante sur les manguiers en conduite agroécologique dans les trois sites suivis. Une seconde année de mesures est en cours pour valider ou infirmer ces premiers résultats.

Références bibliographiques

- Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M., 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage paper n°56*, FAO, Rome, Italia, 300 p.
- Altieri M. A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 19-31.
- Chopart J.-L., Vauclin M., 1990. Water balance estimation model, field test and sensitivity analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 54(5), 1377-1384.
- Chopart J.-L., Le Mézo L., Mézino M., 2009. PROBE-w (PROgramme de Bilan de l'Eau): logiciel de modélisation du bilan hydrique dans un sol cultivé. Présentation et guide d'utilisation. Cirad-CA, Saint-Pierre, La Réunion, France, 18 p.
- Lemarié M., 2008. Caractérisation des pratiques culturales et identification des profils de fonctionnement des exploitations agricoles productrices de mangues. Mémoire de stage AgroParisTech, Cirad Réunion, 60 p.
- Nuñez-Elisea R., Davenport T. L., 1994. Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress. *Scientia Horticulturae*, 58, 57-66.
- Ramírez F., Davenport T. L., 2010. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. *Scientia Horticulturae*, 126, 65-72.
- Ramírez F., Davenport T. L., Fischer G., Augusto Pinzon J. C., 2010. The stem age required for floral induction of synchronized mango trees in the tropics. *HortScience*, 45, 1453-1458.
- Ratnadass A., Fernandes P., Avelino J., Habib R., 2012. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 273-303.
- Raunet M., 1989. Littoral Ouest, Rivière des Galets à Ravine du Cap. Carte morphopédologique 1/10000, aptitudes à l'irrigation. Cirad -IRAT, Saint-Denis, Ile de La Réunion, France.
- Raunet M., 1991. Périmètres du Bras de Cilaos et du Bras de la Plaine. Carte morphopédologique 1/10000, aptitudes à l'irrigation. Cirad-IRAT, Saint-Denis, Ile de La Réunion, France.
- Vincenot D., Normand F., 2009. Guide de production intégrée de mangues à La Réunion. Cirad et Chambre d'agriculture de La Réunion, Saint-Pierre, Ile de La Réunion, 122 p.

Questions / Réponses

► **P. Thomas** : Y a-t-il une influence des modalités d'irrigation sur le remplissage de la réserve utile au profit/détriment du manguiier ?

Y a-t-il un effet de pratiques douces d'irrigation ?

F. Normand : Il n'y a pas d'effet des pratiques d'irrigation parce que le manguiier oriente son système racinaire vers les zones irriguées, donc pas d'effet de pratiques douces. Si l'irrigation est faible, juste pour la couverture, les premiers centimètres du sol seront irrigués et le manguiier y développera ses racines, profitant ainsi de cette source d'eau même minime.

► **A. Ratnadass** : Les résultats sur l'effet des changements de la méthode d'irrigation pour favoriser la couverture sur la phénologie du manguiier soulève effectivement une question de fond. Mais concernant l'effet de la gestion Biophyto *versus* Témoin sur la production (via l'impact des ravageurs), ne faut-il pas plutôt considérer l'évolution de la différence d'effet en fonction du temps, vu que certains processus de régulation agroécologiques demandent plusieurs années pour se mettre en place ?

F. Normand : Les résultats reflètent en effet ce qui se passe sur des parcelles dans lesquelles la conduite agroécologique se met en place. Les équilibres écologiques attendus pour contrôler les ravageurs n'y sont pas encore atteints. Ce processus est long. Les résultats 2014 rejoignent ceux de 2013 : une évolution positive sur la fructification est à attendre au bout de plusieurs années (contrôle biologique des ravageurs de la floraison, punaise et cécidomyie, mais le problème de l'oïdium reste entier sans traitement au soufre).

► **J.-N. Aubertot** : 1) Existe-t-il un « effet mémoire » de l'état écophysiologique du manguiier d'une année sur l'autre ?

2) Dans le modèle du bilan hydrique utilisé, le ruissellement ne devrait-il pas être pris en compte également dans les « flux » d'eau entrant du système ?

F. Normand : 1) Il y a un effet mémoire important chez le manguiier. Les résultats montrés représentent une situation « naïve » dans laquelle on n'avait pas l'histoire des arbres et des vergers. Pour la seconde année d'observation en 2014, on pourra utiliser les données de production de 2013 comme covariables pour intégrer cet effet mémoire.

2) Dans le modèle retenu, le ruissellement est considéré comme une sortie. Le ruissellement d'eau à partir de l'environnement de la parcelle et entrant dans la parcelle n'est pas pris en compte. L'hypothèse du modèle concernant le ruissellement est peut-être : ruissellement entrant \leq ruissellement sortant, sauf si la parcelle est dans un bas-fond.

► **T. Atiama-Nurbel** : Est-ce que les conduites d'irrigation étaient gérées en amont et équivalentes entre les sites d'étude ?

F. Normand : Des recommandations sur l'irrigation de la couverture ont été faites au début du projet. Sur nos trois sites suivis, nous avons juste mesuré les volumes d'eau entrant par l'irrigation dans les parcelles et comparé entre les parcelles Biophyto et Témoin. Les volumes d'eau d'irrigation reçus par les parcelles Biophyto et Témoin varient selon les sites, les agriculteurs ayant plus ou moins suivi les recommandations faites.

> Des bandes fleuries pour favoriser la biodiversité fonctionnelle dans les vergers de manguiers à La Réunion

C. SCHMITT¹ | K. LE ROUX² | M. TENAILLEAU¹ | D. MURU³ | M. JACQUOT³ | P. GABORIT³ | R. GRAINDORGE¹
chloeschmitt@armeflhor.fr

Résumé

Un des objectifs spécifiques du projet Biophyto est de concevoir et d'évaluer des pratiques agroécologiques de gestion de la biodiversité végétale dans treize vergers pilotes. Les bandes fleuries ont pour finalité de renforcer le peuplement d'auxiliaires (pollinisateurs, prédateurs et parasitoïdes) à l'intérieur des vergers de manguiers, mais surtout de favoriser durablement leur installation dans le temps et dans l'espace. Le principe est de leur offrir des abris et de leur assurer des sources de nourriture, notamment durant toute l'année. Dans un premier temps, une sélection de douze espèces florales candidates a été réalisée sur des critères écologiques, mor-

phologiques, phénologiques et entomologiques. Ces espèces ont été testées au champ afin d'évaluer notamment leurs performances agronomiques et leur attractivité vis-à-vis de la faune auxiliaire, conduisant ainsi à la réalisation d'un mélange de huit espèces florales, actuellement en cours d'expérimentation. L'objectif final est de pouvoir proposer aux agriculteurs un mélange fleuri adapté et fonctionnel, accompagné par des préconisations techniques de mise en place et d'entretien.

Mots-clés : agroécologie, lutte biologique conservatrice, gestion des habitats, ressource florale, auxiliaires

Introduction

▼ GÉNÉRALITÉS

La réduction de l'usage de pesticides, la recherche de méthodes alternatives et le développement de l'agriculture biologique nous amènent aujourd'hui à changer d'échelle de travail. En effet, la protection des cultures a longtemps été résumée à la plante ou à la parcelle, entraînant une simplification structurale et parfois des déséquilibres dans les agrosystèmes [Altieri, 1989]. Or, de nombreuses études ont mis en évidence qu'un environnement diversifié joue un rôle dans la régulation naturelle des ravageurs des cultures [Andow, 1991 ; Chaney, 1992]. Ainsi, il faut considérer la biodiversité animale et végétale comme un facteur de production (équilibre entre les insectes, fertilité des sols, pollinisation, etc.), et c'est la connaissance de son rôle fonctionnel qui permettra de mieux gérer les agrosystèmes [Altieri, 1999].

Pour maintenir cette biodiversité indispensable, le projet Biophyto insiste sur l'importance de « zones écologiques réservoirs » qui doivent être prises en compte dans les vergers de manguiers à La Réunion. Ces dispositifs se sont beaucoup développés dans certains pays d'Europe, grâce à l'engagement des producteurs dans des démarches concrètes ainsi que la distribution de nombreux documents de vulgarisation. En viticulture par exemple, dans des paysages diversifiés, certains exploitants n'ont pas besoin d'insecticides. La présence de multiples refuges (enherbement, bandes florales, haies composites, etc.) favorise une biodiversité des ennemis naturels généralistes, qui semble fonctionnelle dans le maintien des ravageurs à des niveaux acceptables [Chovelon, 2004].

▼ LE CAS DES BANDES FLEURIES

Ce sont des aménagements de mélanges fleuris, de différente taille, retrouvés aux abords ou au sein des zones cultivées, pour quelques mois ou bien plusieurs années. Ils sont généralement composés de plantes vivaces, bisannuelles et annuelles, issues de la flore spontanée ou bien horticoles.

Les bandes fleuries ont pour rôle de maintenir ou de rétablir la biodiversité végétale dans les zones cultivées [Romet, 2005]. Si elles sont de grandes tailles, elles peuvent également avoir de multiples actions bénéfiques sur le sol. Mais leur fonction première est de renforcer les populations d'auxiliaires dans les cultures et de favoriser durablement leur installation dans l'espace et dans le temps [Carrié *et al.*, 2012 ; Falta *et al.*, 2010]. En effet, si nous augmentons les insectes utiles dans les vergers, en nombre et en espèces, nous observerons probablement une régulation des ravageurs dans le temps, et donc une diminution des dégâts. En sciences, cette stratégie écologique est appelée « lutte biologique par conservation ».

1. ARMEFLHOR

1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

2. FARRE RÉUNION

1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

3. CIRAD

UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

Pour attirer les auxiliaires et les favoriser, les bandes fleuries doivent remplir certaines conditions. Tout d'abord, elles doivent leur fournir gîte et abri, et ce pendant toute l'année. Ensuite, elles doivent leur assurer une source continue de nourriture, constituée de pollen et de nectar, mais aussi d'hôtes et de proies alternatifs (Bianchi et Wäckers, 2008 ; Hogg *et al.*, 2011 ; Wäckers, 2003).

Des nombreux travaux scientifiques ont suggéré que la richesse des bandes fleuries en espèces d'insectes dépendait de plusieurs facteurs, tels que l'abondance de fleurs, la qualité de la végétation, sa structuration, l'accessibilité des ressources et des habitats qu'elles offrent, mais aussi l'âge et l'entretien des bandes fleuries (Bowie *et al.*, 1995 ; Denys et Tschardt, 2002 ; Hiroshi *et al.*, 2008 ; Wäckers, 1994). En effet, une bande fleurie composée que d'une seule espèce florale par exemple, n'attirera pas tout le panel d'insectes souhaité. Si la végétation est composée de plantes uniquement rampantes, elle ne favorisera pas les insectes qui ont besoin d'une strate supérieure. Autre exemple, certaines fleurs de par leur forme rendent leur accès difficile aux insectes, qui ne peuvent donc se nourrir convenablement. Enfin, si la bande fleurie est aménagée puis détruite peu de temps après, ou si elle est trop souvent travaillée, les communautés d'insectes ne pourront alors pas s'établir dans le temps.

▼ UN MÉLANGÉ FLEURI ADAPTÉ À NOS VERGERS

Pour trouver le mélange fleuri adapté aux vergers de manguiers à La Réunion, nous devons réfléchir à plusieurs de ses critères. Tout d'abord, le mélange doit être diversifié en famille botanique, mais aussi de par la couleur, la forme ou le port des fleurs. Les plantes choisies doivent être recensées à La Réunion, sans présenter de caractère rare, ni invasif ou envahissant. Afin de limiter la concurrence avec les adventices spontanés, elles doivent avoir un bon taux

de germination, de recouvrement et de régénération. Elles doivent pouvoir s'adapter aux sols et microclimats des différentes zones de culture de la mangue. La floraison des plantes doit démarrer rapidement et offrir une plage la plus étendue possible. Leur attractivité visuelle et olfactive, ainsi que l'accessibilité et la disponibilité des ressources, sont des critères très importants pour les auxiliaires. À l'inverse, les plantes choisies ne doivent pas encourager les populations de ravageurs, il est donc fondamental qu'elles ne leur fournissent aucun avantage. Certaines d'entre elles peuvent également posséder d'autres potentiels agronomiques, comme les plantes aromatiques et mellifères. Pour finir, les plantes sont choisies pour la disponibilité de leurs semences, leur facilité d'installation et d'entretien, ainsi que leur faible consommation en eau.

Matériel et Méthodes

▼ CHOIX DES ESPÈCES VÉGÉTALES

Basés sur les différents critères vus précédemment, des travaux de recherche bibliographique ont été menés en 2012 afin de sélectionner parmi les plantes les plus étudiées et les plus utilisées en mélange celles qui seraient les plus adaptées à nos vergers. Sur les 149 espèces potentielles pré-listées, réparties en 28 familles botaniques, 107 ne sont pas référencées à La Réunion par le Conservatoire Botanique National de Mascarin (CBNM). Sur les 42 espèces présentes, 30 sont jugées comme envahissantes ou anecdotiques. Ainsi, il reste 12 espèces potentielles, définies dans le Tableau 1, ci-dessous.

Tableau 1 Caractéristiques biologiques des douze espèces sélectionnées pour le mélange fleuri testé en vergers de manguiers à l'île de La Réunion, dans le cadre du projet Biophyto.

Nom commun	Nom scientifique	Famille	Type	Couleur	Port (cm)
Aneth	<i>Anethum graveolens</i>	Apiaceae	Annuelle	Jaune	20-80
Coriandre	<i>Coriandrum sativum</i>	Apiaceae	Annuelle	Blanc	30-70
Coréopsis	<i>Coreopsis lanceolata</i>	Asteraceae	Vivace	Jaune	40-120
Souci	<i>Calendula officinalis</i>	Asteraceae	Annuelle	Jaune/Orange	40-70
Tanaisie	<i>Tanacetum vulgare</i>	Asteraceae	Vivace	Jaune	30-100
Tournesol	<i>Helianthus annuus</i>	Asteraceae	Annuelle	Jaune	50-250
Bourrache	<i>Borago officinalis</i>	Boraginaceae	Annuelle	Bleu	40-60
Phacélie	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	Boraginaceae	Annuelle	Mauve	25-75
Alysse	<i>Lobularia maritima</i>	Brassicaceae	Vivace	Blanc	10-40
Mélilot	<i>Melilotus officinalis</i>	Fabaceae	Bisannuelle	Jaune	30-90
Thym	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	Vivace	Blanc/Rose	10-40
Sarrasin	<i>Fagopyrum esculentum</i>	Polygonaceae	Annuelle	Blanc	20-80

Au total, sept familles botaniques sont représentées. Le mélange est composé de sept plantes annuelles, d'une plante bisannuelle, et de quatre vivaces. Les plantes sont petites, moyennes et grandes, leurs parties florales sont simples ou complexes, composées de fleurs de taille et de couleur variées. Leur attractivité ainsi que leur durée de floraison ont également été plus ou moins estimées selon la littérature.

▼ ESSAI 1

Une fois les plantes sélectionnées, elles ont tout d'abord été testées en pur dans les vergers, durant l'été austral. Cet essai a été effectué sur une période totale de sept mois (novembre 2012 à mai 2013), dans trois exploitations conduites en agriculture biologique : deux dans le Sud de l'île, situées à 60 et 360 m d'altitude, puis une dans l'Ouest à 110 m d'altitude. Dans chaque exploitation, deux bandes de 15 m sur 1 m ont été préparées au niveau des inter-rangs des parcelles de manguiers (variété José) sélectionnées pour le projet. Une bande est divisée en trois blocs, séparés par des bandes de maïs de 2 m. Dans chaque bloc, les douze espèces florales sont dispatchées de manière aléatoire et semées en bandes de 30 cm de largeur, selon la densité recommandée pour chaque espèce. Douze espèces au total ont été semées. Ainsi, nous avons six répétitions au total par exploitation.

Une fois les bandes préparées et semées, deux types de suivi ont été effectués régulièrement pendant plusieurs mois: i) un suivi entomologique, constitué d'observations visuelles et de prélèvements d'insectes dans le but de définir les communautés d'arthropodes présentes dans les bandes fleuries et ii) un suivi agronomique, qui consiste à observer l'évolution des différentes espèces florales dans le temps. Le suivi entomologique faisant l'objet d'un article complet, nous nous consacrerons uniquement dans cette étude au suivi agronomique des bandes fleuries. Les variables notées lors de ce suivi sont le stade phénologique (levée, végétation, floraison, sénescence, fructification), le port, la hauteur, la densité, le recouvrement et l'état de chaque plante.

▼ ESSAI 2

Suite à cette expérimentation, un deuxième essai a été effectué afin d'étudier cette fois-ci les espèces en mélange. L'essai a été mené sur une période totale de cinq mois (septembre 2013 à janvier 2014). Le dispositif a été mis en place dans six exploitations dont trois sont conduites en agriculture biologique, celles de l'essai 1, et trois en agriculture conventionnelle. Parmi ces trois dernières exploitations, une est située dans le Sud à environ 200 m d'altitude, et deux dans l'Ouest, à 90 et 170 m d'altitude. Pour chaque exploitation, deux bandes de 15 m sur 1 m ont été préparées. Le mélange des douze espèces florales a été semé sur chaque bande à une densité de 2 g au mètre carré. Comme pour l'essai 1, un suivi entomologique et un suivi agronomique ont régulièrement été effectués afin de déterminer les populations d'insectes présentes dans les bandes fleuries implantées, et de suivre l'évolution des plantes dans le temps.

▼ ESSAI 3

Les résultats du suivi agronomique de l'essai 2 ont permis d'affiner le mélange et de réduire le nombre d'espèces végétales à huit. Ainsi, seuls l'Alysse, l'Aneth, la Bourrache, le Coréopsis, la Coriandre, le Sarrasin, le Souci et le Tournesol ont été testés dans ce nouvel essai, actuellement en cours de réalisation. Ce dernier a débuté en septembre 2014 sur la station d'expérimentation de l'Armeflhor, située dans la commune de Saint-Pierre, à 300 m d'altitude. Deux mélanges, constitués tous les deux des huit espèces, mais à des densités différentes, ont été testés. Dans le premier mélange, les espèces sont représentées de manière égale. Dans le second mélange, trois espèces ont été favorisées, car elles présentent selon les résultats des suivis entomologiques des essais précédents un fort potentiel attractif. Il s'agit de l'Alysse, de la Bourrache et du Sarrasin. Pour chaque mélange, deux densités ont été testées : 1 g et 2 g au mètre carré. Chaque densité étant répétée trois fois, nous avons donc six répétitions par mélange, et douze bandes fleuries au total. Après avoir préparée et semé les différentes bandes, mesurant chacune 10 m sur 0,5 m, le suivi agronomique s'est réalisé de la même manière que pour les essais 1 et 2.

Présentation des résultats

Pour chaque essai, les données des différentes exploitations ont été compilées afin d'établir une moyenne des différentes variables observées. Les principales variables présentées dans les résultats sont : la levée effective, le temps entre le semis et la levée, le temps entre la levée et la floraison et la durée de la floraison de chaque plante.

Résultats et discussions

▼ ESSAI 1

Le Tableau 2 ci-dessous récapitule les résultats du suivi agronomique de cet essai. Nous observons ici que toutes les espèces ont levé, de manière plus ou moins importante. Néanmoins, pas toutes ont fleuri, comme l'Aneth, le Mélilot, ou encore le Thym. Compte tenu des taux de levée inférieurs ou égaux à 30 %, il se peut que les conditions étaient peu favorables au bon développement de l'Aneth et du Thym. Pour le Mélilot, cela s'explique tout simplement par le fait qu'il s'agit d'une espèce bisannuelle, qui met donc plus de temps à fleurir. Concernant la succession des floraisons, nous pouvons distinguer trois groupes. Un mois environ après le semis, le Sarrasin et l'Alysse débutent leur floraison. Le deuxième groupe, constitué de la Bourrache et de la Coriandre, commencent à fleurir deux à trois mois après avoir été semés. Enfin, au bout de quatre à cinq mois, la dernière vague comprenant le Coréopsis et le Souci, se met à fleurir. Concernant la durée de floraison, l'Alysse, le Coréopsis et le Souci sont les trois espèces qui fleurissent le plus longtemps, avec des plages allant de trois à plus de cinq mois. Il n'y a pas eu d'observations concernant le Tournesol.

Tableau 2 Propriétés agronomiques, temps moyen entre le semis et la floraison et durée moyenne de floraison (en semaine) des onze espèces végétales constituant le mélange fleuri testé en vergers de manguiers, dans le cadre du projet Biophyto. Les cases vides signifient que les espèces n'ont pas levé ou fleuri. La catégorie + signifie que le taux de levée ou de floraison est inférieur à 30 % et la catégorie ++ indique un taux supérieur à 30 %. Les valeurs entre parenthèses sont plus incertaines.

Plante	Levée	Floraison	Semis → Floraison (s)	Ordre	Floraison (s)	Ordre
Alysse	++	++	4,6	2	14,3	5
Aneth	+					
Bourrache	++	++	7,8	3	8,5	4
Coréopsis	++	+	16	7	> 19	
Coriandre	++	++	9,5	4	4,5	1
Mélilot	++		(> 28)			
Phacélie	+	+	(10,5)	6		
Sarrasin	++	++	2,5	1	6,4	2
Souci	++	+	17	8	> 13	
Tanaisie	+	+	(19)	9	> 11	
Thym	+					

▼ ESSAI 2

Le Tableau 3 résume les résultats agronomiques de cet essai. Nous remarquons tout d'abord que toutes les espèces ont levé sauf le Thym. Les plantes qui ont eu un taux de germination inférieur à 30 %, sont le Coréopsis, la Phacélie, la Tanaisie ou encore le Tournesol. Les espèces ayant levé le plus rapidement, soit au bout d'une semaine et demie, sont le Sarrasin, la Bourrache, le Mélilot ainsi que le Tournesol. Au bout de trois semaines un autre groupe de plantes émerge, comprenant l'Alysse, l'Aneth, la Coriandre et la Phacélie. Enfin, nous

avons en dernier le Coréopsis et la Tanaisie. Un mois environ après le semis, le Sarrasin et l'Alysse débutent leur floraison. Ensuite, au bout de deux mois et demi - trois mois, c'est au tour de la Bourrache, de la Coriandre et du Tournesol. L'Aneth fleurit un peu avant quatre mois. Concernant maintenant la durée floraison, nous constatons que l'Alysse et l'Aneth sont les plantes qui fleurissent le plus longtemps. Viennent ensuite la Bourrache et le Sarrasin, qui fleurissent pendant deux mois. Il n'y a pas eu d'observations concernant le Souci.

Tableau 3 Propriétés agronomiques, temps moyen entre le semis et la levée, temps moyen entre le semis et la floraison et durée moyenne de floraison (en semaine) des onze espèces végétales constituant le mélange fleuri testé en vergers de manguiers, dans le cadre du projet Biophyto. Les cases vides signifient que les espèces n'ont pas levé ou fleuri. La catégorie + signifie que le taux de levée ou de floraison est inférieur à 30 % et la catégorie ++ indique un taux supérieur à 30 %. Les valeurs entre parenthèses sont plus incertaines.

Plante	Levée	Floraison	Semis → Levée (s)	Ordre	Semis → Floraison (s)	Ordre	Floraison (s)	Ordre
Alysse	++	++	3	2	4	2	> 19	
Aneth	++	+	3	2	15	6	> 8	
Bourrache	++	++	1,5	1	10,5	3	8	3
Coréopsis	+		(3,5)	(3)	(> 22)			
Coriandre	++	+	3	2	12,5	4	5	2
Mélilot	++		1,5	1	> 22			
Phacélie	+		(3)	(2)				
Sarrasin	++	++	1,5	1	3,5	1	8	3
Tanaisie	+		(5)	(4)				
Thym								
Tournesol	+	+	(1,5)	(1)	(13)	(5)	(2)	(1)

La figure 1 présentée ci-dessous résume l'évolution des espèces dans le temps. Le Thym n'y figure pas car il n'a pas levé, de même que la Tanaisie et la Phacélie pour lesquelles nous avons peu de données fiables. Cette figure nous permet d'avoir un bon visuel de la succession des floraisons. On constate qu'elles débutent dès la quatrième semaine et qu'elles continuent encore après vingt-deux semaines. Ainsi, leur bon chevauchement permet une floraison du mélange étalée sur plus de cinq mois. Enfin, si nous allons un peu plus dans le détail, nous constatons que c'est durant les semaines 15 à 18 que le nombre d'espèces en fleur est le plus important. Ainsi, l'idéal serait de faire correspondre ce pic de floraison au pic d'activité des ravageurs des manguiers.

▼ COMPARAISON ESSAI 1 VS ESSAI 2

C'est en comparant les deux essais entre eux que nous avons pu affiner notre sélection de plantes. Hormis l'Alysse, nous remarquons d'une manière générale que la durée entre le semis et la floraison des plantes est plus importante lorsqu'elles sont semées en mélange. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que l'essai 2 a démarré avec des températures plus fraîches que l'essai 1, pouvant ainsi induire une levée et une croissance plus lente. La deuxième explication est que les espèces ne se comporteraient pas de la même manière lorsqu'elles sont semées en mélange, en raison de la concurrence qui peut se créer entre elles. Quant à la durée de floraison, nous remarquons également qu'elle diffère entre les deux essais, avec des durées plus importantes pour l'essai 2. L'hypothèse serait que les espèces semées en

mélange auraient une croissance plus hétérogène, pouvant induire une floraison plus étalée dans le temps. Selon les qualités demandées du mélange fleuri et les résultats des deux essais, nous avons retenu de ce premier mélange huit espèces sur douze, que sont : l'Alysse, l'Aneth, la Bourrache, le Coréopsis, la Coriandre, le Sarrasin, le Souci et enfin le Tournesol. Il est vrai que les tableaux 2 et 3 ne justifient pas notre choix de conserver le Tournesol et le Souci, ce sont d'autres essais effectués par le Cirad, plus concluants, qui l'ont permis. Pour le Thym, comme il s'est peu développé au cours des deux essais, nous l'avons retiré. Pour la Phacélie et la Tanaisie, leur faible développement dans les deux essais implique que ces deux espèces sont peu adaptées. Enfin, pour le Mélilot, malgré le fait qu'il se développe bien et qu'il pourrait potentiellement offrir une floraison de qualité, nous avons décidé de le retirer car il avait tendance à envahir les bandes fleuries.

▼ ESSAI 3 (EN COURS)

Le Tableau 4 récapitule les tous premiers résultats de cet essai. Nous remarquons tout de suite qu'ils sont similaires de ceux de l'essai 2 et que toutes les espèces du mélange ont levé durant le premier mois qui a suivi le semis, les trois premières à sortir étant le Sarrasin, la Bourrache et le Tournesol. Comme pour l'essai 2, les deux premières espèces à fleurir, et ce durant le premier mois suivant le semis, sont le Sarrasin et l'Alysse. Elles sont suivies par le Tournesol et la Bourrache qui fleurissent à partir du deuxième mois.

Figure 1 Succession dans le temps (en semaine) de la floraison de huit des douze espèces constituant le mélange fleuri testé dans les vergers de manguiers à La Réunion, dans le cadre du projet Biophyto. La semaine 0 (S0) correspond à la semaine où le semis a été réalisé. Les semaines en gris foncé correspondent aux semaines où la plante est en fleur (début de floraison et début de sénescence compris). Les semaines après la floraison correspondent à la montée en graine suivie de la sénescence de la plante.

Plante / semaine	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22		
Sarrasin																									
Bourrache																									
Tournesol																									
Mélilot																									
Alysse																									
Coriandre																									
Aneth																									
Coréopsis																									

■ Germination ■ Végétatif ■ Floraison

Tableau 4 Propriétés agronomiques, temps moyen entre le semis et la levée et temps moyen entre le semis et la floraison (en semaine) des huit espèces végétales constituant le mélange fleuri testé actuellement au champ, dans le cadre du projet Biophyto. Les cases vides signifient que les espèces n'ont pas encore fleuri.

Plante	Semis → Levée(s)	Ordre	Semis → Floraison(s)	Ordre
Alysse	2,5	2	4	2
Aneth	3	3		
Bourrache	1,5	1	9	4
Coréopsis	3	3		
Coriandre	3	3		
Sarrasin	1,5	1	3,5	1
Souci	2,5	2		
Tournesol	1,5	1	8	3

Conclusion et Perspectives

Les recherches effectuées en amont ainsi que les trois essais menés sur les bandes fleuries durant le projet Biophyto nous ont permis de constituer et d'affiner un mélange floral composé de huit espèces relativement bien adaptées aux conditions pédoclimatiques de nos vergers de manguiers à La Réunion. Ces huit espèces réparties en cinq familles botaniques (Apiaceae, Asteraceae, Boraginaceae, Brassicaceae, Polygonaceae) procurent au mélange une diversité suffisante dans les formes et les couleurs, mais aussi une certaine efficacité agronomique car elles lèvent rapidement (durant le premier mois suivant leur semis), fleurissent rapidement (fin du premier mois) et offrent une succession de floraison étalée dans le temps (plus de cinq mois).

Néanmoins, avant de mettre le mélange à disposition des producteurs de mangues, plusieurs aspects sont encore à travailler. En effet, il est encore possible d'affiner le mélange et de mieux le maîtriser, tout comme il est possible d'explorer de nouvelles pistes, encore plus en adéquation avec le projet Biophyto. Tout d'abord, il serait judicieux de poursuivre les suivis de l'essai 3 le plus longtemps possible, dans le but d'étudier la qualité et la pérennité du mélange dans le temps. L'aspect fonctionnel du mélange reste également à mieux évaluer. En effet, le mélange sera d'autant plus efficace que le pic de floraison des espèces végétales coïncidera avec le pic d'activités des ravageurs du manguiers. Aussi, les études entomologiques permettront de préciser l'importance de chacune des espèces vis à vis des auxiliaires, et nous pourrons alors jouer sur leur importance dans le mélange, ou bien sur leur floraison spécifique. En effet, la complémentarité et la fonction des plantes choisies sont plus importantes que leur nombre. Enfin, il

serait possible à l'avenir de travailler sur un mélange fleuri composé d'espèces retrouvées à l'état spontané dans les vergers de manguiers. Ces espèces n'ont pas les mêmes propriétés ornementales et agronomiques que les variétés horticoles, mais elles seraient mieux adaptées et contribueraient entièrement au maintien ou au développement de la biodiversité végétale. Notons également qu'il est tout à fait possible de combiner des mélanges horticoles et indigènes pour obtenir des bandes fleuries mixtes.

En plus de ces informations agronomiques, ces essais nous ont également permis d'aborder des sujets plus techniques sur les bandes fleuries, à savoir leur installation et leur gestion. Le bon établissement des bandes fleuries dans l'espace et dans le temps nécessitent de prendre quelques dispositions, car l'objectif à atteindre est que les bandes fleuries se renouvellent un maximum d'elles-mêmes, tout en intervenant le moins possible. Tout d'abord, avant de les installer, nous devons bien définir leur taille et leur localisation dans le verger. Ensuite, l'implantation d'une bande fleurie demande au préalable une phase de préparation du sol, étape importante qui a des conséquences directes sur le développement futur des plantes. Lors du semis, ce sont l'hétérogénéité des graines et la faible densité préconisée qui le rende un peu délicat. Une fois les bandes installées, un entretien particulier sera nécessaire au début, puis de manière plus ponctuelle par la suite. Toutes les informations recueillies au sujet de ces différentes étapes dans l'implantation de bandes fleuries servent actuellement à l'élaboration de fiches techniques de préconisations, destinées aux agriculteurs souhaitant mettre en place cette méthode alternative, plus respectueuse de l'environnement.

Références bibliographiques

- Altieri M. A., 1989. Agroecology: A new research and development paradigm for world agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 27, 37-46.
- Altieri M. A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 19-31.
- Andow D. A., 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, 36, 561-586.
- Bianchi F. J. J. A., Wäckers F. L., 2008. Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. *Biological Control*, 46, 400-408.
- Bowie M. H., Wratten S. D., White A. J., 1995. Agronomy and phenology of "companion plants" of potential for enhancement of insect biological control. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 23, 423-427.
- Carrié R. J. G., George D. R., Wäckers F. L., 2012. Selection of floral resources to optimize conservation of agriculturally-functional insect groups. *Journal of Insect Conservation*, 16, 635-640.
- Chaney W. E., 1992. Use of insectary plantings in biocontrol of vegetable pests. Fourth Annual Californian Biological Pest Control Conference. Monterey, California.
- Chovelon M., 2004. Rapport final d'expérimentations en viticulture biologique, Groupe de Recherche en Agriculture Biologique, 34p. GRAB, Région Paca, France.
- Denys C., Tschardt T., 2002. Plant-insect communities and predator-prey ratios in field margin strips, adjacent crop fields, and fallows. *Oecologia*, 130, 315-324.
- Falta V., Holy K., Vavra R., 2010. Enhancing abundance of natural enemies in apple orchard using flowering strips. In: Ecofruit. 14th International Conference on Organic Fruit-Growing. Proceedings for the conference, Hohenheim, Germany, 22-24 February 2010, 395-398. FOKO Edition, Weinsberg, Germany.
- Hiroshi S. I., Hirabayashi Y., Kudo G., 2008. Combined effects of inflorescence architecture, display size, plant density and empty flowers on bumble bee behavior: experimental study with artificial inflorescences. *Oecologia*, 156, 341-350.
- Hogg B. N., Bugg R. L., Daane K. M., 2011. Attractiveness of common insectary and harvestable floral resources to beneficial insects. *Biological Control*, 56, 76-84.
- Romet L., 2005. Bandes florales et biodiversité fonctionnelle en verger. In : Journées Techniques
- Nationales Fruits et Légumes et Viticulture Biologiques, Beaune le 6 et 7 décembre 2005, 53-60. ITAB, Paris.
- Wäckers F. L., 1994. The effect of food deprivation on the innate visual and olfactory preferences in the parasitoid *Cotesia rubecula*. *Journal of Insect Physiology*, 40, 641-649.
- Wäckers F. L., 2003. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control*, 29, 307-314.

Questions / Réponses

► **L. Le Jeanne** : Pourquoi, dans une perspective de durabilité, ne pas favoriser des espèces endémiques et réellement adaptées aux conditions pédoclimatiques ? Cas du Sarrasin qui est très sensible à la sécheresse.

C. Schmitt : Cette perspective pourra probablement être étudiée à l'avenir. Le projet durant seulement trois ans, la définition d'un mélange spontané n'aurait certainement pas pu être finalisée avant la fin du projet. Il faudrait observer toutes les espèces présentes dans les différents vergers, ce qui prend beaucoup de temps. Les espèces spontanées n'ont pas forcément de semences disponibles à La Réunion, ce qui ajoute une difficulté supplémentaire. Les plantes que nous avons choisies sont souvent utilisées en mélange ailleurs dans le monde et nous avons déjà des données concernant leur attractivité sur les auxiliaires.

► **M. Ly** : Quel est l'apport des suivis entomologiques dans la sélection des plantes ?

C. Schmitt : Les résultats des suivis entomologiques sur les bandes fleuries seront présentés dans un exposé dédié présenté par le Cirad. L'étude des bandes fleuries ayant été scindée en deux : le suivi agronomique par l'Armedflhor et le FARRE Réunion et le suivi entomologique par le Cirad.

> Insertion de plantes pièges, refuges ou réservoirs d'arthropodes en vergers de manguiers à La Réunion

T. SCHMITT¹ | D. MURU¹ | M. JACQUOT¹ | M. ATIAMA¹ | C. AJAGUIN SOLEYEN¹ | M.-L. MOUTOUSSAMY¹ | J.-P. DEGUINE¹
jean-philippe.deguine@cirad.fr

Résumé

Une des modalités de gestion des habitats dans le cadre de la lutte biologique de conservation dans les vergers de manguiers à La Réunion concerne la recherche de plantes-pièges, refuges, réservoirs pour favoriser les populations d'arthropodes utiles ou pour défavoriser les populations d'arthropodes nuisibles. L'objectif de l'étude vise à tester l'intérêt de quelques plantes candidates, à la fois dans les vergers et au laboratoire : le maïs (*Zea mays*) pour piéger les mouches des fruits, le Pois d'Angole (*Cajanus cajan*) comme plante réservoir d'auxiliaires et d'autres plantes pour

piéger la Punaise du manguiier (*Orthops palus*) : Cotonnier (*Gossypium* sp.), Alysse (*Lobularia maritima*), Haricot (*Phaseolus vulgaris*). Les études se poursuivent pour confirmer ou infirmer certains résultats obtenus de 2012 à 2014 sur les autres plantes.

Mots-clés : lutte biologique de conservation, manguiier, La Réunion, plantes-pièges, mouches des fruits, *Orthops palus*

Introduction

À La Réunion, la culture de la mangue joue un rôle important dans l'économie de l'île à la fois sur un plan local et en matière d'exportation. Toutefois, celle-ci est contrainte par divers bioagresseurs – principalement des ravageurs arthropodes – qui peuvent interférer à différents stades. La Punaise du manguiier, *Orthops palus*, cause des dégâts à la fois en suçant la sève des inflorescences, ce qui provoque leur dessèchement, et en y pondant ses œufs (Atiama M., communication personnelle). Elle impacte ainsi la production des fruits. Les Tephritidae, dont *Bactrocera zonata*, *Ceratitis capitata* et *Ceratitis rosa*, quant à elles, pondent leurs œufs dans les fruits mûrs puis leurs larves s'en nourrissent (Quilici *et al.*, 2001). La perte se faisant ici à la fin de la fructification.

La seule méthode de lutte actuelle est l'utilisation de produits phytosanitaires. Ces dernières années, le mot d'ordre dans le domaine de l'agriculture est de diminuer le plus possible l'utilisation de tels produits. À La Réunion, différents partenaires se sont réunis pour mettre en œuvre un projet visant à cultiver durablement de la mangue sans insecticide : Biophyto. Ce dernier prône la mise en place de mesures agroécologiques en favorisant la biodiversité animale et végétale dans les agrosystèmes.

Ainsi, pour répondre aux problèmes causés par les principaux ravageurs (Miridae et Tephritidae), plusieurs essais sont réalisés depuis 2012. Dans le cadre du projet GAMOUR, le maïs (*Zea mays*) a fait ses preuves en tant que plante-piège sur les mouches des légumes en agroécosystème maraîcher (Atiama-Nurbel *et al.*, 2012). Une nouvelle étude a eu pour objectif d'estimer le potentiel attractif de cette plante, cette fois, sur les Mouches des fruits *in situ*.

Le Pois d'Angole (*Cajanus cajan*) est décrit avec intérêt dans la littérature tant pour son aspect alimentaire que pour ses services en agroécologie. Cette légumineuse fertilise le sol (Chirwa *et al.*, 2004) – fixation du diazote et de divers nutriments – et est utilisée au Mexique comme culture intercalaire durable en vergers de manguiers (Agreda *et al.*, 2006). Elle contribue indirectement à une meilleure pollinisation des fleurs grâce à sa force d'attraction d'insectes (Agreda *et al.*, 2006). Shanower *et al.* (1999) précisent que plus de 200 espèces d'insectes, utiles comme ravageurs, peuvent s'y nourrir. Son statut potentiel d'attractif d'auxiliaire (plante-refuge) et/ou de plante-piège a été testé dans la présente étude. D'autres plantes-pièges ont été prises en compte durant ce projet tel le Cotonnier (*Gossypium* sp.), car il s'avère être une espèce végétale sensible à divers ravageurs dont des mirides (Cadou, 1994). L'Alysse (*Lobularia maritima*), une variété végétale intégrée dans les essais de bandes fleuries pour favoriser l'entomofaune, pour laquelle des prélèvements ont signalé la présence de punaises vertes dont *Orthops palus*. Enfin, le Haricot vert (*Phaseolus vulgaris*) car il est la cible d'attaques de certaines mirides (Portilla *et al.*, 2011) et utilisé pour leur élevage (Feng *et al.*, 2012).

1. CIRAD
UMR C-53 PVBMT
F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

Matériel et Méthodes

▼ LE MAÏS COMME PLANTE-PIÈGE DES MOUCHES DES FRUITS

Depuis 2012, du maïs est planté dans les parcelles « Biophyto » de certains producteurs faisant parties du réseau. Les semis sont réalisés afin que le maïs soit en floraison/fructification lors de la période propice aux mouches des fruits, c'est-à-dire durant la production de mangues. Le but est de dénombrer et d'identifier les Tephritidae se trouvant sur cette plante. Un effort de détermination est porté sur trois espèces d'intérêt, à savoir : la Mouche du Natal, *Ceratitis rosa* ; la Mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* ; la Mouche de la pêche, *Bactrocera zonata*. De même, trois espèces de Mouches des légumes sont dénombrées : la Mouche du melon, *Bactrocera cucurbitae* ; la Mouche éthiopienne des cucurbitacées, *Dacus ciliatus* ; la Mouche des cucurbitacées de l'Océan Indien, *Dacus demmerezi*.

En 2012, 4 parcelles sont suivies. La parcelle I, située à Saint-Paul, se compose de deux répétitions de maïs (une de 29 m de long et l'autre de 32 m) en bordure de verger. La K, située à Saint-Gilles, a aussi deux répétitions (une de 29 m l'autre de 32 m). Pour ces deux exploitations, les observations sont réalisées sur 4 patchs d'une surface de 4 m² comportant

9 plants. Les parcelles B et M, situées à Saint-Pierre, présentent du maïs planté dans le cadre des essais de bandes fleuries. Deux patchs, de 1 m² comportant une vingtaine de plants chacun, sont analysés.

Lors de cet essai, plusieurs méthodes d'identification et de dénombrement sont mises en pratique. La première se fait simplement à la vue (méthode d'observation dite « visuelle »). La deuxième à l'aide d'un aspirateur électrique le DVac (Dietrick VACum) qui permet de collecter des échantillons dans une bonnette de mousseline fine puis de les ramener aux laboratoires où ils sont placés au congélateur quelques heures avant l'analyse de leur contenu. Il sera précisé si cette méthode a été effectuée sur les maïs des bordures des vergers (DVac) ou ceux des bandes fleuries (DVac sur bandes fleuries). Enfin, des pièges à mouches des fruits de deux types : l'un au Méthyl-eugénol (pour la capture de *Bactrocera zonata*) l'autre avec de l'huile de gingembre (pour les deux autres espèces), sont installés dans un rayon de 200 mètres autour des parcelles. Ils sont récupérés au bout d'une semaine et leur contenu analysé au laboratoire. Deux installations sont faites. Un récapitulatif des caractéristiques des observations est donné au Tableau 1. Un cyclone tardif a limité la prise de données car il a détruit les plants au début de l'année 2013.

Tableau 1 Récapitulatif des données récoltées durant l'année 2012.

* Les prélèvements ne signalaient qu'une *D. ciliatus* femelle. ** Les prélèvements ne signalaient aucune mouche. Ces deux cas ne sont pas présentés dans le reste de l'étude.

Méthodes d'observation	Nombre de parcelle	Parcelles	Périodes	Nombre de plants étudiés par parcelle	Nombre de relevés par parcelles
Visuelle	2	I et K*	30 janvier – 20 février	9	3
Pièges à phéromones	4	B, I, K et M	13 février – 22 février		2
DVAC	2	I et K*	30 janvier – 20 février	9	3
DVAC sur bandes fleuries	2	B et M**	17 janvier – 14 février	40	5

En 2013, 7 parcelles sont suivies. Elles font toutes parties du réseau « Biophyto ». Cinq d'entre elles sont situées sur la commune de Saint-Paul : C, F, K, L et N, et deux à Saint-Pierre : A et M. Cette fois, les semences sont confiées aux agriculteurs afin qu'ils puissent installer à leur convenance une bande de maïs. Les observations se sont faites uniquement à vue en examinant 30 plants de maïs lorsque cela a été possible. Une seule récolte de données est analysée car un cyclone a de nouveau détruit précocement les semis. Aussi, certaines exploitations ne sont pas observées pour diverses raisons : soit les plantes ne se sont pas développées suffisamment (comme sur K et M), soit les pièges à Mouches des fruits ont été changés la veille du passage de l'expérimentateur (sur F), ou encore une forte présence d'autres diptères, sur N, rend les données inexploitable. Seules les données récoltées sur B et C sont présentées.

▼ LE POIS D'ANGOLE, UNE PLANTE-PIÈGE OU REFUGE ?

Dans le cadre de ce projet, 7 producteurs ont planté du pois d'Angole sur leurs parcelles. Préalablement, certaines observations ont révélé la présence d'*Orthops palus* sur cette plante (Béziat, 2014). Un suivi entomologique est réalisé sur ces parcelles afin de définir le statut potentiel de *Cajanus cajan*. Il s'est déroulé du 08 juillet au 02 septembre 2014 pour couvrir intégralement le premier flush de floraison (c'est-à-dire de la post-floraison jusqu'à l'apparition des premiers fruits).

Cinq parcelles sont étudiées : A, B, C, F et L. D'abord, un état général des plants est dressé afin de n'examiner que ceux comportant des fleurs bien développées. Cinq battages sont ensuite réalisés afin d'apprécier la présence ou non

d'insectes. Si ces battages reviennent positifs une aspiration au DVac (à puissance moyenne durant quelques secondes) est effectuée sur des fleurs de plusieurs arbustes (4 fleurs/arbuste et 5 arbustes minimum). L'échantillon, récolté dans une bonnette de mousseline fine, est ramené au laboratoire, placé au congélateur quelques heures puis son contenu est analysé. Les recherches se focalisent sur les mirides – avec une attention supplémentaire pour la Punaise du manguier – les parasitoïdes, les araignées et tout autre auxiliaire.

En parallèle de ce suivi, des observations sont effectuées toute l'année afin d'identifier les plantes-hôtes d'*Orthops palus* en dehors de la période de floraison du manguier. Les végétaux environnants des vergers sont inspectés avec un effort particulier. Dès qu'une plante est en floraison, plusieurs inflorescences sont aspirées au DVac. Le contenu des bonnettes est analysé afin de dénombrer les différentes mirides et les Punaises du manguier. Les larves de cette famille d'insecte étant difficilement différenciables, des analyses génétiques par barcoding sont nécessaires pour déterminer l'espèce. Cette technique consiste, chez les animaux, à séquencer une partie de l'ADN – le Cytochrome c Oxydase I mitochondrial qui varie peu au sein d'une même espèce – des individus provenant de l'échantillonnage.

▼ DES PLANTES-PIÈGES POUR ATTIRER *ORTHOPS PALUS* : L'ALYSSE, LE HARICOT ...

La recherche de plante-pièges pour attirer *Orthops palus* fait partie des études entreprises dans le projet Biophyto. Des candidats potentiels sont testés : l'Alysse et deux types de haricots (la variété « Coco nain précoce » [Haricot coco nain] et le Haricot vert « Delinel » [Haricot vert]). Les essais se sont déroulés sur deux parcelles : B à Saint-Pierre et C à Saint-Paul, en septembre 2014 durant la période de pleine floraison du manguier.

Dans l'exploitation C, les différentes plantes sont semées en pleine terre. La bande mesure 18 m de long pour un mètre de large et est divisée en deux. Chaque moitié de bande comporte les trois variétés végétales semées en patch de 3 m² (ce qui fait un total de six patches à raison de deux

patches pour une variété végétale). *Lobularia maritima*, ou Alysse, est semée avec une densité de 5 g de graines/m². Les deux variétés de haricots sont semées, sur deux lignes, en poquets de 4-5 graines espacés les uns des autres de 40 cm (14 poquets au total). Afin d'éviter la prolifération des mauvaises herbes, une bâche plastique recouvre la partie de bande comportant les haricots. Deux lignes de goutte-à-goutte, au centre de la bande, assurent l'arrosage. Dans l'exploitation B, les plants sont mis à germer en serre. Les haricots sont plantés en poquets (4-5 graines) dans des pots de 20 cm de diamètre (2,5 L) et l'Alysse en barquette de 32 cm x 43 cm (densité de 7 g de graine/barquette). Sur le terrain, deux lignes sont créées de part et d'autre de l'arrosage par goutte-à-goutte. Les espèces végétales sont regroupées en patch de 12 pots (soit 6 par lignes) pour les haricots verts et de 6 barquettes (soit 3 par lignes) pour l'Alysse. Un total de 6 patches est obtenu, à raison de deux par espèces végétales.

Des battages au parapluie japonais sont réalisés, si possible, une fois par semaine sur chaque patch. Si les battages comportent une forte quantité de punaises, une aspiration au DVac est faite sur l'ensemble de la bande à raison d'une bonnette par patch (6 bonnettes au total pour une bande). Les bonnettes récupérées sont placées quelques heures au congélateur avant d'être analysées pour dénombrer et identifier les mirides. Un échantillon de plusieurs larves est ramené au laboratoire afin de les laisser atteindre le stade adulte. Ceci permet de connaître la proportion de chaque espèce au sein de la population de larves. Les individus sont placés dans des petites boîtes de pétri (50 mm de diamètre) et alimentés avec de jeunes gousses de haricots verts.

▼ ... ET LE COTONNIER

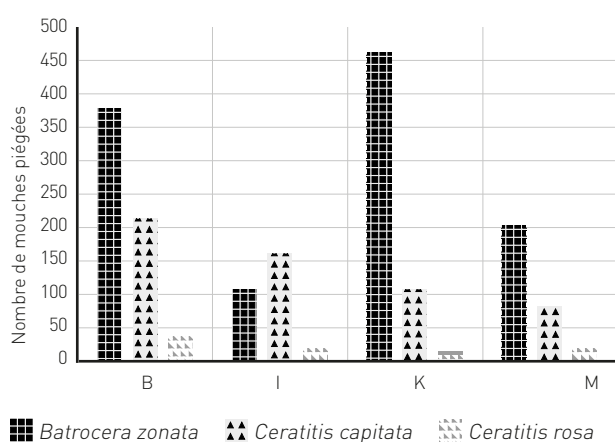
Le Cotonnier est souvent cité comme plante sensible aux ravageurs, particulièrement les variétés sans glandes à gossypol (Deguine *et al.*, 2008). Une de celles-ci, la *Gossypium hirsutum* a voulu être importée pour la tester en tant que plante-piège de mirides car elle est très attaquée par celles-ci (Cadou, 1994). Cet essai n'a pu être réalisé car la DEAL a émis un avis défavorable compte-tenu de son « potentiel risque invasif ».

Résultats

▼ LE MAÏS COMME PLANTE-PIÈGE DES MOUCHES DES FRUITS

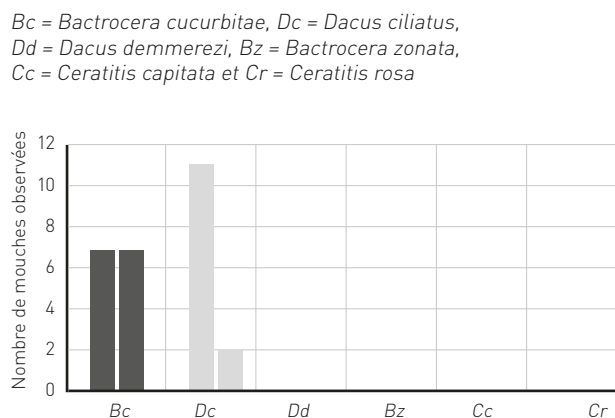
Les deux séries de piégeages sexuels réalisés en 2012, (Figure 1) prouvent la présence des trois espèces de mouches des fruits dans les différentes exploitations durant la période d'essai.

Figure 1 Nombre de mouches des fruits piégées chez les quatre agriculteurs (deux piégeages d'une semaine : le 13 et le 22 Février 2012).



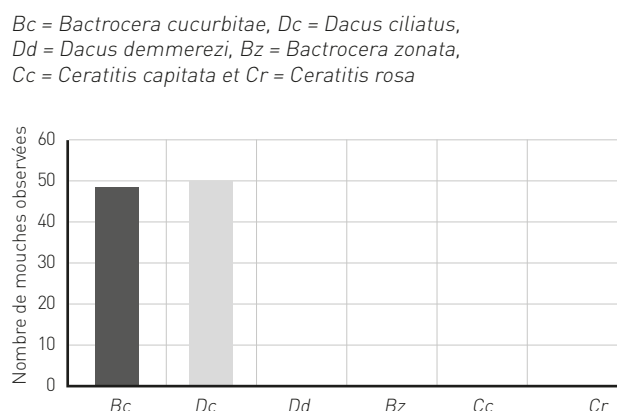
Les trois relevés d'observations visuelles et celles d'aspiration au DVac mettent en évidence que des mouches sont sur les plants de maïs, mais uniquement deux espèces de mouches des légumes : *Bactrocera cucurbitae* et *Dacus ciliatus* (Figure 2). Toutefois, ces chiffres peuvent s'expliquer par la proximité de cucurbitacées proches.

Figure 2 Nombre total de mouches des fruits et des légumes observées par les deux méthodes d'observations sur I, suite aux trois relevés sur neuf plants de maïs entre le 30 Janvier et le 20 Février 2012. Les observations visuelles sont représentées par la barre de gauche et celle de l'aspiration au DVac à droite.



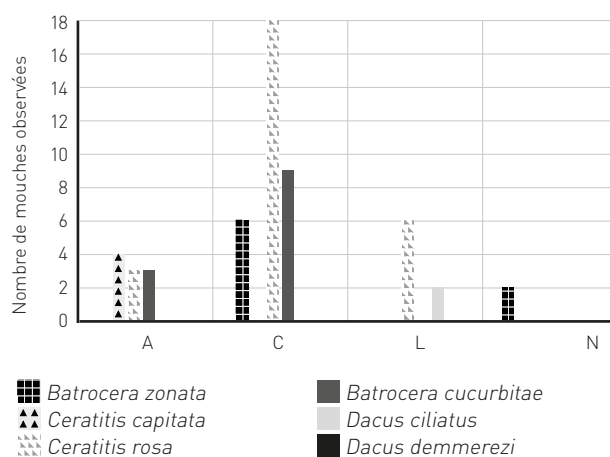
Les cinq répétitions d'aspirations au DVac sur les 40 plants de maïs des bandes fleuries, sur B, prouvent que seules les mouches des légumes, *Bactrocera cucurbitae* et *Dacus ciliatus*, sont sur les plants (Figure 3).

Figure 3 Nombre total de mouches des fruits et des légumes observées sur B suite aux cinq répétitions d'aspirations au DVac du maïs des bandes fleuries (40 plants) entre le 17 Janvier et le 14 Février 2012.



En 2013, un unique relevé de type « visuel » est réalisé sur une trentaine de plants de quatre exploitations (A, C, L et N). Le cyclone Bėjisa ayant par la suite « couché » les plants. Les trois espèces de mouches des fruits sont observées et en plus forte proportion que celles des mouches des légumes sur tous les lieux étudiés (Figure 4). Des accouplements de *Ceratitis rosa* sont signalés sur C.

Figure 4 Nombre de mouches des fruits et de mouches des légumes comptées (observation visuelle de 30 plants de maïs sur les parcelles A, C, L et N, le 18 ou 19 Décembre 2013).



▼ LE POIS D'ANGOLE UNE PLANTE-PIÈGE OU REFUGE ?

Quatorze prélèvements par aspiration au DVac sont effectués du 08 juillet au 02 septembre 2014 sur quatre exploitations : A, B, C, F et L.

Tableau 2 Résultats des prélèvements, par aspiration au DVac, effectués lors du suivi entomologique sur le Pois d'Angole des 5 parcelles (A, B, C, F et L) entre le 08 juillet et le 02 septembre 2014.

Parcelles	Nombre de prélèvements	Périodes des relevés en 2014	Plants observés	Inflorescences observées	Mirides	Parasitoïdes	Araignées
A	5	31 juillet – 28 août	41	189	85	49	13
B	2	24 juillet – 26 août	4	32	6	10	0
C	5	08 juillet – 28 août	72	270	68	103	5
F	1	28 août	7	70	49	62	0
L	1	02 septembre	14	56	2	28	0
Total	14	08 juillet – 02 septembre	138	617	210	252	18

Tableau 3 Détermination des espèces de mirides trouvées sur le Pois d'Angole lors des aspirations au DVac des 5 parcelles (A, B, C, F, et L) entre le 08 juillet et le 02 septembre 2014.

Parcelles	Espèce dominante	Pourcentage de l'espèce dominante	Autres espèces de miride et leurs pourcentages	Nombre d' <i>Orthops palus</i>
A	<i>Nesidiocoris</i> sp.	70 %	<i>Campylomma leucochila</i> (13 %), <i>Campylomma</i> sp. (13 %), <i>Deraeocoris</i> sp. (2 %)	0
B	<i>Campylomma</i> sp.	42 %	<i>Campylomma leucochila</i> (29 %), <i>Nesidiocoris</i> sp. (13 %)	1 Larve
C	<i>Nesidiocoris</i> sp.	92 %	<i>Campylomma leucochila</i> (4 %), Morphotype A (2 %), <i>Campylomma</i> sp. (1 %), <i>Corizidolon notaticolle</i> (1 %)	0
F	<i>Nesidiocoris</i> sp.	78 %	<i>Campylomma leucochila</i> (18 %), <i>Campylomma</i> sp. (4 %)	1 Adulte
L	<i>Campylomma leucochila</i>	100 %		0
Total	<i>Nesidiocoris</i> sp.			2

Le nombre de parasitoïdes trouvés est supérieur à celui des mirides et quelques araignées sont présentes (Tableau 2). Pour les mirides, un effort est fait afin d'identifier le genre, voire l'espèce, auxquels les individus appartiennent pour apprécier la présence ou non de punaises du manguier. Ainsi, sur 212 spécimens, seulement deux sont des *Orthops palus* (Tableau 3). La détermination du régime alimentaire

des diverses mirides trouvées est encore à l'étude. Des recherches bibliographiques permettent d'établir le tableau ci-après (Tableau 4, effectif à la date du 21 octobre 2014). Les deux espèces trouvées majoritairement sur les fleurs de pois d'Angole sont *Nesidiocoris* sp. et *Campylomma leucochila*, des insectes décrits comme zoophages et donc potentiellement utiles.

Tableau 4 Régimes alimentaires et utilité/nuisibilité des espèces de mirides trouvées sur les fleurs de pois d'Angole suite aux aspirations au DVac de 5 parcelles (A, B, C, F et L) entre le 08 juillet et le 02 septembre 2014 (d'après Ramage, communication personnelle, 2014).

Espèces de mirides	Régime alimentaire	Utile ou nuisible
<i>Nesidiocoris</i> sp.	Zoophage	Utile
<i>Campylomma leucochila</i>	Zoophage	Utile
<i>Campylomma</i> sp.	Phytophage	Nuisible
<i>Deraeocoris</i> sp.	Zoophage	Utile

Lors des recherches de plantes-hôtes d'*Orthops palus*, un total de 25 aspirations au DVac a été réalisé sur les fleurs de pois d'Angole depuis décembre 2013. Dans certains échantillons, on ne trouve que des punaises soit au stade adulte soit au stade de larve et plus rarement les deux stades en

même temps (32 %, 24 % et 8 % respectivement). Un doute peut subsister, au niveau des larves de mirides, dans la détermination de leur espèce. La méthode du barcoding a permis de confirmer que deux larves, récupérées sur la parcelle A, sont bien des punaises du manguier.

▼ DES PLANTES-PIÈGES POUR ATTIRER *ORTHOPS PALUS* : L'ALYSSE ET LE HARICOT

Des battages sont faits les 10 et 29 septembre pour la parcelle B, et les 02 et 09 septembre pour la parcelle C. À chaque fois, 12 battages au total sont réalisés (2 par patch) à raison de 4 plants d'alysse ou 2 plants de haricot par battage. Peu de mirides sont observées (Tableau 5). Toutefois, lors d'un battage effectué sur la parcelle C (le 29 septembre 2014) 144 larves sont prélevées. Des aspirations au DVac (6 au total) sont faites afin de déterminer les communautés de mirides

présentes sur les végétaux. Les bonnettes analysées révèlent la présence d'au moins 250 adultes et 541 larves (90 % des effectifs provenant de l'Alysse). Tous les individus sont des *Campylomma leucochila*. Seize larves sont ramenées au laboratoire afin de les laisser se développer jusqu'au stade adulte. Seules 6 ont survécu (4 provenant de l'Alysse et deux du Haricot Coco nain) et sont devenues des *Campylomma leucochila*.

Tableau 5 Mirides observées lors des deux journées de battages de septembre 2014 sur les plants d'alysse (Al) et de haricots (Hc = Haricot coco nain et Hv = Haricot vert) des parcelles B et C.

Parcelles	Mirides adultes observées			Larves de mirides observées			<i>O. palus</i> adultes observées			Larves observées ressemblant à <i>O. palus</i>		
	Al	Hc	Hv	Al	Hc	Hv	Al	Hc	Hv	Al	Hc	Hv
B	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	4
C	0	2	6	0	0	0	0	0	0	6	4	13

Discussion

Depuis 2012, des recherches sont menées afin de pouvoir proposer des solutions durables de protection contre les bioagresseurs sans avoir recours aux produits phytosanitaires. Dans cette étude, deux types de ravageurs ont été la cible d'essais divers.

▼ LE MAÏS COMME PLANTE-PIÈGE DES MOUCHES DES FRUITS

Durant cette expérience, de nombreux problèmes sont survenus. L'introduction d'espèce végétale de type « culture temporaire » n'est pas chose aisée car, sur les deux années, nombre de plants de maïs n'ont pas réussi à se développer correctement. Les aléas météorologiques, la non répétition des parcelles observées durant les deux années d'étude,

et les autres soucis techniques ou logistiques font que peu de résultats clairs peuvent être dégagés. Toutefois, il est possible de montrer que pour cet essai une observation « visuelle » simple est aussi efficace, dans le dénombrement des mouches, que des aspirations au DVac (Figure 2). En 2012, bien que la présence de mouches des fruits soit prouvée grâce aux pièges à phéromones (Figure 1), seules des mouches des légumes sont signalées (Figures 2 et 3). En 2013 par contre, il y a toujours des mouches des légumes mais en moindre proportion que celles des fruits, quelle que soit l'exploitation étudiée (Figure 4). Des accouplements de *Ceratitis rosa* ont même été signalés. Il n'est pas possible, à l'heure actuelle, de valider le potentiel statut de plante-piège du maïs pour les mouches des fruits mais un nouvel essai est prévu à la fin de l'année 2014.

▼ LE POIS D'ANGOLE, UNE PLANTE-PIÈGE OU REFUGE ?

L'introduction de pois d'Angole procure certains avantages dans des vergers de manguiers au Mexique (Agreda *et al.*, 2006). Il est intéressant de voir si cette culture, bien connue à La Réunion, peut ici aussi apporter des intérêts par exemple sur l'entomofaune des vergers. Certains agriculteurs avaient déjà des plants sur leur parcelle et, pour d'autres, il a été nécessaire d'en semer. De manière générale, ce végétal semble beaucoup plus facile à planter que le maïs. Les arbustes étudiés, présentent des fleurs et/ou des gousses et il est possible d'observer régulièrement des insectes autour des organes floraux. De nombreux parasitoïdes et des araignées ont été trouvés (Tableau 2). Une liste, non exhaustive, fait aussi état de la présence d'autres auxiliaires comme des coccinelles, des abeilles mellifères ou charpentières, des neuroptères, des syrphes, etc. Cependant, une grande proportion des insectes trouvés étaient des phytophages (pucerons, thrips, chenilles, etc.) qui peuvent être nuisibles. Un effort sur l'identification des mirides a été fait (Tableau 3) car lors de recherches de plantes potentiellement hôte d'*Orthops palus*, certains signalement ont été positifs. Quelques punaises du manguier sont présentes au stade adulte dans 32 % des cas (moins de 6 individus en moyenne lors d'aspirations de plus de 50 fleurs). Les larves de cette espèce peuvent aussi être présentes sur cette plante (24 % des 25 aspirations). Si l'on compare ces résultats avec

la proportion de mirides d'autres espèces trouvées dans cette étude, *Orthops palus* n'est pas dominante (Tableau 3). Celles-ci sont majoritairement zoophages (Tableau 4) d'après les recherches bibliographiques et pourraient ainsi agir comme des prédateurs.

▼ DES PLANTES-PIÈGES POUR ATTIRER ORTHOPS PALUS : L'ALYSSE ET LE HARICOT ?

De rares individus d'*Orthops palus* ont été signalés sur l'alyse ou du haricot mais la Punaise du manguier n'est pas l'espèce de mirides dominantes (Tableau 5). De plus, l'alyse présentait des proportions importantes de mirides comparativement aux haricots. En cas de fortes infestations, les mirides dominantes appartenaient à l'espèce *Campylomma leucochila*. La faible proportion d'*Orthops palus* observées est à relativiser sachant que la plante-hôte de cette espèce, le manguier, est en pleine floraison durant cette étude. D'autres relevés post-floraison pourraient être nécessaires. Si le régime alimentaire de type zoophage de *C. leucochila* est confirmé, il serait intéressant de voir si elle entre en interaction avec *O. palus*. *Lobularia maritima* pourrait alors servir de plante-refuge à cet auxiliaire.

Références bibliographiques

- Agreda F. M., Pohlan J., Janssens M. J. J., 2006. Effects of legumes intercropped in mango orchards in the Soconusco, Chiapas, Mexico. Conference on International Agricultural Research for Development, Tropentag, University of Bonn, October 11-13.
- Atiama-Nurbel T., Deguine J.-P., Quilici S., 2012. Maize more attractive than napier grass as non-host plants for *Bactrocera cucurbitae* and *Dacus demmerezi*. *Arthropod-Plant Interactions*, 6 (3), 395-403.
- Béziat B., 2014. Biologie et écologie de la Punaise du manguier : *Orthops palus*. Rapport de stage, Cirad, Saint-Pierre, La Réunion, 35 p.
- Cadou J., 1994. Les Miridae du cotonnier en Afrique et à Madagascar. Les déprédateurs du cotonnier en Afrique tropicale et dans le reste du monde n°8. Cirad-CA, Montpellier, France, 74 p.
- Chirwa T. S., Mafongoya P. L., Mbewe D. N. M., Chishala B. H., 2004. Changes in soil properties and their effects on maize productivity following *Sesbania sesban* and *Cajanus cajan* improved fallow systems in eastern Zambia. *Biology and Fertility of Soils*, 40, 20-27.
- Deguine J.-P., Ferron P., Russell D., 2008. Protection des cultures : de l'agrochimie à l'agroécologie. Quae, Versailles, France, 187 p.
- Feng H., Jin Y., Li G., Feng H., 2012. Establishment of an artificial diet for successive rearing of *Apolygus lucorum* (Hemiptera: Miridae). *Journal of Economic Entomology*, 105 (6), 1921-1928.
- Portilla M., Snodgrass G., Streett D., 2011. Effect of modification of the NI artificial diet on the biological fitness parameters of mass reared western tarnished plant bug, *Lygus hesperus*. *Journal of Insect Sciences*, 11, 149.
- Quilici S., Jeuffrault E., Blanchard E., Lustenberger F., Dupuis S., Franck A., 2001. Plantes-hôtes des mouches des fruits : Maurice, Réunion, Seychelles. Imprimerie GRAPHICA Saint-André, Ile de La Réunion, 227 p.
- Shanower T. G., Romeis J., 1999. Insect pest of pigeonpea and their management. *Annual Review of Entomology*, 44, 77-96.

Questions / Réponses

► **A. Ratnadass** : À propos du statut des mirides comme phytophages ou zoophages : je suis d'accord pour *Orthops palus* d'une part et pour *Nesidiocoris* sp. d'autre part. En revanche, quid du statut de zoophage de *Campylomma leucochila* qui repose sur une littérature assez maigre et dont les effectifs sur l'alyse semblent démesurés pour une espèce prédatrice. Quelles seraient ses proies ?

T. Schmitt : En effet, la bibliographie sur *Campylomma leucochila* est maigre. Elle est décrite comme zoophage mais avant que nous validions un potentiel statut « d'auxiliaire », il sera nécessaire de réaliser des observations soit sur le terrain soit en laboratoire.

M. Atiama : La phytophagie de cette espèce est en effet suspectée au vue de la forte présence sur l'alyse et les inflorescences de manguier. Un essai en laboratoire est prévu pour tester le régime alimentaire de cette espèce et d'évaluer son risque sur les inflorescences de manguier.

► **F. Normand** : Est-ce que les aspirations au DVac ont été faites pendant la floraison du manguier ou en dehors ? Si oui, est-ce qu'il a été vérifié la présence d'*Orthops palus* sur les manguiers ?

T. Schmitt : 1) Pour le pois d'Angole, la première partie de la présentation montre les résultats du mois de septembre durant la période de floraison. Des aspirations au DVac sont faites régulièrement depuis 2013 dont une partie hors période de floraison du manguier.

2) Pour l'alyse et le haricot, l'essai a été réalisé afin de tester des potentielles plantes-pièges contre la Punaise du manguier. Il s'est déroulé durant la période de floraison du manguier afin que nous soyons sûrs que l'espèce soit présente dans les vergers (des relevés ont montré que c'était le cas).

> Impact des pratiques phytosanitaires et culturales

C. GLOANEC¹ | I. GUIGNARD¹
caroline.gloanec@gmail.com

Résumé

Le système d'expérimentation de Biophyto permet de suivre 26 parcelles avec des stratégies de gestion de la protection des cultures différentes. Ce retour d'expérience est en cours d'analyse mais il se dessine déjà des tendances. Ainsi la différence en cumulé sur le réseau du nombre de traitements phytosanitaires entre les parcelles Témoin et Biophyto est significatif (-62 % sur Biophyto en 2012 et -75 % sur Biophyto en 2013). Derrière ces chiffres se cachent des cas très différents mais tous les exploitants ont expérimenté le « sans insecticide » et les IFT (indice de fréquence de traitement) ont drastiquement baissé sur la parcelle Biophyto et significativement baissé sur la parcelle Témoin par rapport aux pratiques avant le projet. L'estimation des rendements montre aussi des réalités différentes et une grande variabilité. Même si certaines parcelles ont montré qu'il est possible d'atteindre des rendements équivalents avec et sans insecticide, des questions techniques restent à résoudre pour pérenniser un système de protection agroécologique des cultures (punaise, irrigation, oïdium, cécidomyie) et réduire les risques de pertes de récolte. Ces premiers résultats ouvrent aussi la voie pour formaliser un itinéraire technique à faible IFT permettant d'assurer la production, d'offrir une transition aux professionnels conventionnels vers une protection agroécologique des cultures et d'évoluer vers des modes de production écologiquement durables. Une évaluation a permis de montrer la satisfaction des producteurs sur le projet et une bonne appropriation.

Mots-clés : Biophyto, IFT, rendement, traitement phytosanitaire

Introduction

Des suivis agronomiques et phytosanitaires ont permis de recueillir les données concernant les traitements et avoir une estimation de rendement sur les différentes parcelles du réseau. Même si le système d'expérimentation ne permet pas de comparer les couples de parcelles Biophyto/Témoin, c'est un outil d'échange pour capitaliser un retour d'expériences de 26 parcelles avec des stratégies de protection des cultures différentes. Cet article propose un premier panorama sur les pratiques et les rendements de ces parcelles afin de comprendre globalement ce qui s'est passé sur les deux premières années du projet et d'identifier les premières pistes de réflexion.

Contexte

Les pratiques phytosanitaires habituelles pour la conduite de l'itinéraire technique du manguiers sont intensives. Le point zéro des suivis n'a pas pu être fait dans Biophyto mais

les données 2011 du réseau DEPHY mangue nous apportent quelques indications sur 9 exploitations de l'île (dont 5 appartiennent au réseau Biophyto). Pour lutter contre le complexe de ravageurs (Cécidomyie des fleurs, Punaise du manguiers, thrips, cochenilles et mouches des fruits) 8,9 traitements sont appliqués en moyenne sur le réseau avec un IFT insecticide moyen de 13,4. Concernant les fongicides pour lutter contre champignons et maladies (oïdium, bactériose et anthracnose) 8,3 traitements sont appliqués en moyenne pour un IFT fongicide de 9,1. Enfin, pour maintenir un sol nu ou un enherbement limité à l'inter-rang, l'épandage d'herbicide représente 2,1 applications en moyenne pour un IFT herbicide de 0,6.

Méthodologie

Pour rappel, dans Biophyto, 13 exploitations ont été suivies avec dans chacune une parcelle Témoin où l'exploitant poursuivait ses pratiques habituelles et une parcelle Biophyto où il avait arrêté les insecticides et mis en place des pratiques de protection agroécologiques. Le dispositif expérimental n'est pas monofactoriel et les couples de parcelles Témoin/Biophyto n'ont pas les mêmes caractéristiques. Il n'est donc pas possible de comparer les parcelles Biophyto et Témoin.

▼ DONNÉES PHYTOSANITAIRES

Les données sont représentées par année sachant qu'il n'y a pas de point zéro donnant l'état initial avant la mise en place des pratiques. Les traitements sont classés selon qu'il soit autorisé en Agriculture Biologique ou non pour différencier les pratiques notamment d'application de Synéis-appât® (attractif alimentaire avec 0,02% d'insecticide biologique épandu en patch sur le tronc des arbres) avec les autres insecticides chimiques en plein et la distinction entre fongicide chimique et minéral. L'année 2012 est incomplète (démarrage des suivis en juillet) et les 2 cyclones Dumilé et Bėjisa respectivement en 2013 et 2014 n'ont pas permis d'avoir un jeu de données complet pour les rendements. Cependant pour donner un résumé des pratiques phytosanitaires du réseau, nous présenterons les résultats sur les trois traitements (insecticides, fongicides et herbicides) sur l'ensemble du réseau sur les parcelles Témoin et Biophyto pour 2012 et 2013.

1. CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION

2 Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France

▼ DONNÉES DE RENDEMENT

Les rendements sont estimés sur la base de deux indicateurs. Un premier indicateur présente le potentiel de production de chaque parcelle. Il est évalué au stade grossissement. Les fruits, qui à vue d'œil ont un diamètre supérieur à six centimètres (pour éviter de compter les mangues juste après la nouaison qui risquent de couler), sont comptés sur dix arbres par un observateur formé et avec l'aide d'un compteur. Le nombre d'arbres en charge est évalué. Le rendement potentiel en tonne à l'hectare est ensuite calculé en convertissant le nombre de fruits par arbre en poids par arbre avec un poids moyen de fruits (250 grammes pour José et 350 grammes pour Cogshall). Puis le calcul est ensuite fait en tonne à l'hectare grâce à la densité de la parcelle et en prenant en compte le pourcentage d'arbres en charge.

Le deuxième indicateur permet de calculer le rendement commercialisable. Un suivi à la récolte est effectué par la FDGDON sur la base de 100 fruits non triés. La définition de commercialisable est au préalable validée avec chaque producteur. Le nombre de fruits définis comme commercialisable est compté, puis les fruits déclassés sont comptés selon la cause du déclassé (mouches des fruits ; thrips ; fumagine ; anthracnose/bactériose ; éclatement ; détériorations autres). Ces suivis phytosanitaires à la récolte n'ont pas pu être réalisés en totalité à cause des passages des cyclones Dumilé en janvier 2013 et Bėjisa en janvier 2014.

▼ DONNÉES SUR LES COÛTS

Les impacts économiques des différentes stratégies de protection des cultures sont encore en cours. Cependant une estimation de pratiques raisonnées comme préconisées dans la production fruitière intégrée et dans Biophyto est proposée pour voir le différentiel de coût de production.

Impacts sur les traitements phytosanitaires

▼ OBSERVATIONS DES TROIS TRAITEMENTS EN CUMULÉS SUR LE RÉSEAU

La première observation en cumulé sur le réseau du nombre de traitements permet de voir une différence significative entre les pratiques sur la parcelle Biophyto et la parcelle Témoin.

Une différence négative de 62 % en 2012 et 75 % du nombre de traitements au total sur le réseau entre les parcelles Biophyto et les parcelles Témoin. Cela représente une baisse de 60 % en 2012 et 88 % en 2013 de nombre de traitements insecticides en moins et 72 % en 2012 et 67 % de nombre de traitements fongicides en moins.

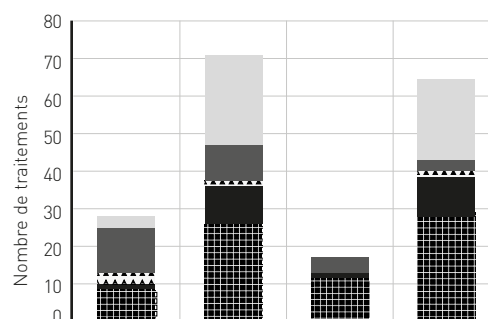
On peut voir que le nombre de traitements herbicides sur le réseau est très faible. Il y a eu trois applications en tout sur le réseau sur les parcelles Biophyto (deux applications loca-

lisées sur le fataque pour maîtriser sa propagation suite à un épisode de pluie intense sur une parcelle et une application localisée sur ligneux sur une parcelle pour l'accompagnement « psychologique » de l'exploitant qui passait d'un sol nu à une couverture totale et qui avait la crainte de perdre le contrôle sur les adventices) contre une en plein sur la parcelle Témoin en 2012. Un seul traitement herbicide en plein a été répertorié en 2013 sur une parcelle Témoin du réseau.

Figure 1 Bilan du nombre de traitements (fongicide, insecticide, herbicide) en fonction de la parcelle et l'année en cumulé pour tout le réseau BIOPHYTO et réparti entre traitements homologués en AB et non AB sur 2012 (année incomplète) et 2013.

2012 b : parcelle Biophyto sur l'année 2012
2013 b : parcelle Biophyto sur l'année 2013
2012 t : parcelle Témoin sur l'année 2012
2013 t : parcelle Témoin sur l'année 2013

Ins ab : insecticide autorisé en Agriculture Biologique
Ins non ab : insecticide non autorisé en Agriculture Biologique
Fong ab : fongicide autorisé en Agriculture Biologique
Fong non ab : fongicide non autorisé en Agriculture Biologique
Herb ab : herbicide autorisé en Agriculture Biologique
Herb non ab : herbicide non autorisé en Agriculture Biologique



	2012 b	2012 t	2013 b	2013 t
Ins non AB	3	25	0	22
Ins AB	11	10	3	3
Herb non AB	3	1	0	1
Herb AB	0	0	0	0
Fong non AB	1	10	1	10
Fong AB	9	26	12	29

▼ FOCUS SUR LES TRAITEMENTS FONGICIDES

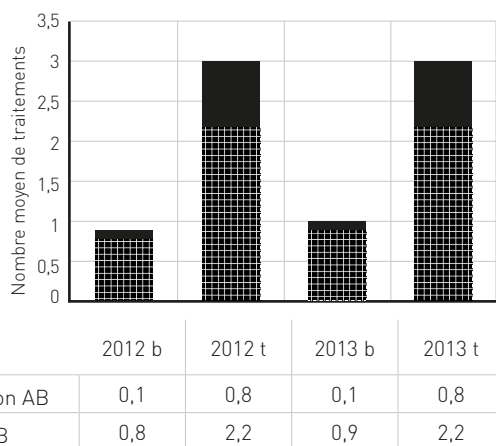
Seul un traitement de fongicide chimique a été effectué en 2012 et en 2013 sur une parcelle Biophyto aux conditions climatiques particulières, ce qui donne une moyenne de 0,1 traitement par producteur sur le réseau alors qu'en moyenne par producteur il y a 0,8 traitement fongicide chimique sur les parcelles Témoin. En moyenne par producteur il y a eu 0,8 en 2012 et 0,9 traitements fongicides autorisés en Agriculture Biologique sur la parcelle Biophyto alors qu'il y en a eu 2,2 sur la parcelle Témoin en 2012 et 2013.

Dans les préconisations, les fongicides chimiques étaient implicitement déconseillés pour leur impact sur la faune et la santé des producteurs. Les fongicides autorisés en AB étaient autorisés mais une mise en garde sur leur conséquence tout aussi néfaste sur la faune notamment sur les coccinelles avait été faite pour ne pas faire de traitement abusif. Sur la variété Cogshall, la prévention contre l'oïdium est systématique au risque de voir sa production totalement détruite. Sur la José, la profession avait pour habitude de ne pas faire de traitements systématique car l'oïdium n'était pas forcément destructeur. Or en 2012, toute la profession (dans et hors Biophyto) s'est faite surprendre par la virulence de l'oïdium et des pertes ont été recensées sur toute l'île et sur les parcelles Biophyto. En 2013, des préconisations sur la protection en préventif contre l'oïdium ont été faites sur tout le réseau, mais pour différentes raisons, elles n'ont pas été suivies. Ceci a des conséquences, nous le verrons, sur le résultat des rendements puisque si des traitements curatifs au chimique ont été déclenchés sur les parcelles Témoins, les parcelles Biophyto ont souffert quant à elles de dégâts plus ou moins importants d'oïdium. Ces constatations ont montré l'importance d'insister dans les itinéraires techniques sur les bonnes pratiques pour protéger de l'oïdium qui ne sont pas forcément acquises.

Figure 2 Bilan du nombre de traitements fongicides en moyenne par producteur en fonction de la parcelle et l'année pour tout le réseau et réparti entre traitements homologués en AB et non AB.

2012 b : parcelle Biophyto sur l'année 2012
 2013 b : parcelle Biophyto sur l'année 2013
 2012 t : parcelle Témoin sur l'année 2012
 2013 t : parcelle Témoin sur l'année 2013

Fong ab : fongicide autorisé en Agriculture Biologique
 Fong non ab : fongicide non autorisé en Agriculture Biologique.



▼ FOCUS SUR LES TRAITEMENTS INSECTICIDES

Seuls trois traitements chimiques ont été effectués en 2012 sur deux parcelles Biophyto. L'un est un double traitement réalisé accidentellement à cause d'un problème de communication entre chefs d'exploitation et de culture. L'autre est un traitement contre la cochenille sur une seconde parcelle infestée qui ne comportait aucune coccinelle (auxiliaire spécifique à ce

ravageur). Ce qui donne une moyenne de 0,3 traitement par producteur sur le réseau, alors qu'en moyenne par producteur il y a 2,1 traitements insecticides chimiques sur les parcelles Témoin. En moyenne par producteur il y a eu 0,8 en 2012 et 0,9 traitements insecticides autorisés en Agriculture Biologique sur la parcelle Biophyto, ce qui correspond aux traitements Synéis-appât® généralement appliqués en bordure des parcelles Biophyto, alors qu'il y en a eu en moyenne 0,8 sur la parcelle Témoin en 2012 et 0,2 en 2013.

Figure 3 Bilan du nombre de traitements insecticides en moyenne par producteur en fonction de la parcelle et l'année pour tout le réseau et réparti entre traitements homologués en AB et non AB sur 2012 (année incomplète) et 2013.

2012 b : parcelle Biophyto sur l'année 2012
 2013 b : parcelle Biophyto sur l'année 2013
 2012 t : parcelle Témoin sur l'année 2012
 2013 t : parcelle Témoin sur l'année 2013

Ins ab : insecticide autorisé en Agriculture Biologique
 Ins non ab : insecticide non autorisé en Agriculture Biologique

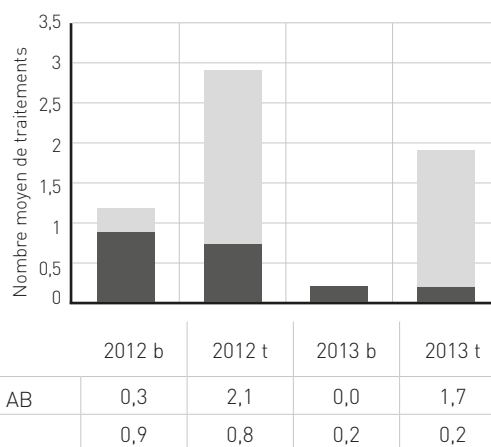
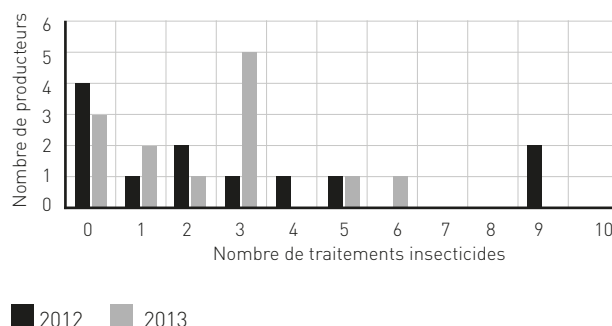


Figure 4 Nombre de producteurs par nombre de traitements insecticides en 2012 (année incomplète) et 2013 sur les parcelles Témoin.

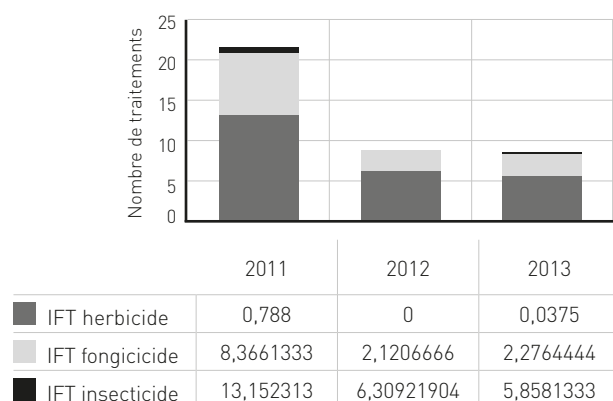


La proportion de traitements insecticides peut paraître très basse comparée aux IFT et nombres de traitements des données issus du réseau DEPHY vus précédemment, car cette moyenne reflète des diversités de conduite très grande. Pour comprendre ces différentes réalités, nous proposons de déployer les données de nombres de traitements insecticides des parcelles Témoin.

Nous avons réparti le nombre de producteurs selon le nombre de traitements insecticides par an sur la parcelle Témoin. Nous voyons que 4 producteurs en 2012 et 3 en 2013 ont effectué zéro traitement insecticide sur leur parcelle Témoin. Le maximum c'est 9 traitements pour deux producteurs en 2012. La majorité des cas se retrouve donc égale ou en dessous de 5 traitements sur la Témoin. Pour mémoire dans le réseau DEPHY, 5 traitements insecticides étaient le minimum avec une moyenne de 8,9 traitements insecticides.

Ainsi, si nous regardons les ordres de grandeur des IFT moyens par producteur des cinq exploitations appartenant à la fois au réseau DEPHY et Biophyto, en 2011 sur le verger l'IFT moyen représentait 22,7 alors que pour l'année complète 2013 il représente 8,2.

Figure 5 Moyenne des IFT sur les 5 exploitations appartenant au réseau à la fois au réseau DEPHY et BIOPHYTO avec les données à l'échelle du verger pour 2011 et sur les parcelles Témoin du réseau BIOPHYTO en 2012 (année incomplète) et 2013.



Ce qu'il faut retenir

La réduction des traitements entre les parcelles Biophyto et les parcelles Témoin est significativement différente.

Les données sur les traitements herbicides montrent qu'il y a une tendance générale à aller vers une couverture totale et l'arrêt des herbicides sur les parcelles Biophyto comme sur les parcelles Témoin.

Les données sur les traitements fongicides montrent que la différence entre les parcelles Biophyto et Témoin est significativement différente.

Les données sur les traitements insecticides montrent que la différence entre les parcelles Biophyto et Témoin est significativement différente. Les données montrent aussi une grande disparité entre les pratiques sur les parcelles Témoin mais globalement, les traitements insecticides sur les parcelles Témoin sont significativement plus faibles que les pratiques illustrées avec l'exemple des données du réseau DEPHY 2011.

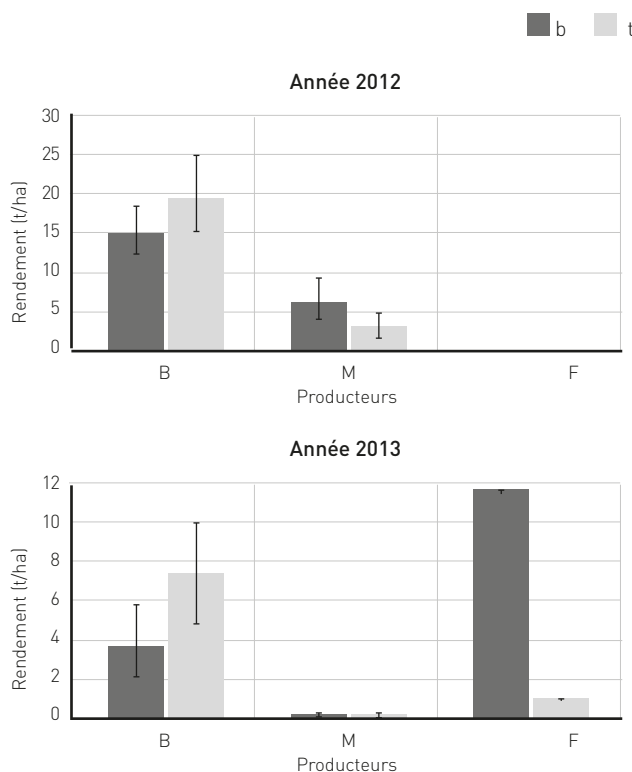
Impacts sur les rendements

Nous allons regarder les rendements entre chaque couple de parcelle et identifier les enseignements à tirer sur chacun des couples.

Pour les rendements, la présentation va se faire en trois groupes :

- le groupe avec des pratiques type agriculture biologiques (certifiées ou non) avec 2 exemples de variété José et un exemple de variété Américaine (Cogshall) ;
- le groupe avec des pratiques conventionnelles avec la variété Américaine (2 exploitations en 2012 puis une en 2013) ;
- le groupe avec des pratiques conventionnelles avec la variété José (7 exploitations en 2012 puis 8 en 2013).

Figure 6 Nombre de producteurs par nombre de traitements insecticides en 2012 (année incomplète) et 2013 sur les parcelles Témoin.



Sur ces exploitations, il n'y a pas de différences de pratiques entre les parcelles qui sont toutes collées deux à deux. La seule différence est chez B avec une pratique d'irrigation différente entre les deux parcelles. Chez le producteur B, une différence de rendement (due à la densité) existe de facto. Chez le producteur M, les productions sont plus tardives et n'ont pas pu être estimées correctement à cause des cyclones. Enfin chez F, 2012 une floraison très faible et une grosse attaque de cécidomyie ont détruit la récolte sans pouvoir identifier clairement s'il y a aussi un phénomène d'alternance. En 2013 il y a eu des pertes de productions à cause de la Cécidomyie des fleurs et de l'oïdium mais la différence entre les deux parcelles n'est pas encore expliquée.

Figure 7 Comparaison des rendements (t/ha) sur les parcelles Biophyto (b) et sur les parcelles Témoin (t) pour les 2 exploitants non AB (variété Cogshall) entre 2012 et 2013.

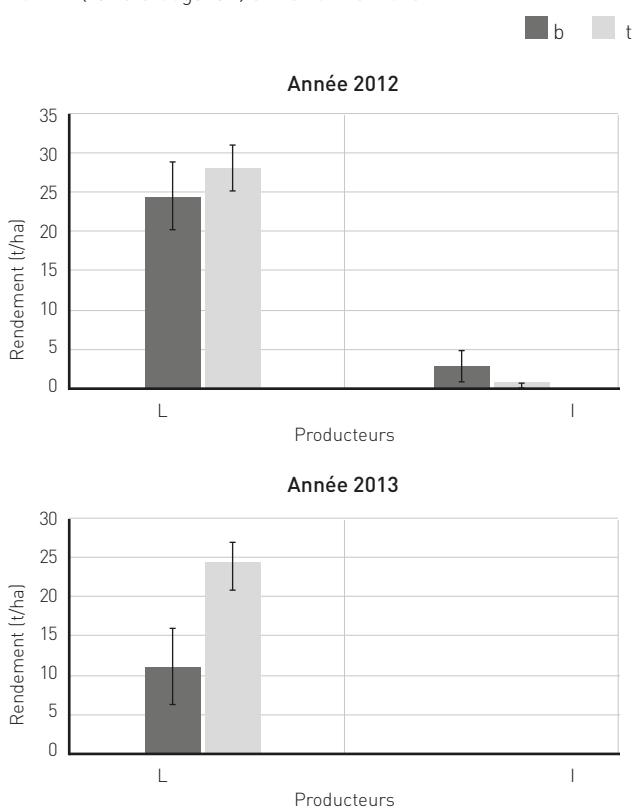
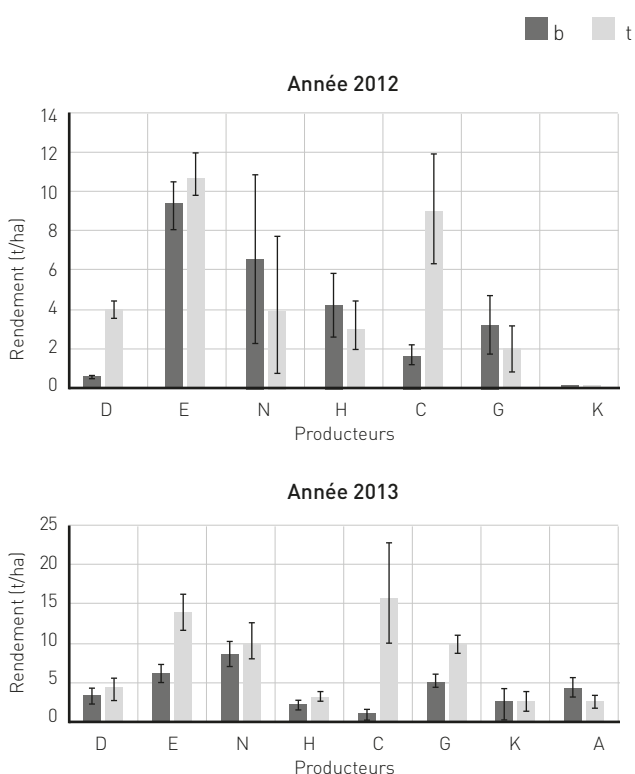


Figure 8 Comparaison des rendements (t/ha) sur les parcelles Biophyto (b) et sur les parcelles Témoin (t) pour les 7 exploitants non AB en José en 2012 et les 8 exploitants en 2013.



Chez M. L, il y a de facto une différence de densité en faveur de la parcelle Témoin de l'ordre de quelques tonnes hectare. Il n'y pas de différence significative en 2012 entre les rendements des deux parcelles et significative en 2013. Dans les causes identifiées : l'irrigation qui aurait impacté la floraison, l'oïdium qui a détruit des panicules sur la parcelle Biophyto et des dégâts de cécidomyie sur la parcelle Biophyto. La parcelle de M. I a été changée par une autre parcelle à cause d'une expropriation en 2013. La production 2012 était très faible due à un fort impact d'oïdium et peut-être de l'alternance due à la variété.

Comparaison des rendements entre les parcelles Biophyto et Témoin pour les 7-8 exploitants non AB en José en 9 sur 15 couples de parcelles Biophyto sur les 2 ans présentent une différence non significative.

La parcelle D en 2012 présentait un problème de cochenilles très avancé. Une équipe de plusieurs personnes ont effectué un suivi rapproché de la parcelle et aurait identifié un problème d'irrigation qui expliquerait en partie un problème de floraison et d'affaiblissement des arbres déjà âgés.

La parcelle C présente une différence de densité et une floraison hétérogène sur la parcelle Biophyto. Les différences de rendement sont causées par l'oïdium, le cyclone qui a empêché le deuxième passage sur la parcelle Biophyto, des attaques de cécidomyie et de punaise.

La parcelle Biophyto E en 2013 a vu sa première floraison détruite par la cécidomyie ce qui expliquerait la différence de rendement.

La parcelle Biophyto G a subi un stress hydrique radical et a subi une attaque de cécidomyie.

Conclusion et perspectives

Ce qu'il faut retenir, c'est que sur les 24 couples de rendements potentiels Biophyto/Témoin sur 2012 et 2013, seulement 6 couples ont une différence significativement négative pour le rendement Biophyto par rapport à la Témoin.

Sur certains couples, la différence de rendements entre les parcelles Biophyto et Témoin montre qu'il est possible d'atteindre le même potentiel sans insecticide. Les données nous montrent aussi qu'il est possible de produire des rendements équivalents avec un itinéraire technique à bas IFT.

Les 6 couples qui ont une différence significativement négative pour le rendement Biophyto par rapport à la Témoin nous permettent d'identifier les risques qui sont des verrous techniques pour aller vers une production sans insecticide. En mettant de côté les effets d'alternance de certaines variétés et la différence de potentiel de base des parcelles, la question de la gestion de l'oïdium apparaît cruciale pour maintenir des rendements satisfaisants. Les risques d'attaques de cécidomyie des fleurs et de punaise du manguier sont aussi à prendre en compte. Enfin, l'effet de l'irrigation et

de la couverture sur l'intensité et la précocité de la floraison sont aussi des facteurs importants.

Dans les pistes de travail, il ressort donc la nécessité de :

- retravailler et diffuser les bonnes pratiques de gestion de l'oïdium ;
- valider les résultats et identifier les bonnes pratiques de gestion de la couverture et de l'irrigation ;

- compléter les méthodes de lutte par des méthodes alternatives pour lutter contre la Cécidomyie des fleurs dans les bassins d'infestation ;

- finaliser les travaux sur la Punaise du manguier en identifiant des méthodes alternatives ;

- formaliser un itinéraire technique sans insecticide ;

- formaliser un itinéraire technique de transition à bas IFT.

Références bibliographiques

■ Vincenot D., Normand F., 2009. *Guide de production intégrée de mangues à La Réunion*. Cirad et Chambre d'agriculture de La Réunion, Saint-Pierre, Ile de La Réunion, 122 p.

> Évaluation de la satisfaction des producteurs et appropriation

C. GLOANEC¹ | I. GUIGNARD¹
caroline.gloanec@gmail.com

Résumé

Une évaluation a permis de montrer la satisfaction des producteurs sur le projet et une bonne appropriation. L'enquête a été réalisée auprès de 11 producteurs sur 13. Elle a permis de montrer des producteurs satisfaits du projet et de pointer les points d'amélioration.

Mots-clés : satisfaction, projet, pratiques, producteurs, appropriation

Introduction

Une enquête a été réalisée auprès de 11 producteurs sur 13 par Ida Guignard. Elle vise à apprécier d'une part la satisfaction des producteurs de mangue ayant participé au projet, et d'autre part à estimer leur degré d'appropriation des pratiques agroécologiques mises en place sur les parcelles d'essais. L'objectif est d'identifier des points d'amélioration pour la poursuite du projet, et d'estimer l'impact des deux années et demie de travail sur les itinéraires techniques des producteurs.

L'étude balaie l'ensemble des aspects du projet tant agronomique qu'économique ou portant sur sa gestion. Elle permet d'obtenir une vision globale de l'opinion du producteur. Les entretiens semi-directifs s'appuient sur un guide d'entretien réalisé en concertation avec le chef de projet et la coordinatrice du projet. Cette enquête s'adresse à l'ensemble des producteurs de mangue ayant fait partie du projet Biophyto.

Les enquêtes ont été réalisées individuellement lors des passages bimensuels sur les parcelles de onze des treize producteurs ayant participé au projet. Deux d'entre eux n'ont pas pu être contactés. Chaque enquête a duré entre une et deux heures. Les données ainsi récoltées ont été retranscrites, puis les données quantitatives ont été classifiées et analysées.

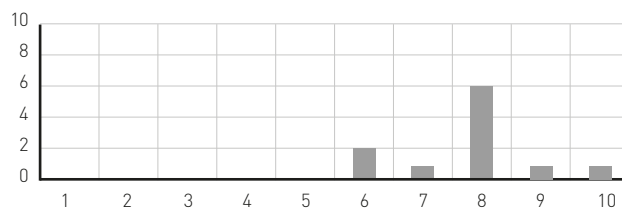
L'analyse des données récoltées lors des entretiens est présentée par rubriques de questions. Pour chacune des rubriques les questions posées sont rappelées suivies des graphiques présentant les résultats quantifiables et de l'analyse des données. L'évaluation de la satisfaction se fait sur une échelle de 1 à 10 (1 : pas du tout satisfait, 10 : très satisfait).

Un projet globalement satisfaisant et enrichissant pour les producteurs

▼ **À la question** « quel est votre niveau de satisfaction concernant le projet Biophyto ? Pourquoi ? », les 11 producteurs ont répondu comme suit :

Figure 1 Satisfaction globale du projet selon les producteurs.

Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait



La majorité des producteurs interrogés est satisfaite du projet : huit d'entre eux ont donné une note supérieure ou égale à 8/10.

▼ **À la question** « selon vous, quel est l'intérêt majeur du projet Biophyto :

- protection de l'environnement ;
- préservation de la biodiversité ;
- diminution des coûts liés aux intrants ;
- santé (agriculteurs et consommateurs) ;
- innovation ;
- manque de solution face aux ravageurs ;
- autre »

Sept agriculteurs sur onze ont accepté de participer au projet dans le but de diminuer l'impact de leurs pratiques sur l'environnement, deux autres dans le but de trouver des solutions alternatives face à certains ravageurs (la cochenille et la Punaise du manguier). Les autres agriculteurs souhaitent diminuer les coûts des intrants et se tenir à jour sur les innovations dans le domaine de l'agriculture. Le projet constitue également un argument scientifique pour les producteurs.

1. CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION

2 Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France

Figure 2 Intérêt majeur du projet BIOPHYTO selon les producteurs.

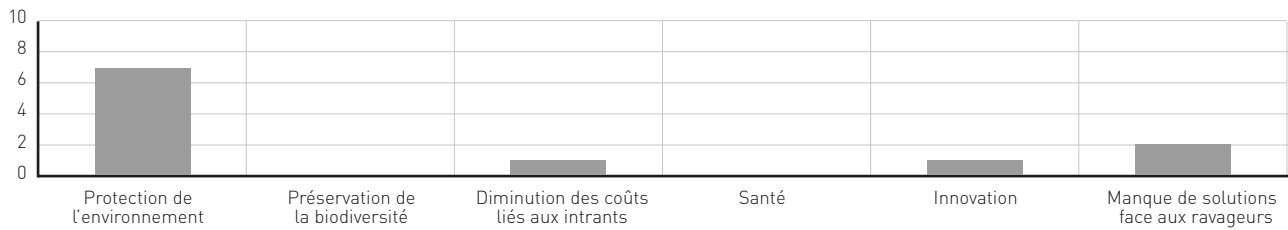
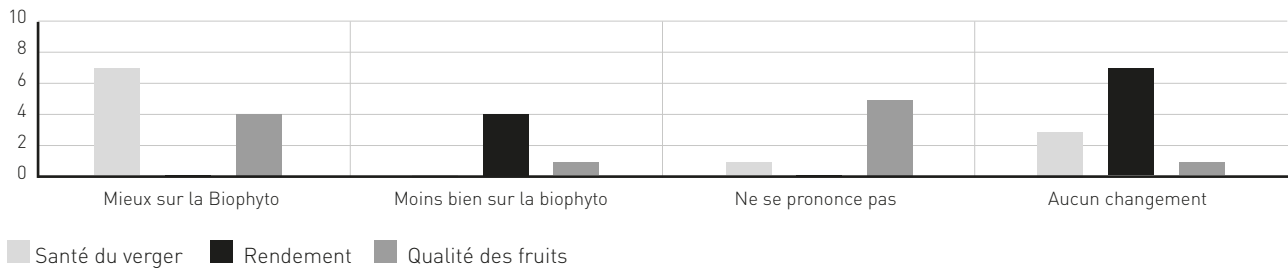


Figure 3 Satisfaction des producteurs sur l'impact des pratiques agroécologiques sur la santé de leur verger, le rendement et la qualité des fruits.



■ Santé du verger ■ Rendement ■ Qualité des fruits

▼ **À la question** « aviez-vous des craintes concernant le projet ? », environ un tiers des agriculteurs redoutait de perdre leur récolte en modifiant leur itinéraire technique. Le retard de la floraison lié à l'arrêt du stress hydrique et la question de la valorisation étaient également deux points soulevés.

▼ **À la question** « qu'est-ce que le projet vous a apporté ? Qu'avez-vous appris ? », de façon générale, les agriculteurs ont retiré des connaissances sur les ravageurs et les auxiliaires présents dans leurs vergers. Cela a notamment été renforcé par la participation de huit producteurs et salariés aux deux sessions du Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle en protection agroécologique des cultures. Outre cet aspect « connaissance », le projet a permis aux producteurs de mieux comprendre le fonctionnement de leurs vergers : « Je n'ai pas vraiment appris, mais j'ai compris ».

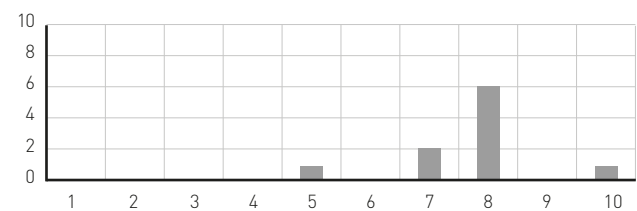
à des attaques (mouches des fruits et anthracnose liée au retard de la production).

Sept producteurs sur onze ne peuvent estimer la différence de rendement entre les deux modes de pratique puisqu'ils n'ont pas eu de récoltes, les 4 autres n'ont observé aucune différence entre les deux parcelles. Cependant, deux producteurs ont sensiblement observé un retard dans la floraison de leurs parcelles Biophyto.

▼ **À la question** « comment qualifieriez-vous l'impact de la mise en place des pratiques agroécologiques sur votre parcelle? » :

Figure 4 Satisfaction des producteurs sur l'impact des pratiques agroécologiques sur leur verger.

Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait



Neuf des onze producteurs interrogés ont donné une note supérieure ou égale à 7/10 pour l'impact des pratiques agroécologiques sur leur parcelle essai. Cette bonne moyenne est essentiellement liée à une amélioration visible de la santé des vergers, les impacts des pratiques agroécologiques sur le rendement et la qualité des fruits étant difficiles à évaluer à cause des deux cyclones.

Une satisfaction variable pour les aspects techniques du projet

▼ **À la question** « avez-vous observé un impact des pratiques agroécologiques sur :

- le rendement de vos parcelles?
- la qualité de vos fruits ?
- la santé de votre verger ? »

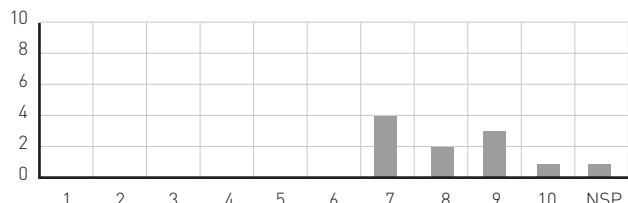
Sept producteurs sur onze jugent leur parcelle Biophyto en meilleure santé que leurs autres parcelles. Certains producteurs ont identifié un recul d'attaques de cochenilles ou de punaises un « équilibre se crée plus rapidement lorsqu'il y a une attaque » et les vergers semblent « plus vivants ».

Ils sont plus partagés sur le sujet de la qualité des fruits : cinq producteurs ne se prononcent pas car ils n'ont pas eu de récolte à cause des cyclones, certains ont observé des fruits « plus jolis » tandis que d'autres ont été plus sujets

▼ **À la question** « comment qualifieriez-vous l'impact de la mise en place des pratiques agroécologiques sur les ravageurs de votre parcelle? »

Figure 5 Satisfaction des producteurs quant à l'impact des pratiques agroécologiques sur les populations de ravageurs de leur parcelle.

Notes de satisfaction : 1 = pas du tout satisfait - 10 = très satisfait

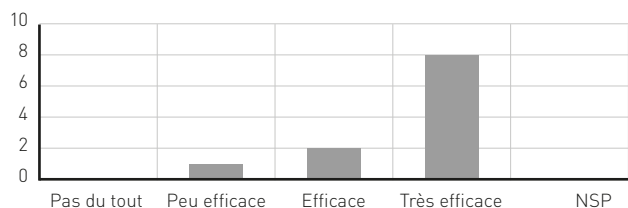


L'ensemble des producteurs est satisfait de l'impact des pratiques agroécologiques sur les ravageurs : la majorité d'entre eux a donné une note supérieure ou égale à 7/10. Selon les producteurs, les attaques de ravageurs sont de « moins en moins fortes » et plus de la moitié d'entre eux ont observé une diminution de certains ravageurs : « plus aucune cochenille et de moins en moins de cécidomyie », « une baisse de tous les ravageurs sauf la cécidomyie », « beaucoup moins de cochenilles et moins de punaises ». Les agriculteurs disent observer davantage leurs parcelles, et « accepter plus facilement de pertes » pour éviter de traiter.

▼ **À la question** « que pensez-vous de l'efficacité du projet à favoriser des auxiliaires ?

- pas du tout efficace ;
- peu efficace ;
- efficace ;
- très efficace ;
- ne se prononce pas » :

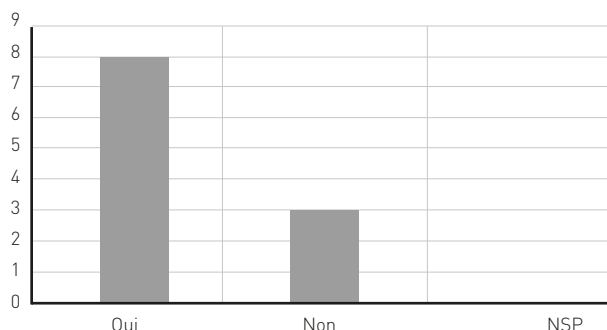
Figure 6 Opinion des producteurs sur l'efficacité des pratiques agroécologiques à attirer les auxiliaires.



Huit producteurs sur onze qualifient les pratiques agroécologiques proposées de « très efficace » pour attirer les auxiliaires.

▼ **À la question** « connaissez-vous mieux les ravageurs et les auxiliaires ? » :

Figure 7 Amélioration des connaissances des producteurs sur la faune de leur verger.



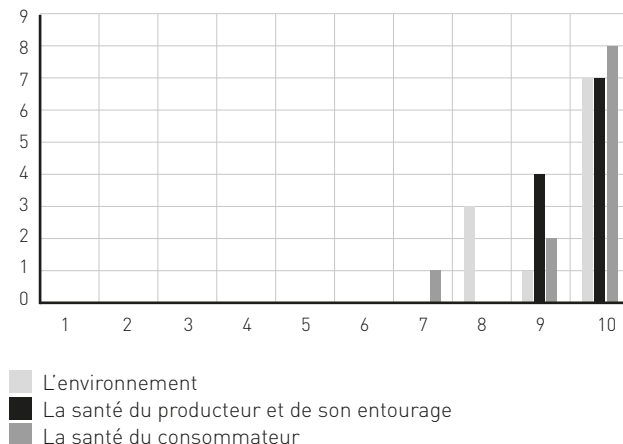
Huit producteurs sur onze estiment mieux connaître les insectes qui peuplent leurs vergers. Deux n'ont pas pu se déplacer pour les réunions ou les formations et un s'estime encore loin de pouvoir parfaitement déterminer la faune de son verger, d'où leurs réponses.

Les producteurs sont donc globalement satisfaits de l'impact des pratiques agroécologiques sur les populations de ravageurs et d'auxiliaires de leur verger. Ils précisent cependant que ce ne sont que des observations que les relevés de la FDGDON permettront de confirmer. En effet, même s'ils connaissent majoritairement mieux les insectes, ils ne savent pas différencier les bons et les mauvais au sein d'une même espèce.

▼ **À la question** « comment qualifieriez-vous l'impact de la mise en place des pratiques agroécologiques sur

- l'environnement ? ;
- votre santé et celle de votre entourage ? ;
- sur la santé du consommateur ? » :

Figure 8 Satisfaction des producteurs quant à l'impact des pratiques agroécologiques sur l'environnement, sa santé, et celle du consommateur.

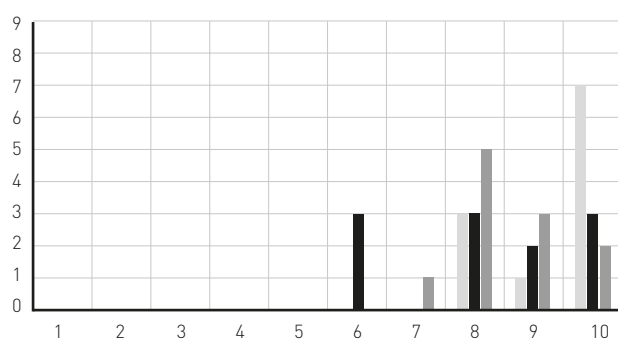


Les producteurs sont majoritairement très satisfaits de l'impact du projet sur l'environnement ainsi que sur leur santé, celle de leur entourage et celle du consommateur.

▼ **À la question** « comment qualifieriez-vous :

- l'utilité de la couverture végétale ? ;
- la mise en place de la couverture ? ;
- son entretien ? » :

Figure 9 Satisfaction des producteurs sur l'utilité, la mise en place et l'entretien de la couverture végétale.



- L'environnement
- La santé du producteur et de son entourage
- La santé du consommateur

Cinq producteurs sur onze possédaient déjà une couverture sur l'ensemble de leur vergers et l'ont simplement maintenue et étoffée.

L'ensemble des producteurs est très satisfait de l'utilité de la couverture puisque l'ensemble des notes est supérieur ou égal à 8/10. En effet, ils estiment qu'elle est bénéfique pour la biodiversité et l'environnement d'une part, mais également pour limiter l'érosion, amortir la chute des fruits, et pour le côté esthétique. Elle demande cependant une vigilance accrue sur le risque incendie.

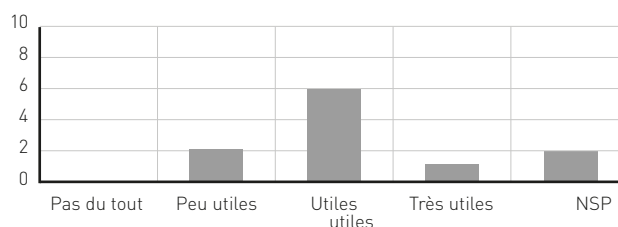
Cependant, sur trois parcelles, la mise en place de la couverture a posé problème. La prolifération des fatagues a demandé une attention particulière et un fauchage plus régulier. De plus, chez un producteur la couverture a eu du mal à s'implanter sur le sable. Chez une autre espèce implantées n'ont pas pris, mais il y a eu une hausse des espèces « spontanées ».

La couverture est l'une des réussites du projet puisque l'ensemble des producteurs en est satisfait et que certains l'ont déjà étendue à toutes leurs parcelles. Si sa mise en place a parfois été compliquée, les agriculteurs acceptent le supplément de travail lié à son entretien sans problèmes.

▼ **À la question** « que pensez-vous des bandes fleuries ?

- pas du tout utile ;
- peu utiles ;
- utiles ;
- très utiles ;
- ne se prononce pas » :

Figure 10 Opinion des producteurs quant à l'utilité des bandes fleuries.



Les bandes fleuries implantées dans six vergers en début de projet partagent les producteurs. Si plus de la moitié les estime « utiles », deux producteurs les jugent peu utiles et deux ne se prononcent pas.

▼ **À la question** « avez-vous rencontré des problèmes lors de leur mise en place ? Lors de leur gestion ? Lesquels ? Le mélange proposé vous semble-t-il efficace ? Que pensez-vous des plantes hôtes et refuges (maïs, pois d'Angole) ? »

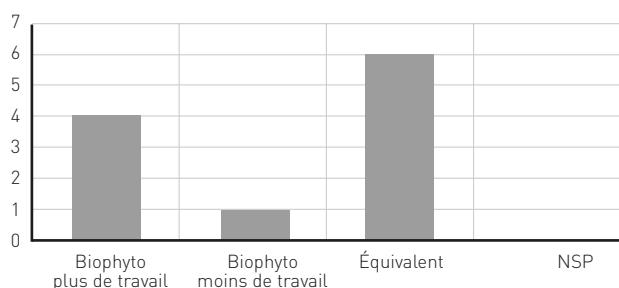
Le principal problème des bandes fleuries est leur mise en place : plusieurs producteurs préféreraient un semis à la volée avec des espèces plus tropicalisées. Sur certains terrains le mélange proposé n'était pas adapté et les adventices ont rapidement pris le dessus sur les fleurs ce qui a provoqué une surcharge de travail. Un agriculteur a estimé l'appui à la mise en place de la bande fleurie, et son suivi insuffisant.

De manière générale, les agriculteurs sont satisfaits des bandes fleuries car ils voient « qu'elles attirent les pollinisateurs » mais souhaitent une méthode de semis plus aisée ainsi qu'un mélange plus adapté à leurs parcelles.

L'utilité des plantes hôtes et refuges n'est globalement pas perçue par les producteurs : ils manquent de recul pour avoir de réels résultats. Cependant, deux agriculteurs ont observé que le maïs attirait les ravageurs, notamment la punaise.

▼ **À la question** « le changement de pratique a-t-il eu un impact sur votre temps de travail ? » :

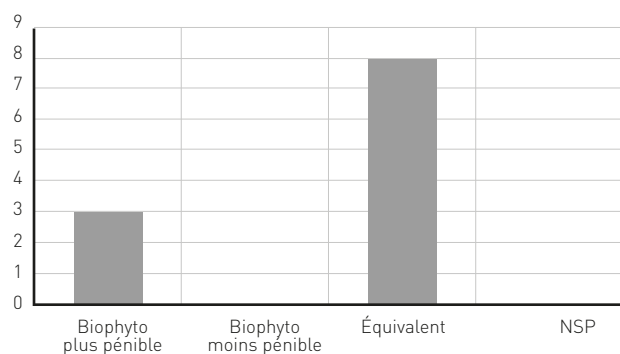
Figure 11 Opinion des producteurs sur l'impact du changement de pratiques sur leur temps de travail.



Quatre des onze producteurs estiment que leur parcelle Bio-phyto leur demande plus de travail que leurs autres parcelles et six estiment que le temps de travail est le même. En effet, il y a « moins de traitements », mais « ça prend plus de temps pour l'entretien de la couverture » car « l'herbe pousse plus vite (...) et on ne peut pas utiliser la débroussailleuse sinon on coupe les tuyaux ». De plus, il y a « plus de temps passé à observer pour bien s'investir dans le projet ».

▼ **À la question** « le changement de pratique a-t-il eu un impact sur la pénibilité de votre travail ? » :

Figure 12 Opinion des producteurs sur l'impact du changement de pratiques sur la pénibilité de leur travail.



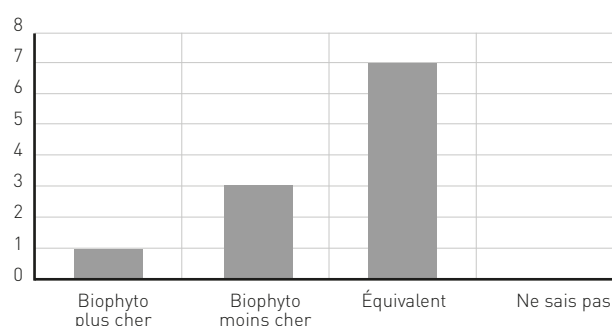
Huit producteurs sur onze estiment que la pénibilité de leur travail n'a pas changé entre les deux parcelles.

▼ **À la question** « selon vous, ces pratiques agroécologiques coûtent-elles plus ou moins cher que les pratiques conventionnelles ? » :

Sept producteurs sur les onze interrogés estiment que le coût de production est équivalent sur les deux parcelles. En effet, il y a une économie importante faite sur l'achat des produits phytosanitaires et sur l'utilisation des tracteurs pour les épandre, mais il y a « peut-être moins de fruits » et « avec le retard de floraison, on peut perdre de l'argent ».

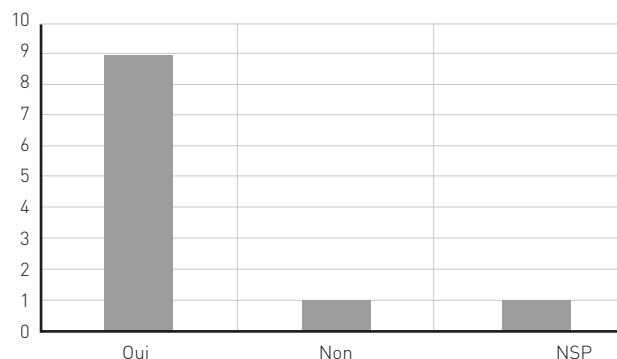
Trois producteurs jugent les pratiques agroécologiques moins chères que les pratiques conventionnelles à condition d'avoir un rendement suffisant. Un agriculteur estime que les pratiques agroécologiques sont plus chères que les pratiques conventionnelles à cause de la main d'œuvre nécessaire pour la fauche sur l'ensemble de ses parcelles. En effet, son exploitation est beaucoup plus grande que les autres exploitations du projet, ce qui entraîne une surcharge considérable de travail.

Figure 13 Opinion des producteurs sur l'impact des changements de pratiques sur les coûts de production.



▼ **À la question** « cette conduite d'exploitation est-elle économiquement viable sur le long terme ? ».

Figure 14 Opinion des producteurs sur la viabilité économique de la conduite d'exploitation selon les principes agroécologiques.



Neuf producteurs sur les onze interrogés pensent que cette conduite est économiquement viable sur le long terme.

▼ **À la question** « qu'est ce qui a changé dans la gestion de l'ensemble de votre verger depuis le début du projet ? Quelles sont les pratiques que vous projetez d'étendre à l'ensemble de vos parcelles ? ».

Sur les treize vergers engagés dans le projet, deux sont déjà labellisés en Agriculture Biologique, et un est en conversion. Ces producteurs n'ont pas beaucoup modifié leurs itinéraires techniques. Ils retirent du projet des connaissances sur la faune de leurs parcelles et de nouvelles méthodes de lutte contre les ravageurs. De plus, cela leur permet de montrer qu'il est possible de produire selon les principes

de l'Agriculture Biologique. Un producteur songe à arrêter complètement les produits phytosanitaires afin d'obtenir le label Agriculture Biologique.

Parmi les autres producteurs, certains possédaient déjà une couverture végétale, mais ne font plus de fauche durant la période de floraison et évitent les fauches rases. Quatre agriculteurs sur les onze interrogés ont décidé d'arrêter les herbicides et d'étendre la couverture végétale à l'ensemble de leurs vergers de mangue, voire à l'ensemble de leur exploitation. Un agriculteur va étendre la couverture sur une surface un peu plus importante que la parcelle Biophyto afin de continuer ses observations.

Quatre producteurs mettront des asperseurs s'ils sont amenés à planter un nouveau verger et envisagent d'étendre les asperseurs à l'ensemble de leurs vergers si les résultats sont probants. Un producteur a arrêté tout stress hydrique sur ses parcelles.

Six producteurs sur onze souhaitent mettre en place ou reconduire les bandes fleuries afin d'avoir plus de recul sur les résultats et éventuellement, les étendre à tous leurs vergers. Ils vont cependant modifier les mélanges afin de les adapter à leurs parcelles en insérant des fleurs tropicales et en privilégiant un semis à la volée. Un producteur préfère valoriser les fleurs qui entourent déjà parcelles. Un producteur souhaite maintenir le maïs s'il a le temps. Un producteur a installé de nouvelles haies intermédiaires fruitières autour de son verger afin de tester de nouvelles plantes hôtes et refuges.

De manière générale, l'arrêt des herbicides et l'enherbement des parcelles est la pratique agroécologique la plus suivie par les producteurs. Malgré le manque de résultats concluants concernant l'impact sur la régulation des ravageurs, une partie des producteurs souhaite continuer les essais sur les bandes fleuries, en les simplifiant. À l'inverse, les asperseurs et les plantes hôtes et refuges n'ont majoritairement pas convaincu les producteurs. Il ressort qu'une poursuite des expérimentations afin d'obtenir davantage de résultats est nécessaire.

**Biodiversité et protection
agroécologique des cultures**

> L'agroécologie et la gestion des interfaces : double enjeu pour le développement agricole et la conservation de la biodiversité

A. HERBRETEAU¹ | S. BARET¹ | E. BRAUN¹ | B. LEQUETTE¹
arthur.herbreteau@reunion-parcnational.fr

Résumé

Les milieux naturels indigènes de l'île de La Réunion, à fort taux d'endémisme, ont fortement régressé. Majoritairement situés dans les Hauts, ils sont classés depuis 2007 en cœur de Parc national et inscrits depuis 2010 sur la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO au titre de la biodiversité et des paysages. Ces milieux et particulièrement leur périphérie subissent des phénomènes d'invasion par des espèces exotiques pouvant mettre en péril leur préservation pour les générations futures. La lutte contre cette menace implique des actions de conservation et de restauration différentes selon les milieux et leur qualité. Les activités agricoles situées à l'interface des milieux naturels interagissent en limitant ou en favorisant la propagation de ces

espèces envahissantes. Les synergies sont à développer entre la reconquête de friches et la lutte contre les espèces exotiques envahissantes. Les auteurs font un résumé des actions initiées ou à développées, qui passent notamment par le développement de systèmes de productions adaptés et innovants, intégrant la végétation indigène aux parcelles cultivées, dans un double objectif de valorisation économique et de restauration écologique.

Mots-clés : Parc national de La Réunion, biodiversité, espèces indigènes et endémiques, espèces exotiques envahissantes, agroécologie, interface

La Réunion : un enjeu fort de conservation de la biodiversité

▼ UN ENDÉMISME RECORD ET DES MILIEUX UNIQUES AU MONDE

À La Réunion, île océanique jeune (3 millions d'années) et très récemment peuplée (350 ans), l'isolement et les contraintes topo-climatiques sont sources de spéciation. Les événements volcaniques majeurs, associés aux phénomènes lents et aléatoires de colonisation et de spéciation (Thébaud *et al.*, 2009 ; Le Péchon *et al.*, 2010), sont à l'origine de la biodiversité très originale observée aujourd'hui. Seule île dépassant 3000 m d'altitude dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien, les conditions de vie très contraignantes en altitude, renforcées par le gradient de pluviométrie Est-Ouest, conduisent à une remarquable biodiversité à trois niveaux : les écosystèmes (ou habitats au sens de l'assemblage des espèces végétales entre elles), le nombre d'espèces et leurs caractéristiques génétiques intrinsèques.

Sur 848 espèces végétales indigènes de la flore vasculaire aujourd'hui recensées, 237 sont strictement endémiques de La Réunion soit 28 % (ce taux atteint 46 % si l'endémisme est rapporté à l'échelle des Mascareignes) (CBNM, 2010). Les habitats d'altitude sont composés à plus de 90 % par des plantes endémiques. L'origine et l'isolement de ces espèces, ainsi que la petite taille de leur habitat, les rendent plus fragiles et moins compétitives que leurs proches parentes continentales face aux espèces introduites. Actuellement, près du tiers des espèces endémiques de la flore de La Réunion est menacé (CBNM, 2010).

La faune indigène de La Réunion est relativement pauvre en vertébrés (moins de cinquante espèces), mais l'absence de grands vertébrés ne doit pas occulter l'originalité et le fort taux d'endémisme des espèces de l'île : 10 taxons endémiques pour 18 espèces d'oiseaux terrestres et marins nicheurs, 335 coléoptères endémiques sur les 900 espèces dénombrées à ce jour (Insectarium de La Réunion), reptiles endémiques, poissons indigènes...

Le parc national de La Réunion est classé au 236^{ème} rang (sur 173 461 espaces protégés évalués) pour son « irremplaçabilité au niveau mondial » (IUCN, 2013).

▼ LES IMPACTS DE LA FRAGMENTATION ET DE L'ENVAHISSEMENT

Depuis l'arrivée de l'homme, les défrichements et la montée du front pionnier agricole ont réduit et fragmenté les surfaces de milieux indigènes (Strasberg *et al.*, 2005). Les habitats indigènes de basse altitude ne subsistent aujourd'hui qu'à

1. **PARC NATIONAL DE LA RÉUNION**
258 Rue de la République, 97431 Plaine des Palmistes, La Réunion, France

l'état de reliques. Les incendies continuent à dégrader de grandes surfaces à diverses altitudes.

L'homme a également introduit, volontairement ou non, de nombreuses espèces végétales et animales, susceptibles de devenir envahissantes, en proliférant dans leur nouvel environnement, au détriment des espèces locales et en modifiant la structure des écosystèmes et des paysages (Macdonald *et al.*, 1991, Baret *et al.*, 2006).

À La Réunion, sur plus de 2 000 espèces végétales introduites, on compte 829 espèces naturalisées dont une centaine, soit 12 %, envahissent les milieux naturels et semi-naturels, avec des impacts considérables (Soubeyran, 2008). Les phénomènes d'invasion biologique, potentiellement accentués par les changements climatiques, sont reconnus comme l'une des plus grandes menaces écologiques et économiques pour la planète, et en particulier pour les îles océaniques.

À titre d'exemples, les forêts humides de basse altitude ne subsistent qu'à l'état de reliques très fragmentées, et colonisées par le Raisin marron (*Rubus alceifolius*), le Goyavier (*Psidium cattleianum*) ou le Jamerosade (*Syzygium jambos*). Les derniers vestiges de la forêt semi-sèche sont menacés par le Choca vert (*Furcraea foetida*), le Galabert (*Lantana camara*), le Faux poivrier (*Schinus terebinthifolius*) et l'Avocat marron (*Litsea glutinosa*). L'invasion par la Liane papillon (*Hiptage benghalensis*) est l'une des plus problématiques. Certaines espèces comme le Longose (*Hedychium gardnerianum*) ont déjà remplacé des espèces indigènes sur de grandes surfaces. En altitude, la végétation éricicoïde n'est pas épargnée : la divagation bovine facilite l'installation des espèces exotiques originaires des régions tempérées, dont l'Ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*) est sans doute la plus menaçante, favorisée par le feu.

Parmi les espèces animales, 9 espèces figurent sur la liste de l'UICN des 100 espèces qui, introduites, engendrent les dysfonctionnements les plus importants sur les écosystèmes d'accueil. Chats et rats sont particulièrement nuisibles à l'avifaune endémique : Tuit-tuit, Pétrel noir et Pétrel de Barau. De très nombreuses espèces d'invertébrés ont également été introduites, volontairement ou non, et leur impact sur la biodiversité indigène peut être considérable.

La richesse exceptionnelle de La Réunion en matière de biodiversité est aujourd'hui, en majorité, confinée dans 30 % de l'île considérés comme bien conservés, mais fortement menacés, du fait de la fragmentation des milieux naturels, et de l'envahissement. Les listes rouges établies selon les critères de l'UICN en 2013 identifient 167 espèces végétales menacées de disparition dont 82 endémiques strictes, 6 espèces d'oiseaux dont deux en danger critique d'extinction, 3 espèces de lézards terrestres, un mammifère, 8 poissons d'eau douce, plus de 14 espèces d'invertébrés.

Les caractéristiques générales du Parc national de La Réunion

▼ UN PARC NATIONAL DE NOUVELLE GÉNÉRATION

Le Parc national de La Réunion a été créé en 2007. Il est né d'une prise de conscience : l'exceptionnelle nature de l'intérieur de l'île devait être protégée non seulement pour offrir aux Réunionnais un cœur vert préservé mais aussi pour léguer aux générations futures un patrimoine unique au monde. Sa création s'inscrit ainsi dans la continuité de plusieurs décennies de politiques publiques en faveur de la préservation et de la valorisation des Hauts de l'île, mises en œuvre notamment par le commissariat à l'aménagement des Hauts. L'ambitieux projet « Piton, cirques et remparts » aboutit en 2010 avec l'inscription de la totalité du cœur de parc au patrimoine mondial de l'Unesco.

Conformément à la loi de 2006 réformant les parcs nationaux, le parc national de La Réunion est composé de deux grandes entités spatiales : le cœur, espace réglementé, et l'aire d'adhésion, espace de projet et de partenariat. Le projet de territoire que constitue la Charte du parc national a été adopté en conseil d'État le 21 janvier 2014, après plusieurs années de concertation. Elle constitue un projet cohérent, précisant les objectifs de gestion et la réglementation pour le cœur et les orientations d'aménagement et de développement durables pour l'aire d'adhésion. Les communes sont actuellement sollicitées pour adhérer à cette Charte, qui se traduira alors par des conventions de partenariat.

▼ EN CŒUR DE PARC NATIONAL : BIODIVERSITÉ EXCEPTIONNELLE ET ACTIVITÉS ENCADRÉES

Le cœur du parc national s'étend sur 105 400 hectares (42 % de la superficie de La Réunion, d'un seul tenant) et offre une mosaïque de paysages naturels grandioses, construits par les éruptions volcaniques successives et façonnés par les effondrements et l'érosion. Il abrite une biodiversité remarquable, marquée par un fort taux d'endémisme : plus de 110 types d'habitats, du littoral à l'altimontain, en passant par des forêts sèches, tropicales humides, des pandanaies ou des tamarinaies. 90 % de ce territoire est propriété de l'État, du Département, de la Région ou des communes. Il relève à 84 % du régime forestier géré par l'ONF. Les 10 % restants appartiennent à des propriétaires privés.

Au-delà du « cœur naturel », qui réunit la plupart des espaces d'intérêt écologique de l'île, pour la flore et la faune, le cœur de parc abrite également un « cœur habité » (3 127 ha à Mafate et l'îlet des Salazes), reconnaissance du grand intérêt du paysage culturel. Certaines enclaves sont considérées comme « cœur cultivé » (1 441 ha comprenant 755 ha de sylviculture et 686 ha d'espaces à usage agricole, dont 550 ha de prairies). Sur ces espaces, le Parc national est attentif à la bonne intégration des diverses activités dans les milieux naturels exceptionnels qui les entourent.

En matière d'agriculture, il s'agit notamment d'adopter des pratiques agricoles respectueuses des milieux naturels et des sols et de sauvegarder et valoriser les savoir-faire. En « cœur habité », où les productions vivrières et d'auto-consommation tendent à se marginaliser face au développement du tourisme et à l'apport de vivres par hélicoptère, il convient de restaurer la place de l'agriculture dans le tissu socio-économique, la consommation locale et l'entretien des paysages.

▼ EN AIRE OUVERTE À L'ADHÉSION : ESPACES RURAUX ET TERROIRS AGRICOLES

L'aire ouverte à l'adhésion, avec plus de 25 000 ha de surface agricole utile, couvre une grande partie des terres agricoles de l'île, soit environ 40 % de la sole cannière et 90 % des activités d'élevage. La Charte du parc national prévoit d'y conforter les activités agricoles et la valorisation des produits locaux, en soutenant l'ensemble des filières agricoles, en promouvant la diversification agricole et le développement rural par les micro-filières patrimoniales, basées sur des systèmes de production agroécologique, une transformation locale et une valorisation agro-touristique des terroirs agricoles. L'agriculture fait partie du cadre de vie rural et du patrimoine culturel des Hauts, que le Parc national a pour mission de préserver en favorisant la transmission des savoirs et savoir-faire.

Parmi les productions emblématiques liées à des terroirs spécifiques et des savoir-faire particuliers, on peut citer : vanille, géranium, curcuma, lentille, vétiver, palmiste, plantes aromatiques et médicinales indigènes... Elles sont généralement développées par des structures de petite taille, en marge des modèles agricoles classiques, et souffrent d'un déficit d'accompagnement.

Les différentes actions pour la conservation de la biodiversité

▼ LA NÉCESSITÉ DE LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

Si les habitats indigènes se trouvent très majoritairement en cœur de parc national, une partie de ces habitats, correspondant aux étages de végétation intermédiaires ou inférieurs, est le plus souvent située en aire d'adhésion. Ils sont alors parfois restreints à de petites surfaces situés dans des zones refuges (Strasberg *et al.*, 2005). La plantation de certaines espèces exotiques, dans les zones urbanisées ou secondarisées, dont les espaces agricoles, augmente les risques d'envahissement des milieux naturels avoisinants.

La restauration écologique consiste à remettre en état une unité de végétation telle qu'elle existait à l'origine, en luttant d'une part contre les espèces exotiques envahissantes et, lorsque cela est nécessaire, en réintroduisant des espèces indigènes, en adéquation avec le type de végétation originelle et la traçabilité des plants produits. En effet, l'expérience a

montré que la seule action de lutte contre une espèce exotique, ne suffit pas toujours, puisqu'elle peut être remplacée par une autre espèce envahissante.

Les actions actuelles de lutte contre les espèces exotiques envahissantes sont encore loin d'être suffisantes. Elles permettent au mieux de ralentir l'expansion de ces espèces (Macdonald *et al.*, 1991, 2010). Aujourd'hui comme demain, les moyens humains et financiers sont limités. L'implication de la société civile, y compris des agriculteurs, dans les futurs projets de restauration et de conservation est une étape primordiale (Baret *et al.*, 2012, 2013).

Depuis les milieux indigènes les mieux préservés jusqu'aux espaces totalement secondarisés, plusieurs types de zones d'intervention peuvent être distinguées, pour lesquelles différents types d'actions peuvent être envisagés.

▼ UNE TYPOLOGIE DES ACTIONS POSSIBLES EN FONCTION DE LA QUALITÉ DES MILIEUX NATURELS CONCERNÉS

Les zones naturelles indigènes les mieux conservées :

La conservation des milieux naturels indigènes les mieux préservés, situés en grande partie en cœur de parc national, passe par l'évitement ou la limitation des impacts potentiels. La Charte du parc national identifie ainsi huit « Zones de Naturalité Préservée », couvrant 14.600 ha, et correspondant aux espaces les mieux préservés, situés à une distance de 500 m des sentiers de randonnée. Les activités humaines y sont exclues afin d'éviter les dégradations.

Les zones naturelles envahies à la frontière des milieux indigènes :

Plus les espèces exotiques envahissantes sont proches du milieu naturel, plus le risque de propagation est fort. De nombreux espaces sont concernés : publics ou privés, situés en cœur du parc national ou en aire d'adhésion. En cœur de parc national, ils sont qualifiés d'espaces « identifiés de restauration » et couvrent plus de 47 000 ha, dont la majorité est gérée par l'ONF, ou autres gestionnaires dans le cas des Espaces Naturels Sensibles. Les actions de lutte contre les plantes exotiques envahissantes sont souvent insuffisantes face à l'ampleur et la vitesse de l'envahissement. Il est proposé de les renforcer au travers d'actions opérationnelles ciblées sur les espaces stratégiques : plantation d'espèces indigènes, mise en place d'« Aires de Conservation Intensive ». L'objectif est de créer une zone tampon, gérée et entretenue, entre les zones dégradées et les milieux naturels les mieux préservés.

À titre d'exemple, on peut citer le projet Life + COREXERUN (2008-2014), qui a permis de restaurer 30 ha de reliques de forêt semi-sèche, et d'en reconstituer 9 ha, par la réintroduction de 90 000 plants, ce qui a nécessité la récolte et la mise en production de 48 espèces indigènes, bénéficiant aujourd'hui de

fiches techniques de multiplication. De nouveaux financements européens Life + ont été attribués pour la poursuite de ce projet sur la période 2014-2020, sur la forêt sèche de La Réunion, qui constitue l'habitat le plus fragmenté.

Les zones naturelles envahies inaccessibles :

Les remparts, ravines et fortes pentes couvrent environ 40 % de la surface des habitats naturels (en cœur de parc national ou aire optimale d'adhésion). Ils font souvent partie des espaces identifiés de restauration cités précédemment, mais ces zones sont inaccessibles à l'homme ou posent des problèmes de sécurité pour les actions de lutte. La lutte biologique, qui ailleurs est une technique parmi d'autres, s'impose ici comme une des seules techniques envisageables. Les études sont donc à poursuivre en ce sens pour envisager d'éventuelles introductions d'agents de lutte biologique, particulièrement contre les espèces les plus envahissantes, telles que *Hiptage benghalensis*, *Ulex europaeus*, *Ageratina riparia*... (Macdonald, 2010) en anticipant l'ensemble des impacts possibles, qu'ils soient écologiques, économiques ou sociaux. Le cas échéant, la replantation d'espèces indigène ne pouvant se faire manuellement sur ces espaces, de nouvelles techniques de réensemencement à distance, telles que l'hydroseeding, devront être préalablement expérimentés.

Les zones incendiées :

En cœur de parc national ou en aire optimale d'adhésion, la gestion post-incendie des milieux naturels indigènes nécessite la réalisation d'opérations coup de poing avec les propriétaires, les gestionnaires et la population. En effet, le milieu indigène a la capacité de se régénérer (banque de semences du sol) si la lutte contre les plantes exotiques envahissantes est réalisée dans les 3 mois après un incendie ou au niveau de zones spécifiques. À défaut ou en complément, des plans de gestion sur le long terme devront être mis en place.

Les zones secondarisées, urbanisées, agricoles ou naturelles fortement envahies :

Majoritairement hors du cœur du parc national, ces espaces secondarisés constituent des réservoirs potentiels de dissémination des espèces exotiques envahissantes vers les milieux indigènes. Il conviendrait donc d'y substituer, autant que faire se peut, les plantations d'espèces indigènes aux plantations d'espèces exotiques envahissantes, pour limiter les sources de propagation. C'est ce que propose la Démarche d'Aménagement Urbain par les Plantes Indigènes (DAUPI), porté depuis 2012 par le Conservatoire Botanique National de Mascarin, avec de nombreux partenaires.

Il convient aujourd'hui d'étendre et d'amplifier la démarche en espace agricole et rural avec toujours cet objectif général de créer un espace tampon géré entre les zones secondarisées potentiellement envahies et les milieux indigènes. Par ailleurs, la réalisation de plantations d'espèces indigènes en milieu rural permettrait de favoriser les échanges

entre des reliques de milieux indigènes et d'en favoriser la conservation.

À l'initiative du Parc national et en partenariat avec plusieurs associations, les projets « PEI-Run » (Plantation d'Espèces Indigènes), ont permis de lancer des actions de plantations d'espèces indigènes, pour une utilisation durable par la population : cueillette pour la tisanderie, prélèvement pour l'artisanat, apiculture, pédagogie ... Elles ont vocation à être démultipliées à plus grande échelle, au sein des zones envahies, pour limiter le prélèvement d'espèces indigènes au sein des aires protégées, favoriser la production de plants d'indigènes et leur substitution chez les particuliers, dynamiser la création d'arboretum, intégrant des espèces dont la provenance correspond au bassin versant ou aux alentours du lieu d'implantation, et pour renforcer la population de plantes rares menacées via la restauration globale des sites.

L'innovation agroécologique à la croisée des enjeux de l'agriculture et de la biodiversité

À l'heure où de nombreux questionnements émergent au sein de la société civile, revendiquant un droit de regard sur les modes de production agricole en vue d'une alimentation saine, d'une production respectueuse des écosystèmes et créatrice d'emplois, l'agroécologie, en tant que concept global, incarne une voie d'évolution des systèmes agraires et agro-alimentaires pour relever les défis nombreux qui s'imposent à l'agriculture. La mise en œuvre concrète du concept consensuel d'agroécologie implique de revoir et réinventer les pratiques agricoles et les systèmes de production, à l'échelle nationale comme à l'échelle de La Réunion.

L'intensification visant l'augmentation de la production par unité de surface, appelle souvent une surenchère d'investissements en matériel et intrants. Mais le système montre des limites économiques, techniques et environnementales. L'effort d'innovation devrait tendre à l'amélioration du revenu et à la création d'emploi par une diminution des charges et une amélioration de l'autonomie des exploitations vis à vis des intrants, une meilleure valorisation des produits et une rémunération adaptée des services environnementaux et sociétaux rendus par l'agriculture.

À La Réunion, la pression élevée et croissante de bioagresseurs (climat tropical et introductions répétées de nouveaux ravageurs), la concurrence économique forte entre productions locales et importations, plusieurs décennies d'encadrement technique en faveur de l'usage d'intrants chimiques, font qu'il est aujourd'hui difficile de développer et de proposer des systèmes de production agroécologique. Les alternatives techniques adaptées et diffusables sont encore rares et la prise de risque économique freine les initiatives, même si l'on peut constater ces dernières années une très nette progression des conversions à l'Agriculture Biologique. Le territoire a encore besoin de projets d'expérimentation et d'initiatives pilotes pour développer des systèmes de production diver-

sifiés, basés sur les ressources des micro-territoires et sur les savoir-faire ruraux.

Synergie entre lutte contre les espèces exotiques envahissantes et reconquête de friches

Les actions de lutte contre les espèces exotiques envahissantes en espace naturel n'ont de sens à long terme que si elles sont combinées avec des actions de lutte sur les terres agricoles, notamment les friches en lisière d'espace naturel. Mais ces actions de lutte ont un coût élevé pour l'agriculteur. En outre, le besoin de foncier agricole est important et la reconquête des friches difficile, au regard des surfaces concernées.

Le dispositif de Mesure Agro-Environnementale (2007-2013) n'a pas fonctionné. Ce dernier ne semblait pas suffisamment incitatif et en contradiction avec l'arrêté préfectoral des Bonnes Conditions Agro-Environnementale (BCAE). L'action de lutte contre certaines espèces envahissantes étant obligatoire sur les surfaces productives, celle-ci ne peut donc pas être financée au titre des MAE.

Le cas du goyavier interroge également, par son double statut d'espèce envahissante et de fruit dont la filière est en développement. Mais les démarches doivent être poursuivies pour impliquer les agriculteurs dans les actions de lutte contre les espèces exotiques envahissantes, en valorisant ce service environnemental par des aides adaptées (MAEC ou autre dispositifs) et en contrôlant réellement le respect des BCAE.

La volonté de lutter contre l'envahissement biologique peut coïncider fortement avec l'enjeu de la reconquête agricole des friches, actuellement non gérées. L'agroforesterie peut par ailleurs apporter des réponses techniques adaptées à la mise en valeur de ces parcelles aujourd'hui délaissées pour diverses raisons, dont les problématiques d'indivision dans certains cas, mais également de contraintes techniques et réglementaires (accessibilité, pente, coûts d'aménagement, réglementation des défrichements).

Les espèces indigènes sources de développement économique

La mobilisation des propriétaires fonciers pour la mise en œuvre d'actions de restauration, dont une grande partie d'agriculteurs, impose des innovations dans la prise en compte de ces enjeux : valorisation économique des services environnementaux rendus par l'agriculture, dans le cadre de mesures financières incitatives (MAEC ou autres), ou de communication positive sur les pratiques de l'exploitation agricole vis à vis de la biodiversité (marques, labels ...)

Les actions de restauration écologique précédemment citées, génèrent une demande croissante en plants d'espèces

indigènes et en savoir-faire pour leur multiplication. Cette demande pourra générer la création d'entreprise ou de pépinières spécialisées ou la diversification de certaines exploitations agricoles, dans le respect des écotypes et de la traçabilité des plants.

Les plantes aromatiques et médicinales et leurs usages liés à la tradition de la tisannerie, constituent un levier de développement agricole et rural identifié depuis de nombreuses années. La récente inscription à la pharmacopée française de 15 plantes indigènes ou endémiques apporte un cadre réglementaire pour la commercialisation locale ou l'export, et permet d'envisager à court terme leur mise en production. Cette filière représente un potentiel de développement économique adapté aux zones agricoles situées à l'interface avec le milieu naturel et compatible avec les enjeux environnementaux de ces espaces. La pratique de la cueillette mérite encore des réflexions approfondies pour mieux être encadrée techniquement et réglementairement.

Par ailleurs, les apiculteurs sont demandeurs de ressources mellifères indigènes pour produire des miels spécifiques et recherchés, aux qualités organoleptiques particulières et bénéficiant déjà d'une certaine notoriété. La transhumance des ruches vers les forêts a un coût élevé et ne permet pas forcément les résultats techniques escomptés. La production locale ne couvre que 50 % du marché local alors que le territoire est encore exempt des principaux pathogènes. Le potentiel de développement de la filière apicole local est donc important et celle-ci compte sur les ressources mellifères indigènes.

La marque collective « Esprit Parc national » pourra permettre d'appuyer certaines productions agricoles en les démarquant des productions importées et en mettant en avant des modes de production respectueux de l'environnement et de la biodiversité. Dans un premier temps, les systèmes de cultures agroforestiers sont identifiés comme prioritaire pour le déploiement de cette marque.

Vers une expérimentation de l'utilisation des espèces indigènes dans la régulation agroécologique des bioagresseurs

Les réflexions conduites sur la régulation des bio agresseurs dans les parcelles cultivées, dans le cadre des différents projets liés à l'agroécologie récemment conduits ou en cours, n'intègrent encore que très peu la dimension de l'indigène. Il conviendrait pourtant de s'interroger sur le rôle de la biodiversité indigène à l'intérieur et autour des parcelles cultivées, afin de confirmer ou non l'hypothèse d'un retour des insectes indigènes lorsque la végétation indigène est réintroduite, au bénéfice de la régulation des bioagresseurs.

Les réflexions conduites sur la réintroduction de diversité végétale dans les parcelles (bandes fleuries, plantes refuges, plantes pièges...), nécessitent d'intégrer le risque

du potentiel envahissant de ces espèces et mérite d'étudier l'opportunité d'utiliser des espèces végétales indigènes. Ces réflexes devraient s'appliquer également aux introductions et lâchers d'insectes auxiliaires, en étudiant plus en détail les insectes indigènes entomophages ou parasitoïdes et leur potentiel de régulation des ravageurs. Une telle orientation vers la meilleure connaissance des ressources végétales ou animales locales pour favoriser leur utilisation, éviterait à terme d'importer d'ailleurs des espèces pouvant s'avérer envahissantes demain.

Conclusion

Le terme de Biodiversité couvre des notions et des interactions différentes selon l'échelle d'analyse, que l'on se place à l'échelle de la parcelle cultivée, du terroir agricole, du système agraire ou du fonctionnement écologique global

d'une île océanique à fort taux d'endémisme telle que l'île de La Réunion : biodiversité cultivée ou diversité végétale de la parcelle, adventives ou espèces exotiques envahissantes, diversité de l'entomofaune, avec ses auxiliaires et ses nuisibles, diversité génétique intraspécifique, corridors écologiques...

À mesure que les connaissances et les initiatives avancent, scientifiques ou paysannes, les limites évoluent entre espaces et enjeux agricoles et naturels, et dessinent une interface sur laquelle doivent se renforcer des efforts de gestion, d'innovation et d'expérimentation. Le constat des interactions multiples et des interdépendances militent pour le développement des approches croisées et des synergies, pour un développement économique endogène favorable à la préservation de l'environnement et de la nature exceptionnelle de l'île de La Réunion.

Références bibliographiques

- La Charte du parc national de La Réunion, Les Pitons, cirques et remparts au centre d'un projet de territoire; Charte approuvée par le décret n°2014-49 du 21 janvier 2014,
- Baret S., Baider C., Kueffer C., Foxcroft L. C., Lagabrielle E., 2013. Threats to Paradise? Plant invasions in Protected Areas of the Western Indian Ocean Islands. In: Foxcroft L. C., Pyšek P., Richardson D. M., Genovesi P. (eds.), *Plant Invasions in Protected Areas: Patterns, Problems and Challenges*, 423-447. Springer, Dordrecht.
- Baret S., Lavergne C., Fontaine C., Saliman M., Hermann S., Triolo J., Bazil S., Sertier J.-C., Lequette B., Gigord L., Lucas R., Picot F., Muller S., 2012. Une méthodologie concertée pour la sauvegarde des plantes menacées de l'île de La Réunion. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, Supplément 11, 85-100.
- Baret S., Rouget M., Richardson D. M., Lavergne C., Egoh B., Dupont J., Strasberg D., 2006. Current distribution and potential extent of the most invasive alien plant species on La Réunion (Indian Ocean, Mascarene Islands). *Austral Ecology*, 31, 747-758.
- Conservatoire Botanique National de Mascarin (Boullet Coord.), 2010. Index de la flore vasculaire de La Réunion (Trachéophytes): statuts, menaces et protections. <http://flore.cbnm.org>.
- Le Péchon T., Dubuisson J.-Y., Haervermans T., Cruaud C., Couloux A., Gigord L. D. B., 2010. Multiple colonizations from Madagascar and converged acquisition of dioecy in the Mascarene Dombeyoideae (Malvaceae) as inferred from chloroplast and nuclear DNA sequence analyses. *Annals of Botany*, 106, 343-357
- Macdonald I. A. W., Thébaud C., Strahm W. A., Strasberg D., 1991. Effects of alien plant invasions on native vegetation remnants on La Réunion (Mascarene Islands, Indian Ocean). *Environmental Conservation*, 18, 51-61
- Macdonald I. A. W., 2010. Final report on the 2010 resurvey of alien plant invaders on the island of Réunion. Stellenbosch University of Cape Town, Parc national de La Réunion, Université de La Réunion, La Réunion.
- Soubeyran Y., 2008. Espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer. Etat des lieux et recommandations. Collection Planète Nature. Comité français de l'UICN, Paris
- Strasberg D., Rouget M., Richardson D. M., Baret S., Dupont J., Cowling R. M., 2005. An assessment of habitat diversity, transformation and threats to biodiversity on Reunion Island (Mascarene Islands, Indian Ocean) as a basis for conservation planning. *Biodiversity & Conservation*, 14, 3015-3032.
- Thébaud C., Warren B. H., Cheke A. C., Strasberg D., 2009. Mascarene islands, Biology. In: Gillespie R. G., Clague D.A. (eds.), *Encyclopedia of Islands*, 612-619. University of California Press, Berkeley.

> Démarche d'Aménagements Agroécologiques à partir de Plantes Indigènes dans les secteurs horticole, médicinal et mellifère

C. LAVERGNE¹
lgigord@cbnm.org

Résumé

Dans le cadre de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité (SNB - 2012/2020) portée par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, déclinée à La Réunion en Stratégie Réunionnaise pour la Biodiversité (SRB - 2012/2020) elle-même déclinée en Stratégie de Conservation Flore et Habitats (2013/2020), le CBN-CPIE Mascarin a développé depuis 2012 un projet intitulé « Démarche Aménagements Urbains et Plantes Indigènes » (DAUPI) dans ce cadre de l'appel à projet « Conservation et utilisation durable d'espèces végétales indigènes pour développer des filières locales » (SNB - 2012). Ce projet a eu pour objectif d'élaborer, sur la base d'une concertation participative, des outils pour répondre aux attentes des professionnels (collectivités, aménageurs, urbanistes, architecte-paysagistes, pépiniéristes, etc.) en matière de production et d'utilisation d'espèces vé-

gétales indigènes dans les grands projets d'aménagements urbains et péri-urbains. L'intérêt du transfert d'une telle démarche dans le secteur agricole s'est très rapidement imposé comme une évidence au regard des acteurs du monde agricole. Ainsi, des partenaires ont élaboré un projet intitulé « Démarche d'Aménagements Agroécologiques à partir de Plantes Indigènes dans les secteurs horticole, médicinal et mellifère ». Ce projet a pour vocation à identifier des espèces indigènes végétales candidates en matière de valorisation économique dans les secteurs sus-cités et de les produire et les utiliser pour des valorisations agricoles - par exemple de friches et de haies. L'objectif majeur de ce projet est par conséquent de protéger la biodiversité végétale réunionnaise dans ses composantes flore et habitats en la valorisant autant que possible sur le plan économique.

Questions / Réponses

► **A. Reteau** : Quels sont les travaux qui permettent de définir quelles sont les espèces indigènes et quelles sont les espèces envahissantes ?

C. Lavergne : Il existe de nombreux travaux d'étude de la flore indigène et introduite depuis plus de 40 ans. On peut citer l'ouvrage de référence « Flore des Mascareignes » (IRD) mais également de nombreuses thèses sur les espèces exotiques envahissantes à La Réunion. Actuellement, le CBN-CPIE de Mascarin joue le rôle « d'Observatoire » de la flore spontanée de La Réunion, Mayotte et Iles Eparses, basé sur des inventaires réguliers de la flore sur le terrain (voir www.cbnm.org) et notamment la base de données relationnelle *Mascarine Cadetiana*.

1. **CONSERVATOIRE BOTANIQUE NATIONAL DE MASCARIN,**
2 Rue du Père Georges, 97436 Saint-Leu, La Réunion, France

> Indicateurs de biodiversité ordinaire et fonctionnelle : caractériser les liens entre l'état écologique des agroécosystèmes et les régulations biologiques dans les parcelles cultivées

A. CHABERT BADOZ¹ | J.-P. SARTHOU¹
ariane.chabert@toulouse.inra.fr

Résumé

La biodiversité supporte la mise en place de régulations biologiques, tels que la pollinisation et le contrôle des bioagresseurs. Sa conservation est donc un levier majeur dans la gestion des agroécosystèmes, la maîtrise de ces régulations permettant de stabiliser les productions agricoles. Cependant la biodiversité est une entité complexe, appréhendable à diverses échelles et sous différents axes (structure, composition, fonction), elle est également dépendante de la disponibilité et de l'agencement des ressources dans le paysage. Afin d'apprécier la capacité d'un système à assurer ces régulations, il est de ce fait nécessaire de disposer d'outils de pilotages tels que des indicateurs de paysage et de conservation de communautés. À l'échelle européenne, la méthode EBONE et les indicateurs sélectionnés par l'étude BioBio répondent à ce besoin. Cependant, d'autres approches peuvent encore être développées.

Mots-clés : indicateurs, agroécosystèmes, régulations, biodiversité, EPFS, BioBio, Syrphidés

Pourquoi s'intéresser à la biodiversité dans les agroécosystèmes ?

▼ LA BIODIVERSITÉ : UNE ENTITÉ COMPLEXE

La biodiversité (ou diversité biologique, *sensu* Rio 1992) est définie par la convention de Rio comme « la variabilité des organismes vivants de toute origine [...] et les complexes écologiques dont ils font partie, ce qui inclut la diversité au sein des espèces et entre les espèces ainsi que celle des écosystèmes ». Au-delà, de cette définition qui se limite à la composition en « organismes » et « complexes écologiques », la biodiversité peut également être vue selon deux autres axes, proposés par Noss en 1990 : selon la structure des communautés qui la compose et selon les fonctions écologiques assurées par ces organismes (Figure 1).

Il est donc en théorie très difficile de qualifier rapidement la biodiversité dans sa globalité. Classiquement, des indices de diversité sont utilisés. Ils sont basés sur des inventaires d'espèces plus ou moins exhaustifs et reflètent l'abondance de chaque espèce et la richesse en espèces à un endroit donné, ils comprennent aussi parfois l'équitabilité entre les différentes

espèces présentes. Cependant, comme nous le verrons par la suite, ce n'est pas tant la composition mais la structure (pour les paysages) ou les fonctions écologiques de la biodiversité qui sont les plus influents sur les auxiliaires de l'agriculture que sont les pollinisateurs et les ennemis naturels. Les indicateurs utilisés au champ doivent donc être plus complets.

D'un point de vue fondamental, la probabilité de rencontrer dans un même écosystème des espèces assurant des fonctions complémentaires, aussi bien dans le temps que dans l'espace, est d'autant plus grande que le nombre d'espèces présentes (richesse spécifique) est élevé (Loreau *et al.*, 2001). La résilience de l'agroécosystème face aux perturbations et parfois même sa productivité sont ainsi mieux assurées quand la richesse spécifique est élevée (Yachi et Loreau, 1999) du fait d'interactions trophiques (chaînes alimentaires) complexifiées (Thébault et Loreau, 2005).

▼ LA BIODIVERSITÉ DES AGROÉCOSYSTÈMES : UNE OPPORTUNITÉ POUR LES PRODUCTEURS

L'agroécosystème est le produit de la modification d'un écosystème naturel par l'homme. C'est un espace d'interface entre l'homme, ses pratiques et son savoir-faire, et les ressources naturelles. Contrairement aux écosystèmes naturels, les agroécosystèmes ont une orientation productive marquée et l'homme influe sciemment sur les paramètres biotiques et abiotiques du système dans le but d'assurer la stabilité et la qualité du revenu agricole (Figure 2, à gauche). Pour cela, la modernisation agricole a apporté tous les outils nécessaires au contrôle de la fertilisation, des maladies et des ravageurs. Cependant, cette intensification agricole s'est accompagnée d'une simplification des processus écologiques en marche dans les agroécosystèmes, qui sont aujourd'hui moins résilients, ce qui remet en cause leur durabilité. Pourtant, parmi ces processus écologiques, de nombreuses fonctions assurées par la diversité biologique sont bénéfiques à la production agricole et souvent moins coûteuses à préserver.

¹ INRA, UMR AGIR
Chemin de Borde Rouge, BP 52627, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

ver que leur remplacement systématique par des intrants industriels (Figure 2, à droite). Ces bénéfices que l'homme tire de la biodiversité sont aujourd'hui qualifiés de services

écosystémiques (MEA, 2005). Le contrôle biologique des ravageurs par leurs ennemis naturels, et la pollinisation en sont deux exemples.

Figure 1 Les 3 dimensions de la biodiversité et leurs différents niveaux d'organisation [source : Noss, 1990].

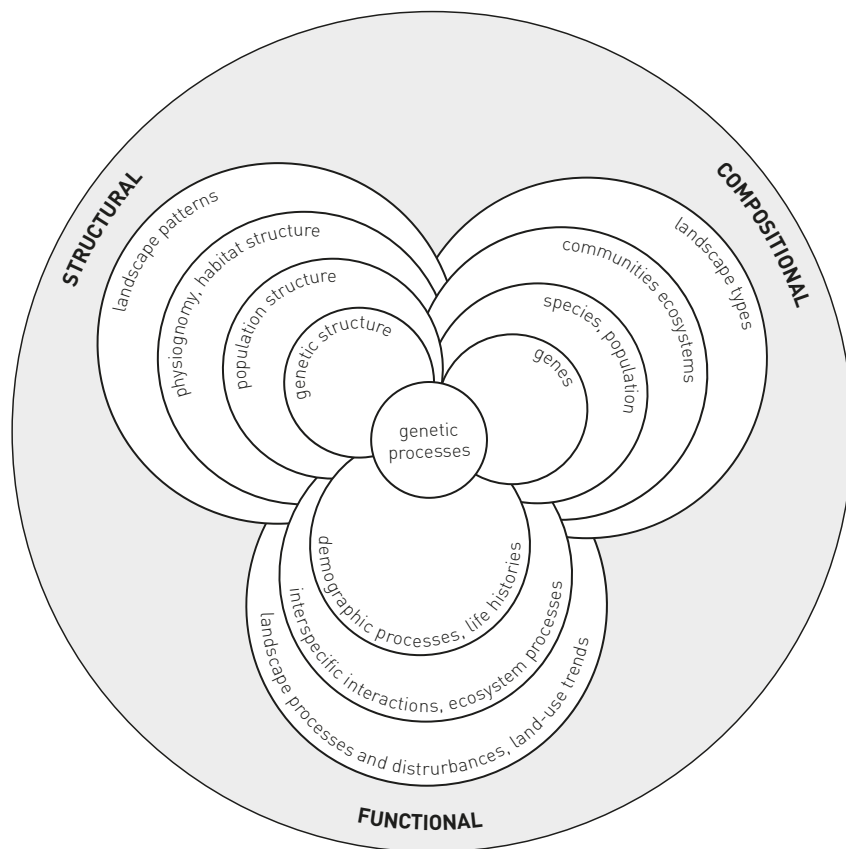
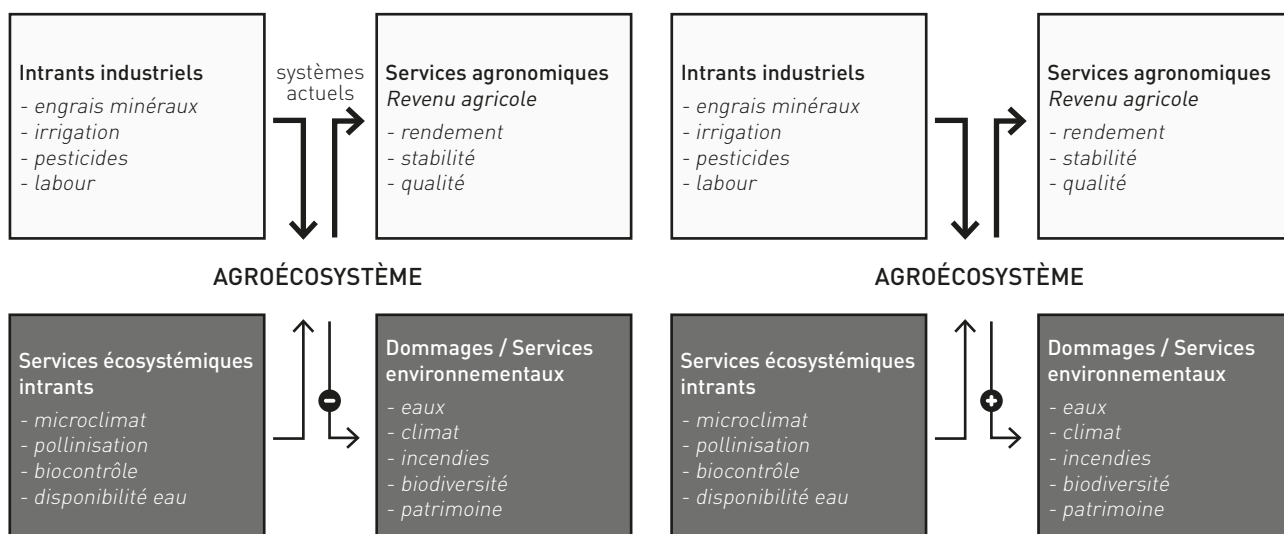


Figure 2 Enjeux des agroécosystèmes, place de la biodiversité et des services écosystémiques dans l'évolution des systèmes agricoles. Biodiversité et Services de Régulation : Importance des pollinisateurs et des ennemis naturels



▼ **BIODIVERSITÉ ET SERVICES DE RÉGULATION :
IMPORTANCE DES POLLINISATEURS ET DES ENNEMIS
NATURELS**

Les bienfaits que tire l'homme de la fonction de pollinisation entomophile, sont évidents et pourtant difficiles à quantifier, notamment pour les plantes sauvages. S'il est possible de chiffrer la part du revenu agricole dépendant de ce service, cela est presque impossible pour la flore sauvage dont les bénéfiques sont indirects (ressources pour les ennemis naturels, patrimoine récréatif ...) bien que tout aussi importants (McCauley, 2006).

Les insectes pollinisateurs sont responsables de la reproduction de 84 % des plantes cultivées pour l'alimentation humaine en Europe, 65 à 70 % au niveau mondial (Williams, 1994), soit en volume, 35 % de la production alimentaire mondiale (Klein *et al.*, 2007). Le coût estimé de la disparition totale des pollinisateurs est de plus de 150 milliards de dollars par an (Gallai *et al.*, 2009 ; Klein *et al.*, 2007). Ces chiffres sont d'autant plus importants que l'agriculture est aujourd'hui de plus en plus dépendante des pollinisateurs (Aizen *et al.*, 2008 ; Weinberger et Lumpkin, 2007). Pour certaines cultures, l'introduction de pollinisateurs domestiques (essentiellement *Apis mellifera* et *Bombus terrestris*), notamment aux Etats-Unis, est même devenu indispensable pour maintenir la pollinisation et les rendements qui en résultent.

Les ennemis naturels des ravageurs des cultures quant à eux, tuent chaque année davantage de ravageurs que ne le font les insecticides. En moyenne, chaque espèce de ravageur possède de 10 à 15 espèces d'ennemis naturels qui participent à son contrôle et leur absence d'une parcelle agricole est presque toujours synonyme d'une augmentation du nombre de ravageurs, avec entre 0,5 et 6 fois plus de ravageurs dénombrés qu'en leur présence (Le Roux *et al.*, 2008). À l'échelle mondiale, ils permettent à eux seuls de réduire de 100 milliards \$ / an (Pimentel *et al.*, 1997) les pertes liées aux ravageurs. Ces chiffres revêtent d'autant plus d'importance que l'on constate une augmentation de la dépendance de l'agriculture mondiale aux insecticides (Zhang *et al.*, 2010).

La simplification et l'intensification des paysages agricoles sont aujourd'hui largement reconnus comme éléments déterminants dans le déclin des ennemis naturels et des pollinisateurs, ainsi que dans celui des services de régulation qu'ils assurent (Biesmeijer *et al.*, 2006 ; Jonsson *et al.*, 2006 ; Tschamntke *et al.*, 2005).

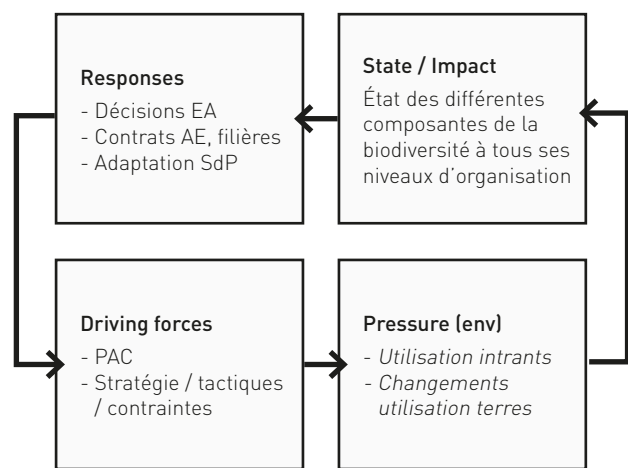
Cadre conceptuel autour des indicateurs

Un indicateur est défini par Bockstaller (2008), chercheur à l'INRA de Colmar, comme une « grandeur qui fournit une information au sujet d'une variable plus difficile d'accès ou d'un système plus complexe, afin d'aider un utilisateur dans son action (prise de décision, construction d'un programme

d'action, modélisation, etc.). Il est basé sur une référence relative (ex : valeur initiale) ou absolue (seuil, norme, etc.) qui lui donne un sens et le différencie d'une valeur brute d'une variable ». Depuis la Convention sur la Diversité Biologique (UNEP/CBD/COP7, 2003) qui listait déjà onze indicateurs globaux permettant de suivre les progrès vers l'objectif d'arrêt de l'érosion de la biodiversité, la recherche d'indicateurs pertinents s'est fortement accélérée en Europe.

Un indicateur doit avoir un certain nombre de qualités et répondre à certains critères, ceux-ci ont été formalisés (EEA, 2007) par une approche conceptuelle : la méthode DPSIR (Driving forces – Pressures – State – Impact – Responses) qui peut aisément être appliquée au cas de la production agricole (Figure 3).

Figure 3 Cadre conceptuel DPSIR appliqué à la production agricole.



Cependant, les indicateurs existants concernent généralement l'un ou l'autre de ces compartiments alors que les gestionnaires recherchent des indicateurs capables de renseigner directement l'ensemble de ces aspects (UNEP/CBD/AHTEG, 2011).

Un indicateur doit donc non seulement aider à détecter des changements au sein de l'agroécosystème mais être aussi en mesure d'éclairer l'utilisateur sur les causes de ces changements. Il doit présenter une relation quantifiable avec la biodiversité tout en restant utilisable en routine (Balmford *et al.*, 2005). Il doit donc être simple et sensible, même à de faibles variations, à une large gamme de facteurs et répondre de manière précoce, prédictible et constante à un même facteur (Dale et Beyeler, 2001). Afin de répondre à l'ensemble de ces critères, un indicateur peut être l'agrégation de sous-indicateurs qui sont alors non corrélés entre eux et évaluant des processus indépendants (Duelli et Obrist, 2003).

De nombreux indicateurs sont ainsi basés sur un ensemble d'espèces dites indicatrices (ou bioindicateurs). Cependant, tout indicateur mettant en jeu un organisme vivant n'est pas nécessairement un indicateur de biodiversité. Duelli

et Obrist (2003) distinguent ainsi les indicateurs « FROM biodiversity » qui renseignent le niveau de biodiversité, de ceux « FOR biodiversity » qui rendent compte d'un état environnemental mettant en jeu une variable éventuellement abiotique comme un polluant ou le changement climatique. Ils soulignent également qu'un ensemble d'espèces indicatrices doit permettre d'évaluer trois « valeurs écologiques » des écosystèmes : la conservation (préservation d'espèces rares ou menacées), la résilience et la capacité de contrôle biologique. Cependant, mises en regard avec la description de la biodiversité par Noss (1990) (Figure 1), ces trois valeurs ne recouvrent qu'en partie la complexité de la biodiversité. D'autres auteurs distinguent les indicateurs en fonction de leur usage, les indicateurs dits « soft » étant pertinents pour l'action mais souvent moins précis sur les processus et les indicateurs « hard » étant quant à eux plus informatifs et précis sur les processus mais moins pertinents pour orienter l'action.

Quels indicateurs pour le pilotage des agroécosystèmes ?

▼ DES INDICATEURS DANS LA CHAÎNE EPFS ET DANS LES DIFFÉRENTS COMPARTIMENTS DE L'AGROÉCOSYSTÈME

Dans le cas des agroécosystèmes, les indicateurs de biodiversité doivent servir à une gestion appropriée du système afin de préserver les services écosystémiques d'intérêt au sein de la parcelle cultivée. Cependant, le lien entre la biodiversité et ces services n'est pas direct et peut être envisagé sous forme d'une chaîne à quatre niveaux : Entité biologique, Processus écologique, Fonction écologique et Service écosystémique (Chaîne EPFS). L'objectif de la gestion agroécologique des paysages agricoles est de favoriser l'expression de services au sein de la parcelle cultivée afin de les substituer aux intrants industriels. Pour cela, le gestionnaire n'est en mesure que de piloter l'environnement des Entités biologiques, en début de chaîne. Il doit donc disposer d'indicateurs reflétant plusieurs niveaux de la chaîne EPFS afin d'évaluer l'impact de ses décisions sur l'AES, et ce pour les différents compartiments de l'agroécosystème, tant verticaux (hypogé, épigé et aérien) qu'horizontaux (différents habitats cultivés et semi-naturels). De plus, la chaîne EPFS est à la fois multifonctionnelle et multifactorielle, c'est-à-dire que les relations entre chaque élément de la chaîne est de type « plusieurs à plusieurs » et ce dans les deux sens. Ainsi, un indicateur d'Entité biologique peut informer sur plusieurs Services écosystémiques, et inversement, un seul service peut résulter de plusieurs indicateurs d'Entité.

S'il est possible d'envisager un méta-indicateur, agrégation de N indicateurs représentatifs de différents éléments de la chaîne et des différents compartiments, cela va à l'encontre de la simplicité nécessaire à l'utilisation en routine d'un tel outil. De plus, du fait des relations étroites entre chaque niveau de la chaîne, les sous-indicateurs ne répondront certainement pas au critère de non-corrélation. L'accent

est aujourd'hui mis sur des indicateurs de début de chaîne (indicateurs de biodiversité), facilement compris et utilisables par le plus grand nombre et pourtant très peu exploités par les gestionnaires. Il s'agit notamment d'indicateurs reposant sur l'analyse du paysage (sur lequel la gestion peut avoir un impact direct) et de communautés indicatrices de l'état fonctionnel de l'écosystème.

▼ INDICATEURS DE PAYSAGE : OUTILS DE PILOTAGE DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DE RÉGULATION

Par la gestion des habitats semi-naturels mais également par les choix de pratiques agricoles mises en place dans les espaces cultivés, l'homme a une réelle emprise sur le paysage et sur sa qualité, notamment en termes de niveau de maintien des services de régulation. De plus, les espèces animales inféodées aux parcelles agricoles ont pour leur grande majorité besoin, à un moment de leur cycle de vie, de sortir de la parcelle pour trouver différentes ressources. Si seulement un ravageur sur deux présente cette caractéristique, c'est 90 % des espèces d'auxiliaires qui trouvent refuge dans les habitats semi-naturels pour passer l'hiver (ou parfois l'été) ou l'alimentation nécessaire à certaines phases de leur vie. De plus, les cultures annuelles font l'objet de rotations, ajoutant une dimension temporelle au maintien d'auxiliaires. Si la structure du paysage influence donc potentiellement les mouvements de ravageurs entre ces différents habitats, elle est bien davantage encore importante pour la dynamique spatiale et temporelle de leurs ennemis naturels. La présence de corridors (types bandes enherbées, prairies, ripisylves...) facilite l'accès pour ces derniers aux parcelles cultivées. Au contraire, de grandes parcelles dépourvues de tels milieux semi-naturels alentour auront un effet d'inhibition vis-à-vis des auxiliaires, zoophages comme pollinisateurs.

Le projet européen EBONE (European Biodiversity Observation Network) mené de 2008 à 2012 a mis au point une méthode standardisée à l'échelle européenne pour l'observation de la biodiversité. Cette méthode met l'accent sur les informations liées aux habitats. Elle fournit ainsi un protocole détaillé et unique sur la façon de recenser les habitats à l'échelle européenne ainsi qu'une liste de 130 catégories générales d'habitats à répertoire, qu'ils soient cultivés ou semi-naturels, surfaciques, linéaires ou même ponctuels (Bunce *et al.*, 2008).

▼ INDICATEURS DE CONSERVATION DES COMMUNAUTÉS, VERS UNE UNIFORMITÉ EUROPÉENNE

Dans cette même logique de standardisation à l'échelle européenne, le projet BioBio, consortium de 14 pays (dont 3 hors UE), mené de 2009 à 2012, a eu pour objectif la sélection d'indicateurs pertinents pour l'orientation et l'évaluation des politiques publiques dans les agroécosystèmes. Les indicateurs retenus par BioBio se doivent d'être : i) scientifiquement fondés (cf. ce qui précède), ii) génériques à l'échelle

européenne et surtout iii) pertinents et utiles pour les parties prenantes (agriculteurs, gestionnaires, décideurs...). Ainsi, après une pré-sélection par les scientifiques et experts de tous les pays suivie d'audits auprès des parties prenantes, 23 indicateurs ont été sélectionnés. Pour moitié indirects (enquêtes auprès des agriculteurs), ces indicateurs reflètent tantôt les caractéristiques plutôt agronomiques (diversité génétiques des espèces domestiques, pratiques agricoles), tantôt les caractéristiques écologiques de l'exploitation via des indicateurs d'habitats (issus de la méthode EBONE) et des indicateurs de biodiversité. Replacé dans le cadre conceptuel DPSIR, certains de ces indicateurs correspondent donc à des indicateurs de Pression/Réponse (indicateurs de pratiques) tandis que les autres sont des indicateurs d'Etat (« State »). Ces indicateurs ont ensuite été testés dans plus de 200 exploitations agricoles réparties sur les 14 pays du consortium. Il en résulte que s'il existe parfois quelques corrélations entre ces indicateurs dans certains cas d'études, il est cependant préférable de conserver ces 23 indicateurs qui apportent tous une information complémentaire. C'est notamment le cas des indicateurs de biodiversité qui se concentrent sur l'étude de quatre groupes bioindicateurs : les plantes (production primaire), les abeilles (pollinisation), les araignées (prédation) et les vers de terre (ingénieurs du sol). Est ainsi née une méthode, standardisée à l'échelle européenne, comprenant une batterie d'indicateurs optimisés pour l'étude de la biodiversité des agroécosystèmes et de sa relation avec les pratiques agricoles (méthode disponible : <http://www.biobio-indicator.org>).

Vers de nouveaux indicateurs, plus intégratifs

▼ INDICE D'INTÉGRITÉ ÉCOLOGIQUE DES AGROÉCOSYSTÈMES

D'autres méthodes sont encore à envisager pour avoir une vision encore plus synthétique de la biodiversité fonctionnelle des agroécosystèmes. En effet, si les méthodes précédentes ont le gros avantage d'avoir été éprouvées à large échelle et être donc applicables dès à présent dans de nombreux pays et de manière homogène, elles sont néanmoins assez lourdes à mettre en place et demandent une (voire des) expertise(s) notamment pour l'identification des quatre groupes d'espèces retenus dans BioBio. Pour le cas d'étude français de BioBio, un autre groupe indicateur a été comparé aux quatre autres et s'est révélé donner des résultats surprenants, comparables à ceux obtenus avec les quatre autres groupes simultanément : les Diptères Syrphidés (article en préparation). Ces jolies

mouches aux allures d'abeilles ou de guêpes ont déjà fait leurs preuves dans des études purement écologiques et un indicateur « d'intégrité des écosystèmes » a été mis au point à partir de piégeages de ces insectes et de relevés d'habitats (Speight *et al.*, 2007). Ces insectes présentent en effet la particularité d'occuper la quasi-totalité des habitats terrestres et une base de donnée régulièrement mise à jour (Syrph the Net, Castella et Sarthou, 2013) recense plus de 900 espèces européennes, ainsi que leurs habitats de prédilection, leurs aires de répartition et leurs principaux traits de vie. Il est ainsi possible, à partir du recensement des habitats présents sur un site d'étude de prédire les espèces qui devraient être présentes si l'écosystème était parfaitement conservé (valeur de référence). L'écart entre ces espèces prédites et les espèces observées par une méthode de piégeage standardisée (pièges d'interceptions), nous informe ainsi sur : i) la perte de biodiversité de l'écosystème (espèces observées/prédites), ii) d'éventuels habitats « inactifs » ou en mauvais état écologique (les espèces liées à ces habitats sont prédites mais non observées) et iii) d'éventuels habitats non recensés mais accueillant des espèces rares (espèces « inattendues » : observées mais non prédites) et donc à préserver.

▼ VERS DES INDICES PLUS SIMPLES, EXEMPLE DE L'INDICE D'ANTHROPISATION DES AGROÉCOSYSTÈMES

L'indice d'intégrité écologique présenté précédemment est un outil très puissant et complet pour le suivi d'écosystèmes naturels, il a cependant rarement été utilisé dans le cas de l'étude des agroécosystèmes. Pourtant les Syrphes, par leurs caractéristiques écologiques et grâce à l'existence de la base de données Syrph the Net, présentent un très gros potentiel comme bioindicateurs et d'autres usages sont encore à développer. Une piste en cours d'exploration serait de ne plus identifier la totalité des espèces de syrphes capturées (travail d'expert) mais de se concentrer à l'identification de certaines espèces très ubiquistes, favorisées par les activités humaines et donc très abondantes dans les milieux perturbés (anthropisés). Les autres espèces de syrphes ne seraient alors plus identifiées mais triées en groupe d'espèces morphologiquement semblables sans chercher à leur donner un nom (morpho-espèces). Ce travail a ainsi l'avantage de pouvoir être réalisé rapidement et en routine par un non-expert rapidement formé à l'identification des ubiquistes (sept espèces retenues, article en préparation). Le rapport entre les espèces ubiquistes et les autres morpho-espèces nous informe alors sur le déséquilibre créé par l'homme dans l'écosystème étudié.

Quelle est la pertinence d'indicateurs de biodiversité pour le pilotage des agroécosystèmes ?

S'il est en théorie justifié de se concentrer sur des indicateurs d'Entités biologiques (chaîne EPFS) pour faciliter les prises de décisions de pilotage des agroécosystèmes, la corrélation entre ces indicateurs et les indicateurs de Service (en bout

de chaîne) a été peu démontrée en pratique et jamais sur un grand nombre de services simultanément. Un projet est actuellement mené à l'INRA de Toulouse (projet SERAC, Services de Régulation en Agriculture de Conservation) visant à

comparer différents indicateurs s'inscrivant dans plusieurs niveaux de la chaîne EPFS et pour différents services de régulation dans les agroécosystèmes. Ce projet a pour but la sélection d'indicateurs les plus simples et rapides pour l'évaluation de l'effet des pratiques agricoles sur les régula-

tions étudiés en les testant directement sur des exploitations agricoles aux pratiques variées : en agriculture biologique ou conventionnelle, en labour profond, en travail simplifié, en semis direct permanent sous couvert végétal ...

Références bibliographiques

- Aizen M. A., Garibaldi L. A., Cunningham S. A., Klein A. M., 2008. Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Current Biology*, 18, 1572-1575.
- Balmford A., Crane P., Dobson A., Green R. E., Mace G. M., 2005. The 2010 challenge: Data availability, information needs and extraterrestrial insights. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 360, 221-228.
- Biesmeijer J. C., Roberts S. P. M., Reemer M., Ohlemüller R., Edwards M., Peeters T., Schaffers A. P., Potts S. G., Kleukers R., Thomas C. D., Settele J., Kunin W. E., 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313, 351-354.
- Bockstaller C., 2008. Les indicateurs de durabilité, du choix au tableau de bord, in: Colloque de Restitution du Projet OPTA. Lyon, France.
- Bunce R. G. H., Metzger M. J., Jongman J., Brandt J., de Blust G., Elena-Rossello R., Groom G. B., Halada L., Hofer G., Howard D. C., Kovar P., Múcher C.A., Padoa-Schioppa E., Paelinx D., Palo A., Perez-Soba M., Ramos I. L., Roche P., Skanes H., Wrbka T., 2008. A standardized procedure for surveillance and monitoring European habitats and provision of spatial data. *Landscape Ecology*, 23, 11-25.
- Castella E., Sarthou J.-P., 2013. Syrph the Net on CD, Issue 9. The database of European Syrphidae. In: Speight M. C. D., Castella E., Sarthou J.-P., Vanappelghem C. (eds.), Syrph the Net Publication. Dublin, Ireland.
- Dale V. H., Beyeler S. C., 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1, 3-10.
- Duelli P., Obrist M. K., 2003. Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98, 87-98.
- EEA, 2007. Halting the loss of biodiversity by 2010: proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe, in: European Environment Agency.
- Feld C. K., Sousa J. P., da Silva P. M., Dawson T. P., 2010. Indicators for biodiversity and ecosystem services: towards an improved framework for ecosystems assessment. *Biodiversity and Conservation*, 19, 2895-2919.
- Gallai N., Salles J.-M., Settele J., Vaissière B. E., 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68, 810-821.
- Jonsson M., Buckley H. L., Case B. S., Wratten S. D., Hale R. J., Didham R. K., 2012. Agricultural intensification drives landscape-context effects on host-parasitoid interactions in agroecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 49, 706-714.
- Klein A.-M., Vaissière B. E., Cane J. H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S. A., Kremen C., Tscharntke T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 274, 303-313.
- Le Roux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou J. P., Trommetter M., 2008. Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective.
- Loreau M., Naeem S., Inchausti P., Bengtsson J., Grime J. P., Hector A., Hooper D. U., Huston M. A., Raffaelli D., Schmid B., Tilman D., Wardle D. A., 2001. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges. *Science*, 294, 804-808.
- McCauley D. J., 2006. Selling out on nature. *Nature*, 443, 27-28.
- MEA, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. The Millennium Ecosystem Assessment. Noss R. F., 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4, 355-364.
- Noss, R. F., 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4, 355-364.
- Pimentel D., Christa W., McCullum C., Huang R., Dwen P., Flack J., Tran Q., Saltman T., Cliff B., 1997. Economic and Environmental Benefits of Biodiversity. *Bioscience*, 47, 747-757.
- Speight M. C. D., Sarthou V., Sarthou J.-P., Castella E., 2007. Le syrphé, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité - Des insectes comme outils d'analyse et de gestion des réserves naturelles de Haute-Savoie. Asters, Conservatoire des Espaces Naturels de Haute-Savoie.

- Thébault E., Loreau M., 2005. Trophic Interactions and the Relationship between Species Diversity and Ecosystem Stability. *The American Naturalist*, 166, 95-114.
- Tscharntke T., Klein A. M., Kruess A., Steffan-Dewenter I., Thies C., 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8, 857-874.
- UNEP/CBD/AHTEG, 2011. Streamlining European Biodiversity Indicators - lessons learned from a regional process, in: Ad Hoc Technical Expert Group Meeting on Indicators for the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020. High Wycombe, United Kingdom.
- UNEP/CBD/COP7, 2003. Implementation of the strategical plan: evaluation of progress towards the 2010 biodiversity target: development of specific targets, indicators and a reporting framework, in: 7th Meet. Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice to the Convention on Biological Diversity. Kuala Lumpur.
- Weinberger K., Lumpkin T. A., 2007. Diversification into horticulture and poverty reduction: a research agenda. *World Development*, 35, 1464-1480.
- Williams I. H., 1994. The dependences of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agricultural Zoology Reviews*, 6, 229-257.
- Yachi S., Loreau M., 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96, 1463-1468.
- Zhang Y., Sing S., Bakshi B. R., 2010. Accounting for Ecosystem Services in Life Cycle Assessment, Part I: A Critical Review. *Environmental Science and Technology*, 44, 2232-2242.

Questions / Réponses

► **L. Le Jeanne** : Les indicateurs sélectionnés en Europe sont-ils transposables à La Réunion ?

A. Chabert : La « transposabilité » est une volonté affichée du projet. La batterie d'indicateurs a été testée dans 14 pays européens et quelques études de cas hors Europe. En théorie, ils sont donc applicables à La Réunion, tout du moins en partie.

► **C. Gloanec** : Pouvez-vous définir la prédation intraguilde ?

A. Chabert : Parmi les prédateurs, tous ne se limitent pas à la consommation d'herbivores (niveau trophique inférieur) ; certains, plutôt généralistes, sont en effet des prédateurs de prédateurs : c'est la prédation intraguilde. La présence d'une forte prédation intraguilde risque d'affaiblir ce niveau trophique, ce qui, en cascade, favorise les herbivores et affaiblit les cultures.

► **B. Reynaud** : Comment évaluer le « *trade off* » entre augmentation de la biodiversité et « impact fonctionnel » car une augmentation de la biodiversité n'implique pas obligatoirement une augmentation de la prédation sur les ravageurs clés ?

A. Chabert : C'est la grande question de ma thèse. On cherche au maximum à mesurer « simplement » le niveau effectif des fonctions écologiques responsables du service étudié (contrôle des ravageurs du blé ici). On compare ensuite l'état de la biodiversité à ces niveaux de fonctions pour tenter de répondre à cette question. Un projet PSPE (CASIMIR) est en cours pour développer des protocoles simples et utilisables en routine pour le suivi des arthropodes bénéfiques, les ravageurs et les fonctions écologiques en jeu lors du biocontrôle.

> Protection agroécologique des cultures et gestion de la biodiversité

J.-P. DEGUINE¹ | A. RATNADASS² | M. JACQUOT¹
jean-philippe.deguine@cirad.fr

Résumé

L'enjeu de la protection des cultures est aujourd'hui de passer d'une démarche curative à base agrochimique à une démarche de prévention des dommages occasionnés par les ennemis des cultures, basée sur un fonctionnement écologique plus équilibré et durable des agrosystèmes. Cette approche s'appuie sur une gestion agroécologique des communautés végétales et animales, à des échelles de temps, d'espace et de gestion élargies. Cet article rappelle d'abord les bases de l'agroécologie et sa déclinaison à la protection des cultures, à travers le concept de « protection agroécologique des cultures ». Celui-ci s'appuie sur trois piliers : la prophylaxie, la lutte biologique de conservation et la gestion des habitats, favorisant le rôle de la biodiversité

fonctionnelle dans les agroécosystèmes. L'impact positif de la protection agroécologique des cultures est montré à travers les retours d'expériences de deux projets de Recherche & Développement qui se sont déroulés à La Réunion, en culture maraîchère (GAMOUR) et en culture fruitière (Biophyto). L'effet de la protection agroécologique des cultures sur la biodiversité fonctionnelle est illustré par quelques exemples dans les agroécosystèmes à base de manguiers à La Réunion.

Mots-clés : agroécologie, protection agroécologique des cultures, lutte biologique de conservation, GAMOUR, Biophyto, biodiversité fonctionnelle

L'agroécologie

Le modèle chimique est actuellement dominant dans nos pratiques agricoles de protection des cultures, même si l'on peut souligner que les orientations réglementaires semblent aller dans le bon sens. Par exemple, le Plan ÉCOPHYTO 2018 ambitionne la réduction par deux des pesticides utilisés en France. Cette orientation témoigne d'une prise de conscience : la notion de durabilité est indispensable en protection des cultures. Ce qui amène à des innovations de rupture dans la gestion de nos systèmes de culture. Aujourd'hui, deux grands modèles s'offrent à nous pour révolutionner notre conception de l'agriculture : l'ingénierie génétique et l'ingénierie agroécologique.

Concevoir que l'agriculture puisse être considérée comme un domaine d'application de l'écologie a longtemps heurté certains esprits. Pourtant, dès 1967, Hénin (1967) définissait l'agronomie, science fondatrice s'il en est, comme « une écologie appliquée à la production des peuplements de plantes cultivées et à l'aménagement des terrains agricoles ». Les activités agricoles ne sont d'ailleurs pas exclues dans l'esprit de la définition originale de l'écologie de Haeckel en 1866 : « *the study of the natural environment including the relations of organisms to one another and to their surroundings* ».

On peut regrouper sous le terme d'agroécologie plusieurs approches. Tout d'abord, il s'agit d'un ensemble de techniques agricoles comme les Systèmes sous Couvert Végétal (SCV), les semis directs... Plus généralement le terme peut désigner un mode de développement agricole général, préconisé par l'ONU, à partir de ces techniques (rapport de Schutter). L'agroécologie désigne ensuite un courant de pensée qui se décline en

environnementalisme, agriculture paysanne, développement rural... etc. C'est aussi actuellement une initiative politique, avec le plan national Agroécologie pour la France prônée par le Ministère de l'agriculture. Mais l'agroécologie qui nous intéresse dans le présent chapitre est l'agroécologie en termes de discipline scientifique, telle que définie par Dalgaard *et al.* (2003) : l'étude des interactions entre plantes, animaux, homme et environnement à l'intérieur des agroécosystèmes. En tant que discipline scientifique, elle obéit à des normes précises (Merton, 1973). C'est une discipline holistique et intégrative, à l'interface entre écologie et agronomie. Elle intègre également les apports des sciences économiques et sociales, tout en incluant des références aux insuffisances des autres domaines scientifiques préexistants. En tant que science, l'agroécologie est enseignée en Europe et en Amérique du Nord.

La conception agroécologique d'un système de culture (ou agroécosystème) s'appuie sur deux axes directeurs principaux que sont la santé des sols et le maintien de la biodiversité locale. Ces deux éléments clés assurent la dynamique de l'ensemble et donc sa pérennité sur le long terme. Les principes fondamentaux de l'agroécologie permettent cette approche durable. L'activité humaine (l'agriculture) est considérée comme une perturbation nécessaire de l'écosystème naturel. Synthé-

-
1. CIRAD
UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France
 2. CIRAD
UR HortSys, F-34398 Montpellier, France

tiquement, l'action agroécologique, concerté et réfléchi, a pour objectif de minimiser l'impact de cette perturbation en préservant ou en restaurant les équilibres biodynamiques qui régissent la durabilité de l'agroécosystème.

Application de l'agroécologie à la protection des cultures

L'évolution de la protection des cultures a été décrite par de nombreux auteurs (Van Lenteren *et al.*, 1992 ; Pimentel 2002 ; Norris *et al.*, 2003 ; Horowitz et Ishaaya, 2004 ; Deguine *et al.*, 2008). Cette évolution a été réalisée par l'émergence de différents concepts dont le plus emblématique est certainement la Protection Intégrée des Cultures (« Integrated Pest Management » en anglais ; Ehler et Bottrell, 2000 ; Koul *et al.*, 2004 ; Elher, 2006). Depuis les dernières décennies du 20^{ème} siècle, une tendance forte a conduit les chercheurs et les praticiens à des techniques à réduire l'utilisation des pesticides chimiques, notamment à cause de ses conséquences négatives (sur l'environnement et sur la santé notamment) ainsi que de ses inconvénients (coût élevé, baisse d'efficacité). Cette réduction de l'utilisation des produits agropharmaceutiques s'est accompagnée a contrario, par l'essor de solutions écologiques, basées sur les bases scientifiques de l'écologie.

De nombreux auteurs font mention d'une succession de paradigmes pour caractériser l'évolution de la protection des cultures depuis plus d'un siècle (Zadocks, 1991 ; Thiault *et al.*, 1992 ; Sankaram, 1999 ; Ehler, 2006 ; Deguine *et al.*, 2008 and 2009 ; Ricci *et al.*, 2011). La déclinaison de l'agroécologie à la protection des cultures est abordée depuis le début des années 2000 par Landis *et al.* (2000), Gurr *et al.* (2004), Nicholls et Altieri (2004 et 2007), Ferron et Deguine (2005), Deguine *et al.* (2009) et repose sur deux axes : i) incorporation de diversité végétale dans le temps et dans l'espace (qui s'appelle alors gestion des habitats *sensu lato*) ; ii) amélioration de la qualité des sols (matière organique, fonctionnement biologique), consistant en des pratiques culturales durables sur le plan écologique et défavorables au développement des bioagresseurs. La gestion à long terme des populations des ennemis des cultures passe donc par une gestion harmonieuse, concertée et cohérente, de la biodiversité et de la matière organique. Ceci revient à harmoniser la gestion de la santé du sol et de la santé des plantes dans les agroécosystèmes. Dans le cas de la gestion des ravageurs, on cherche ainsi à optimiser les interactions entre les arthropodes (ravageurs, prédateurs, parasitoïdes, pollinisateurs) et les communautés végétales (cultivées ou non, dans ou en dehors de l'agroécosystème) sur lesquelles ils vivent (Altieri et Nicholls, 2012).

Le rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des agroécosystèmes

Le fonctionnement des agroécosystèmes, gage de la fourniture de différents services (approvisionnement en alimentation et matières premières, contrôle des maladies et des organismes nuisibles, pollinisation ou encore régulation du

climat) est assuré par la diversité des espèces qui y coexistent et interagissent (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). En effet, la richesse spécifique, somme des espèces au sein d'une communauté, est corrélée positivement à la probabilité qu'elles aient des traits et des fonctions complémentaires dans l'espace ou le temps (Loreau *et al.*, 2001). La biodiversité contribue ainsi à la productivité et la stabilité des écosystèmes (Yachi et Loreau, 1999). La biodiversité induit également la complexification des interactions trophiques, qui augmente, outre la stabilité des processus écosystémiques, leur productivité moyenne (Thébault et Loreau 2005).

Dans les écosystèmes cultivés, ou agroécosystèmes comme les définit Harper (1974), les menaces anthropiques sont accentuées et altèrent le rôle de la biodiversité dans les services qu'elle rend (Wilson, 2002). L'implantation d'une seule espèce végétale cultivée et l'utilisation d'intrants chimiques et énergétiques sont à l'origine de destructions d'habitats et de pollutions (Andow, 1983). La gestion agrochimique des productions végétales montre ainsi ses limites : inefficacité dans le contrôle des bioagresseurs, altération des propriétés physicochimiques du sol et effets négatifs sur l'environnement. Il devient donc nécessaire de concevoir des systèmes de cultures favorisant la biodiversité, pour qu'elle contribue à assurer, comme dans les écosystèmes naturels, ses différents services et notamment la productivité des agroécosystèmes (Gurr *et al.*, 2003 ; Altieri et Nicholls, 2004 ; New, 2005 ; Jarvis *et al.*, 2006). La démarche de protection agroécologique des cultures répond à cet enjeu, en s'appuyant en premier lieu sur la lutte biologique de conservation qui vise à favoriser l'abondance et la diversité des ennemis naturels des ravageurs et des pollinisateurs dans les agroécosystèmes et à supprimer toutes les mesures qui leur seraient défavorables (Eilenberg *et al.*, 2001 ; Deguine et Ratnadass, 2013 ; Nicholls et Altieri, 2013). La démarche s'appuie aussi sur des techniques de Protection intégrée des cultures, comme le contrôle cultural, levier significatif de gestion des bioagresseurs : adaptation des pratiques agricoles dont l'objectif premier n'est pas la protection des cultures, comme le travail du sol, la succession des cultures, la date et la densité de semis, la fertilisation, les couvertures végétales au sol. Elle s'appuie de même sur l'utilisation de variété moins sensibles ou tolérantes ou la lutte physique.

La gestion de la richesse et la composition des communautés dans les agroécosystèmes nécessite, notamment, la prise en considération de l'ensemble des facteurs anthropiques qui peuvent les influencer directement ou indirectement (Aviron *et al.*, 2005 ; Clough *et al.*, 2005 ; Elliott *et al.*, 1998 ; Weibull *et al.*, 2003 ; Woodcock *et al.*, 2010 ; Batáry *et al.*, 2012). Thompson *et al.* (2012) soulignent l'importance des facteurs écosystémiques et paysagers sur la diversité des groupes fonctionnels. Parmi ces facteurs, on peut citer la nature des espèces concernées (Holway *et al.*, 2002), les relations entre les différents niveaux trophiques (Scherber *et al.*, 2010), les différents types de pratiques culturales et phytosanitaires (Cole *et al.*, 2002 ; Prieto-Benítez et Méndez, 2011) ou encore l'effet du paysage (Tscharrntke *et al.*, 2005 ; Bianchi *et al.*, 2006).

La Protection agroécologique des cultures : définition et stratégie

Deguine *et al.* (2009) donnent une définition de la protection agroécologique des cultures. C'est un système de protection des cultures qui repose sur les bases scientifiques de l'agroécologie. En privilégiant les mesures préventives, il vise à établir des équilibres bioécologiques entre des communautés animales et végétales au sein d'un agroécosystème, dans le but de prévenir ou de réduire les risques d'infestations, ou de pullulations de bioagresseurs. Parmi les techniques classiques mobilisées dans le cadre de la protection intégrée, l'accent est mis sur l'optimisation des pratiques culturales et les modalités de gestion des peuplements végétaux favorisant le maintien ou la création d'habitats favorables à la faune utile indigène et/ou défavorables à la faune. La protection agroécologique associe la gestion de peuplements végétaux (cultures et plantes non cultivées aux abords des parcelles comme dans l'agroécosystème en son entier) à celle de peuplements animaux tels que ravageurs, auxiliaires divers et pollinisateurs. Il est en effet connu que dans les agroécosystèmes diversifiés, il y a moins de ravageurs généralistes ou spécialisés et qu'il y a plus d'auxiliaires.

La protection agroécologique des cultures implique donc une action concertée entre les acteurs concernés, notamment les agriculteurs et les autres gestionnaires du territoire. Comme en protection intégrée, la mise en œuvre de techniques curatives ne peut être envisagée qu'en dernier recours et seulement en cas d'absolue nécessité, sous réserve de mettre en œuvre des moyens compatibles avec le respect du fonctionnement des groupes biologiques fonctionnels assurant la fourniture de services écologiques. Le devenir des pesticides paraît d'ailleurs à terme limité, du moins dans leur composition actuelle, à l'image de nombre d'entre eux déjà soumis à des restrictions d'usage environnementales et toxicologiques croissantes. Suivant ce concept, la prophylaxie, via le contrôle cultural notamment la gestion des habitats et la lutte biologique sont des composantes principales de la protection des cultures, au sein de laquelle elles retrouvent pleinement leur pertinence et leur efficacité.

Sur la base de cette approche agroécologique, Deguine *et al.* (2009) proposent une stratégie phytosanitaire adaptée à la gestion durable des agroécosystèmes. Dans cette approche, l'étape essentielle, chronologiquement après le respect des mesures réglementaires et avant d'envisager des techniques curatives, porte sur la mise en œuvre prioritaire de mesures préventives par la gestion des peuplements végétaux (cultivés ou non) : i) cultiver des plantes saines et assurer une bonne santé du sol : prophylaxie, utilisation de variétés adaptées, succession des cultures et assolements, itinéraires techniques : semis (sous couverture végétale avec un travail minimal du sol notamment), gestion de l'enherbement, fertilisation et irrigation raisonnées, amendements organiques ; ii) réduire les populations de bioagresseurs et augmenter celles des auxiliaires (au niveau de la parcelle, de ses alentours, de l'exploitation et de l'agroécosystème dans son ensemble) : cultures ou plantes pièges, implantation de zones

refuges, associations et cultures intercalaires, technique de push-pull, gestion des bords de parcelles, aménagement de structures de compensation écologique (corridors, haies, bandes herbacées et fleuries, etc.), techniques d'incorporation de diversité végétale ; iii) favoriser la mise en œuvre de pratiques concertées, dans le temps comme dans l'espace, au sein des agroécosystèmes.

Par ailleurs, la protection agroécologique des cultures est systématiquement considérée à différentes échelles spatio-temporelles, allant des pratiques agronomiques locales jusqu'à l'intégration dans le paysage, ce qui se rapproche, pour cet aspect, du concept d'Area-Wide Pest Management et ce qui est très lié à l'écologie du paysage. C'est une des raisons qui font que l'évaluation de l'efficacité de la protection agroécologique des cultures ne peut être réalisée qu'en milieu producteur et sur de grandes surfaces.

La lutte biologique de conservation

On dénomme lutte biologique l'utilisation d'organismes vivants, ou de leurs produits, pour empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés par des organismes nuisibles. Parmi les moyens biologiques mis à la disposition des praticiens, on identifie donc aussi bien des organismes vivants (acariens, insectes, nématodes, bactéries champignons et virus) que des substances actives qui en sont extraites (pyrèthre, roténone) ou qui en sont des analogues de synthèse (phéromones). On distingue 3 types de lutte biologique : a) la lutte biologique classique comprend l'identification d'ennemis naturels indigènes et exotiques, l'importation et lâchers d'ennemis naturels exotiques, l'évaluation des capacités des ennemis naturels à supprimer un ravageur ; b) la lutte biologique d'augmentation comprend l'élevage et les lâchers d'ennemis naturels pour supprimer un ravageur quand un ennemi naturel est présent mais en nombre insuffisant pour assurer, seul, cette suppression (trois composantes : inoculation, augmentation, inondation) ; c) la lutte biologique de conservation comprend l'ensemble des mesures prises pour la préservation des ennemis naturels indigènes, en empêchant leur destruction par d'autres pratiques.

En milieu agricole, les peuplements d'insectes présentent en outre la particularité d'être composés de populations fragmentées (métapopulations), en raison même des structures agraires et systèmes de culture adoptés. Du point de vue de leur cinétique, les populations sauvages y sont caractérisées par des processus d'extinction et de recolonisation locales liés à l'hétérogénéité spatiale des agrosystèmes, qui perturbe leurs échanges comme les mécanismes de leur régulation naturelle. C'est pourquoi les études de dispersion de ces populations, tout particulièrement à l'interface des structures agraires, connaissent aujourd'hui un tel succès. D'une façon générale, les insectes exploitent les couloirs ou corridors biologiques, qui assurent les nécessaires connexions entre habitats fragmentés, ou effectuent des allers et retours entre les champs cultivés et leurs lisières, suivant des modalités variables avec la structure de ces dernières, la forme des parcelles et la nature de leurs cultures. Cet effet lisière

assure l'augmentation de la diversité biologique et de la densité de certaines espèces animales et végétales, à la limite entre différentes communautés de plantes. Ces observations sont utilisées en protection des cultures. Celles relatives aux corridors biologiques s'intègrent de préférence dans une stratégie collective, et le plus souvent contractuelle, de conservation de la diversité biologique dans son ensemble. Elles apportent des informations précieuses sur les dimensions souhaitables des mailles d'un réseau de couloirs biologiques pérennes, dont le dessin est une caractéristique des unités paysagères. Des études révèlent que les populations d'insectes parasitoïdes sont particulièrement sensibles à la fragmentation des habitats, sans doute en raison d'une capacité de distribution moindre que celle des espèces phytophages.

Avec la gestion des populations par un aménagement raisonné de leurs habitats, la lutte biologique s'appuie sur des bases agroécologiques nouvelles susceptibles d'accroître son efficacité et sa fiabilité. Cette démarche conforte également les méthodes traditionnelles d'introduction-acclimatation ou de traitement biologique, en favorisant l'implantation des organismes auxiliaires artificiellement introduits dans les agroécosystèmes. Elle est de nature à apporter une réponse opérationnelle à la demande de préservation de la diversité biologique dans son ensemble et s'inscrit dans la démarche d'un meilleur respect de l'environnement et d'une valorisation des paysages. Elle implique une évolution significative des pratiques agricoles qui doivent également concerner les surfaces non cultivées. Le rôle des agronomes s'avère donc déterminant par une nécessaire adaptation des systèmes de culture et des itinéraires techniques.

Les principes de la protection agroécologique appliqués sur le terrain : retours d'expériences

▼ LE PROJET GAMOUR

GAMOUR est un projet de recherche-développement visant à gérer les populations de Mouches des Cucurbitacées présentes à La Réunion. Il s'appuie sur une démarche agroécologique. GAMOUR est caractérisé, d'une part, par un partenariat diversifié et, d'autre part, par des innovations techniques de protection des cultures (augmentorium, plantes pièges, appâts adulticides, piégeage sexuel). Mis en place de 2009 à 2011 sur 3 villages pilotes (Salazie, Entre-Deux et Petite Ile) et sur 5 fermes certifiées « Agriculture Biologique », le projet a donné des résultats très encourageants.

De nombreuses connaissances ont été obtenues sur la bioécologie des mouches et sur de nouvelles techniques de protection. La biologie et l'écologie des 3 espèces de Mouches des légumes sont aujourd'hui mieux connues. Ainsi, les activités circadiennes de chacune des espèces de mouches ont été décrites. Par ailleurs, les caractéristiques des mouches (fluctuations saisonnières, abondance relative, sex-ratio) ont été

étudiées et se révèlent très variables en fonction des facteurs biotiques et abiotiques. Pour acquérir ces connaissances, une méthode nouvelle d'observation des adultes in situ a été mise au point.

De plus, en s'inspirant de méthodes existantes à Hawaii et de l'approche agroécologique en protection des cultures, plusieurs techniques ont été conçues, mises au point et se sont révélées efficaces en milieu producteur : la prophylaxie en utilisant un dispositif appelé augmentorium ; l'implantation de bordures de maïs autour des parcelles permettant de piéger les mouches ; l'utilisation d'un appât adulticide (Synéis-appât®) permettant de supprimer les mouches sur les bordures. D'autres techniques (piégeage sexuel sans insecticide, couverts végétaux) ont été testées et sont encore en cours de développement. Le paquet technique, appelé SP5, intégrant ces différentes techniques a été testé dans les sites pilotes du projet. L'évaluation socio-économique en Agriculture conventionnelle et en Agriculture Biologique se révèle très satisfaisante : suppression de l'application d'insecticides sur les cultures de Cucurbitacées ; économies monétaires substantielles ; réduction des temps de travaux de protection phytosanitaire. Le bilan de l'appropriation des agriculteurs a été réalisé à partir d'entretiens menés auprès de l'ensemble des maraîchers des trois sites pilotes. Les résultats mettent en évidence une satisfaction globale des agriculteurs à la fois sur l'efficacité de la stratégie et la facilité de mise en œuvre des techniques proposées, ainsi qu'un bilan plus mitigé de l'appropriation de la stratégie de lutte qui vise à passer d'une logique curative à une logique de prévention.

Le projet a été à l'origine d'une production scientifique et technique importante (publications, communications dans des congrès, posters) ; des sessions de formation ont été données ; de nombreux étudiants ont été encadrés ; des enseignements (du lycée agricole au niveau Master 2) ont été dispensés ; un module d'enseignement universitaire à distance, dont une importante partie est consacrée à GAMOUR, a été financé par l'UVED (Université Virtuelle Environnement et Développement durable) ; des fiches techniques, des DVD et des livrets de formation ont été conçus et distribués ; un séminaire final du projet a été organisé et a donné lieu à des actes.

Les agriculteurs des sites pilotes ont acquis des compétences et des connaissances nouvelles, sont aptes à appliquer un programme original de protection des cultures et participent à la diffusion des techniques auprès de leurs pairs. Par ailleurs, le partenariat et la coordination sur lesquels s'est appuyé le projet et peuvent être pérennisés dans le cadre d'autres projets. De plus, GAMOUR a contribué à l'apparition de produits nouveaux sur le marché de la protection des cultures (augmentorium et pièges sans insecticides, disponibles auprès d'une entreprise réunionnaise) et à l'homologation du Synéis-appât® sur les cultures fruitières et maraîchères. Enfin, le projet a participé au développement de l'Agriculture Biologique, certains maraîchers s'étant convertis à l'AB en employant les techniques GAMOUR. On trouve aujourd'hui, dans les magasins spécialisés et en grande surface, des chouchous Bio d'origine Réunion (Figure 1).

Figure 1 Chouchou (*Sechium edule*) issu de l'Agriculture Biologique (origine La Réunion) disponible dans les grandes surfaces à La Réunion (Septembre 2014).



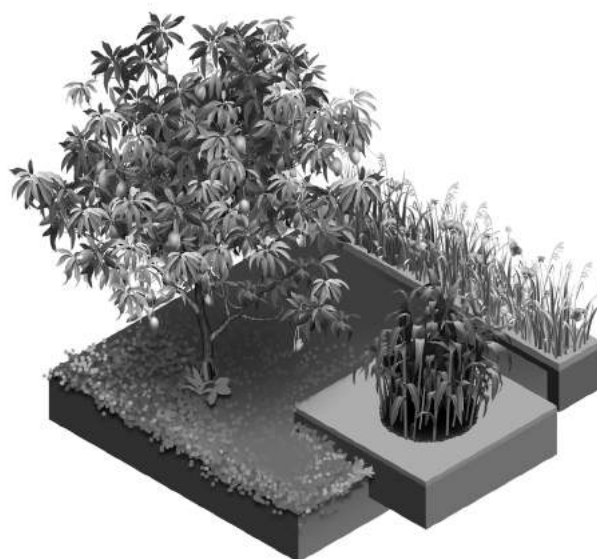
▼ LE PROJET BIOPHYTO

Biophyto est un projet de recherche-développement, qui se déroule de 2012 à 2014 à La Réunion, et qui vise à développer la protection agroécologique des cultures dans les vergers de manguiers (www.agriculture-biodiversite-oi.org/Biophyto). Le projet confronte à la réalité du terrain, les principes de la lutte biologique de conservation : suppression de la protection chimique et mise en place de pratiques d'insertion de biodiversité végétale (couvertures végétales notamment) pour favoriser la biodiversité fonctionnelle dans les vergers. Le partenariat repose sur un partenariat de 11 organismes, de la Recherche, de l'Expérimentation, de la Formation et de Développement agricoles, ainsi qu'une cellule d'animation et de coordination (Chambre d'agriculture de La Réunion, AROP-FL, Cirad). Douze producteurs participent au projet avec la mise à disposition de deux parcelles sur chaque exploitation : une parcelle « Témoin » et une parcelle « Biophyto » sans traitements insecticides.

La stratégie proposée dans le cadre de Biophyto relève de la protection agroécologique des cultures. Elle repose sur le rétablissement des équilibres bioécologiques dans les agro-écosystèmes. Ainsi, plusieurs techniques agroécologiques de gestion de la biodiversité végétale peuvent contribuer à la fois à réduire la pression des insectes ravageurs et à augmenter les populations d'insectes utiles à l'agriculture, en favorisant le développement d'une biodiversité animale fonctionnelle. Constituée d'auxiliaires (arthropodes prédateurs, pollinisateurs et parasitoïdes), la biodiversité fonctionnelle devient capable de jouer un rôle majeur de régulation des ravageurs. La figure 2 illustre l'implantation d'une couverture végétale, d'une bande fleurie et d'un patch de maïs. Dans le projet Biophyto, la mise en place de la lutte biologique de conservation s'appuie sur 3 techniques : a) suppression, dans la mesure du possible, des traitements insecticides sur les manguiers et d'applications d'herbicides dans les vergers ; b) insertion de biodiversité végétale dans les vergers, constituant des habitats défavorables pour les ravageurs et/ou des habitats favorables pour les auxiliaires : couverture végétale permanente au sol, plantes pièges pour les ravageurs, plantes refuges pour les auxiliaires (par exemple bandes fleuries, pois d'Angole) ; c) adaptation des pratiques culturales à la

fois pour la gestion des manguiers et pour la gestion des nouveaux habitats.

Figure 2 Implantation schématique d'une couverture végétale, d'une bande fleurie et d'un patch de maïs dans un verger de manguiers.



L'impact des pratiques agroécologiques sur la biodiversité fonctionnelle végétale et animale dans les vergers de manguiers

De nombreux résultats sont obtenus dans le cadre du projet Biophyto, notamment sur l'appropriation des producteurs pour des techniques telles que l'implantation et la gestion de couvertures végétales, sur la caractérisation et l'évolution de la biodiversité fonctionnelle, sur la caractérisation d'outils de valorisation commerciale d'une mangue sans insecticide, sur la production d'outils d'information, de formation et d'enseignement. Certains résultats attendus n'ont pas encore été précisés, notamment en matière d'impact des pratiques sur la production ou de mise au point d'un système d'irrigation bien adapté. La recommandation d'itinéraires techniques précis nécessite l'obtention de résultats complémentaires. Ci-dessous ne sont présentés, à titre d'illustration, des résultats sur l'effet des pratiques agroécologiques sur la biodiversité fonctionnelle dans les vergers de manguiers.

▼ CHOIX DE L'EXPLOITATION ET MÉTHODOLOGIE

Nous présentons ci-dessous, à titre d'illustration, l'évolution de la richesse spécifique et de l'abondance de trois niveaux trophiques dans une exploitation du réseau Biophyto de 2012 à 2014. Cette exploitation a été prise comme exemple, car

du début du projet à sa fin, les deux parcelles Biophyto et Témoin sont restées dans l'état et la forme qui étaient prévus au départ. Les pratiques agroécologiques (implantation d'une couverture végétale et suppression des traitements herbicides et insecticides) ont été mises en œuvre en 2012. Dans d'autres exploitations, l'intérêt observé par les agriculteurs pour les pratiques agroécologiques implantées dans les parcelles Biophyto les a poussé à appliquer ces mêmes méthodes, en 2013 ou en 2014, dans la parcelle Témoin. Si c'est un résultat en tant que tel quant à la pertinence et l'efficacité de ces pratiques, les résultats comme ceux de la biodiversité fonctionnelle ne peuvent être interprétés sans ce changement. Les résultats de l'ensemble des exploitations sont présentés par ailleurs (Jacquot *et al.*, 2014 a et b).

Les trois niveaux trophiques présentés ici sont les plantes adventices, les arthropodes prédateurs et les arthropodes prédateurs et parasitoïdes. Les échantillonnages ont pour but de quantifier l'abondance et la richesse spécifique de chacun d'entre eux. L'identification des espèces de plantes vasculaires a été effectuée le long de segments perpendiculaires aux rangs de plantation des manguiers, afin de prendre en compte l'hétérogénéité parcellaire. Les communautés d'arthropodes ont été échantillonnées avec deux types de pièges : (1) les pièges à fosse permettent d'échantillonner les arthropodes se déplaçant à la surface du sol ; (2) des échantillonnages par aspirations au DVac sont réalisés sur les

mêmes segments que ceux où sont mesurés le recouvrement des espèces de plantes (avec présence ou non de plantes).

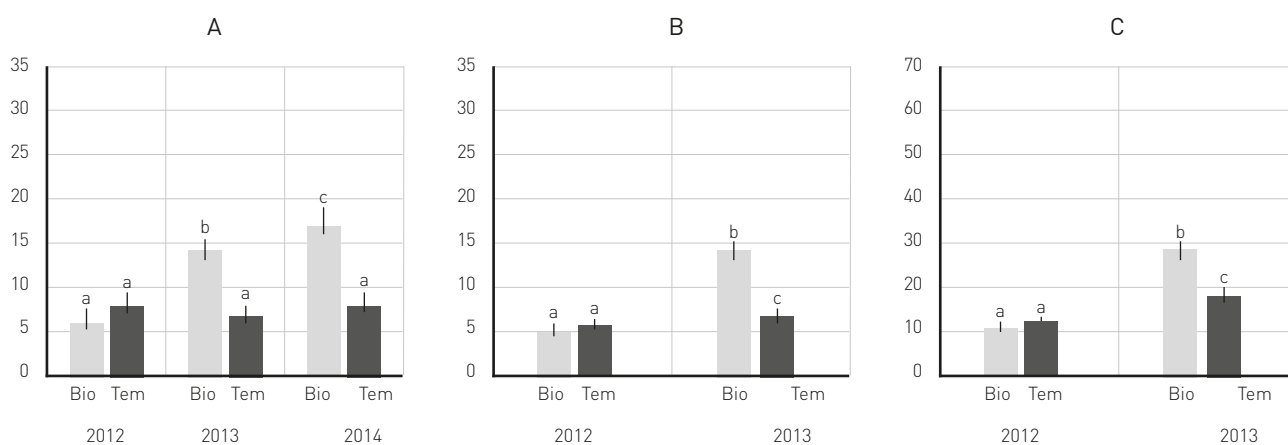
L'abondance est mesurée en termes de pourcentage de recouvrement pour les plantes, et de nombre d'individus pour les arthropodes. Pour chaque niveau trophique, la richesse spécifique est estimée sur la base de l'abondance des espèces, à l'aide de la fonction *specpool* (module *vegan*) (Oksanen *et al.* 2013). Les données sont disponibles de 2012 à 2014 pour les plantes adventices et en 2012 et 2013 pour les arthropodes. Il s'agit donc de résultats préliminaires.

▼ RICHESSE SPÉCIFIQUE

En 2012, l'exploitation présente une richesse spécifique en plantes équivalente dans les deux parcelles. En 2013 et 2014, après la mise en place des couvertures végétales en 2012, on observe une richesse spécifique significativement supérieure dans la parcelle Biophyto par rapport à la parcelle Témoin.

Concernant les arthropodes, qu'il s'agisse des herbivores ou des prédateurs et parasitoïdes, il n'existe pas de différence dans la richesse spécifique entre les parcelles Biophyto et Témoin en 2012. En 2013, la richesse spécifique en herbivores et en prédateurs et arthropodes dans la parcelle Biophyto est significativement supérieure à celle dans la parcelle « Témoin ».

Figure 3 Richesse spécifique moyenne (\pm erreurs-types) et résultats des tests de comparaison des moyennes multiples pour : A = la flore de la couverture végétale B = les arthropodes herbivores C = les arthropodes prédateurs et parasitoïdes. Les moyennes ayant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil $\alpha = 5\%$ pour le test de comparaison de moyennes multiples de Tukey. Bio = parcelle Biophyto Tem = parcelle Témoin.



▼ ABONDANCE

En 2012, le taux de recouvrement par les plantes est équivalent dans les deux parcelles, la couverture végétale n'étant pas encore véritablement installée en 2012. En 2013 et en 2014, après la mise en place des couvertures végétales, on observe un taux de recouvrement supérieur dans la parcelle Biophyto par rapport à la parcelle Témoin.

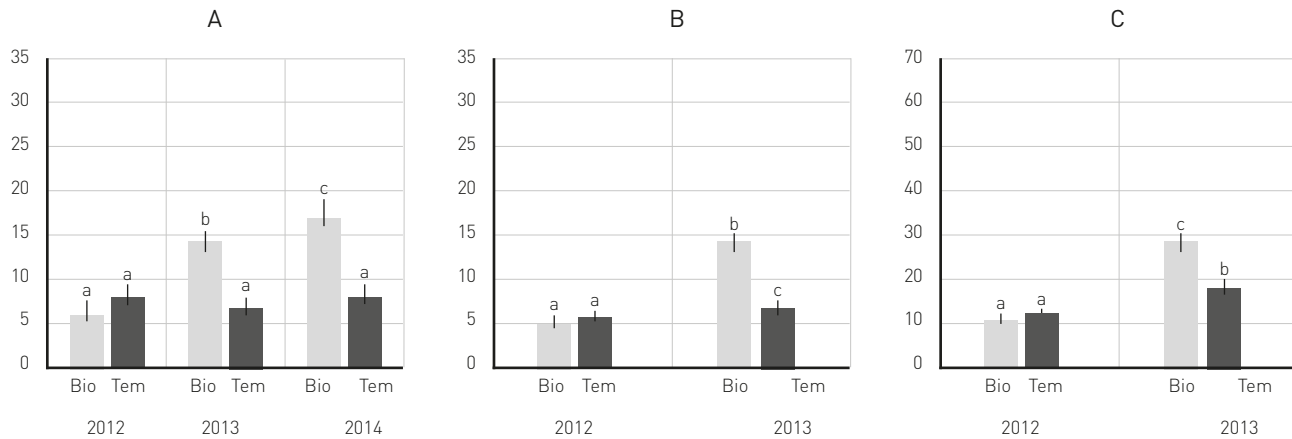
En 2012, l'abondance des arthropodes herbivores n'est pas différente dans les deux parcelles. En 2013, elle devient significativement supérieure dans la parcelle Témoin, suite à une pullulation importante de cochenilles. En ce qui concerne les prédateurs et parasitoïdes, dont l'abondance est significati-

vement supérieure dans la parcelle Biophyto en 2012, cette différence s'accroît considérablement en 2013

Figure 4 Abondance moyenne (\pm erreurs-types) et résultats des tests de comparaison des moyennes multiples pour :

A = la flore de la couverture végétale B = les arthropodes herbivores C = les arthropodes prédateurs et parasitoïdes. Les moyennes ayant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil $\alpha = 5\%$ pour le test de comparaison de moyennes multiples de Tukey.

Bio = parcelle Biophyto Tem = parcelle Témoin



En conclusion, dans le cas de l'exploitation prise ici comme illustration, les pratiques Biophyto (irrigation par micro-aspiration, arrêt des traitements herbicides et semis d'espèces herbacées) permettent le développement de couvertures végétales plus riches en espèces et plus abondantes que les pratiques classiques. L'arrêt des traitements insecticides se traduit pour sa part en 2013 par un développement considérable, en abondance et en richesse spécifique, des prédateurs et parasitoïdes. Ce qui n'est pas le cas des arthropodes herbivores, pour lesquels on observe une pullulation de cochenilles en 2013.

De manière générale, la gestion d'un enherbement abondant et diversifié, conjointement à l'arrêt des traitements insecticides, favorise l'existence des communautés d'arthropodes plus abondantes et diversifiées qu'avec les pratiques conventionnelles. 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).

Références bibliographiques

- Altieri M. A., Nicholls C. I., 2004. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. Food Products Press, Binghamton, NY, USA.
- Altieri M. A., Nicholls C. I., 2012. Agroecological diversification strategies to enhance biological pest regulation in horticultural systems. *Acta Horticulturae*, 933, 35-41.
- Andow D., 1983. The extent of monoculture and its effects on insect pest populations with particular reference to wheat and cotton. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 9, 25-35.
- Aviron S., Burel F., Baudry J., Schermann N., 2005. Carabid assemblages in agricultural landscapes: impacts of habitat features, landscape context at different spatial scales and farming intensity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108 (3), 205-217.
- Batáry P., Holzschuh A., Orci K. M., Samu F., Tscharntke T., 2012. Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 146, 130-136.
- Bianchi F. J. J. A., Booij C. J. H., Tscharntke T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society*, 273, 1715-1727.
- Clough Y., Krueß A., Tscharntke T., 2005. Organic versus conventional arable farming systems: Functional grouping helps understand staphylinid response. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118 (1-4), 285-290.

- Cole L. J., McCracken D. I., Dennis P., Downie I. S., Griffin A. L., Foster G. N., Murphy K. J., Waterhouse T., 2002. Relationships between agricultural management and ecological groups of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) on Scottish farmland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93 (1-3), 323-336.
- Deguine J.-P., Ferron P., Russell D., 2008. Sustainable pest management for cotton production. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 113-137.
- Deguine J.-P., Ferron P., Russell D., 2009. Crop Protection: from Agrochemistry to Agroecology. Science Publishers, Enfield, NH, USA, 190 p.
- Deguine J.-P., Ratnadass A., 2013. Gestion des habitats. In: Thiery D., Calatayud P. A., Sauvion N., Marion-Poll F., Des insectes et des plantes. Publibook et Editions IRD, 719-730.
- Ehler L. E., 2006. Integrated Pest Management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. *Pest Management Science*, 62, 787-789.
- Ehler L. E., Bottrell D. G., 2000. The Illusion of Integrated Pest Management, Issues. *SciTechnol*, 16, 61-64.
- Eilenberg J., Hajek A., Lomer C., 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biological Control*, 46, 387-400.
- Elliott N. C., Kieckhefer R. W., Lee J. H., French B. W., 1998. Influence of within-field and landscape factors on aphid predator populations in wheat. *Landscape Ecology*, 14, 239-252.
- Gurr G. M., Wratten S. D., Lunac J. M., 2003. Multi-function agricultural biodiversity: pestmanagement and other benefits. *Basic and Applied Ecology*, 4, 107-116.
- Harper T. L., 1974. Agricultural ecosystems. *Agro-Ecosystems*, 1, 1-6.
- Hénin S., 1967. Les Acquisitions techniques en production végétale et leur application. *Économie rurale*, 74, 37-44.
- Holway D. A., Lach L., Suarez A. V., Tsutsui N. D., Case T. J., 2002. The causes and consequences of ant invasions. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 33, 181-233.
- Horowitz A. R., Ishaaya I., 2004. Insect Pest Management. Field and Protect Crops. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Jacquot M., Chiroleu F., Deguine J.-P., 2014a. Richesse spécifique et recouvrement des couvertures végétales en période de floraison du manguier à La Réunion. Séminaire « Protection agroécologique et gestion de la biodiversité ». Saint-Pierre, La Réunion, 21-24/20/214.
- Jacquot M., Muru D., Chiroleu F., Tenailleau M., Gasnier S., Rochat J., Plessix S., Moutoussamy M.-L., Ajaguin Soleyen C., Tixier P., Deguine J.-P., 2014b. Effet des pratiques agroécologiques sur l'évolution des communautés d'arthropodes en période de floraison du manguier à La Réunion. Séminaire « Protection agroécologique et gestion de la biodiversité ». Saint-Pierre, La Réunion, 21-24/20/214.
- Jarvis D. I., Padoch C., Cooper H. D., 2006. Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems. Columbia University Press, New York.
- Koul O., Dhaliwal G. S., Cuperus G. W., 2004. Integrated Pest Management – Potential, Constraints and Challenges. Cabi Publishing, Wallingford, Oxon, UK.
- Loreau M., Naeem S., Inchausti P., Bengtsson J., Grime J. P., Hector A., Hooper D. U., 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. *Science*, 294, 804-808.
- Millenium Ecosystem Assessment 2005. Ecosystems and Human Well-being: synthesis. Island Press, Washington, DC, 137 p.
- New T. R., 2005. Invertebrate Conservation and Agricultural Ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Nicholls C. I., Altieri M. A., 2013. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 257-274.
- Norris R. F., Caswell-Chen E. P., Kogan M., 2003. Concepts in Integrated Pest Management. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Oksanen J., Blanchet F. G., Kindt R., Legendre P., Minchin P. R., O'Hara R. B., Simpson G. L., Solymos P., Stevens M. H. H., Wagner H., 2013. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-9. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Pimentel D., 2002. Encyclopedia of Pest Management. Marcel Dekker, New York.
- Prieto-Benítez S., Méndez M., 2011. Effects of land management on the abundance and richness of spiders (Araneae): A meta-analysis. *Biological Conservation*, 144 (2), 683-691.
- Ricci P., Bui S., Lamine C., 2011. Repenser la protection des cultures. Innovations et transitions. Editions Quae, Versailles, France.
- Sankaram A., 1999. Integrated pest management: Looking back and forward. *Current Science India*, 77, 26-32.

- Scherber C., Eisenhauer N., Weisser W. W., Schmid B., Voigt W., Fischer M., Schulze E. D., Roscher C., Weigelt A., Allan E., Bessler H., Bonkowski M., Buchmann N., Buscot F., Clement L. W., Ebeling A., Engels C., Halle S., Kertscher I., Klein A. M., Koller R., König S., Kowalski E., Kummer V., Kuu A., Lange M., Lauterbach D., Middelhoff C., Migunova V. D., Milcu A., Müller R., Partsch S., Petermann J. S., Renker C., Rottstock T., Sabais A., Scheu S., Schumacher J., Temperton V. M., Tschirntke T., 2010. Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature*, 468, 553-556.
- Thébault E., Loreau M., 2005. Trophic Interactions and the Relationship between Species : Diversity and Ecosystem Stability. *The American Naturalist*, 166 (4), 95-114.
- Thiault J., Mestres R., Larguier M., 1992. L'évolution de la politique française de protection des plantes des 50 dernières années. In: Van Lenteren J. C., Minks A. K., and de Ponti O. M. B. Biological control and integrated crop protection: towards environmentally safer agriculture. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, 165-171.
- Thompson R. M., Brose U., Dunne J. A., Hall Jr. R. O., Hladyz S., Kitching R. L., Martinez N. D., Rantala H., Romanuk T. N., Stouffer D. B., Tylianakis J. M., 2012. Food webs: reconciling the structure and function of biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution*, 27 (12), 689-697.
- Tschirntke T., Klein A. M., Kruess A., Steffan-Dewenter I., Thies C., 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8 (8), 857-874.
- 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.
- Van Lenteren J. C., Minks A. K., De Ponti O. M. B., 1992. Biological control and integrated crop protection: towards environmentally safer agriculture. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- Weibull A. C., Ostman O., Granqvist A., 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity and Conservation*, 12, 1335-1355.
- Wilson E. O., 2002. The Future of Life. *Know*, 50-51.
- Woodcock B., Redhead J., Vanbergen J., Hulmes L., Hulmes S., Peyton J., Nowakowski M., Pywell R. F., Heard M. S., 2010. Impact of habitat type and landscape structure on biomass, species richness and functional diversity of ground beetles. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139 (1-2), 181-186.
- Yachi S., Loreau M., 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *PNAS*, 96, 1463-1468.
- Zadoks J. C., 1991. A hundred and more years of plant protection in the Netherlands. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 97, 3-24.

> La gestion de la biodiversité dans les agroécosystèmes biologiques

S. PENVERN¹ | C. CRESSON² | G. MARLIAC¹
spenvern@avignon.inra.fr

Résumé

La gestion de la biodiversité dans les agroécosystèmes biologique répond à deux facteurs importants pour l'Agriculture Biologique (AB) : le premier de développement, car c'est principalement à ce titre que l'AB est soutenu par les pouvoirs publics, et le deuxième de production, compte tenu des services écosystémiques que peut rendre la biodiversité en substitution de l'utilisation d'intrants de synthèses interdits en AB. Sur la base d'une revue de la littérature scientifique et des contributions au colloque DinABio2013, nous proposons ici une analyse des relations entre AB et biodiversité. Nous montrons que si celles-ci sont reconnues et démontrées dans une très grande majorité des cas, elles peuvent aussi être négatives ou nulles. Plusieurs raisons expliquent cette variabilité dont en particulier la diversité des pratiques en AB et des effets multiples, voire contradictoires, de certaines pratiques, de l'ancienneté

de la conversion et du temps nécessaire à la mise en place de processus complexes. Cette complexité se pose en particulier dès lors que l'on cherche à augmenter les services rendus par la biodiversité, service encore difficile à mesurer aujourd'hui. Des tensions entre services apparaissent et mettent en évidence les verrous sociotechniques aux niveaux des politiques publiques, des régimes alimentaires, de l'organisation des filières, de l'innovation et de la recherche-développement, qu'il serait nécessaire de lever pour davantage concilier agriculture et biodiversité.

Mots-clés : Gestion de la biodiversité, agroécosystèmes biologiques, pratiques agricoles, diversité, auxiliaires, ravageurs, habitats

Introduction

La gestion de la biodiversité dans les agroécosystèmes biologique répond à deux enjeux. Le premier enjeu, de développement, se pose en réaction à l'érosion de la biodiversité commune ou patrimoniale affectée par les activités agricoles, comme l'épandage de pesticides, le travail du sol, ou l'altération des habitats semi-naturels. L'agriculture biologique, réputée pour ses performances environnementales, bénéficie à ce titre de soutiens publics. Le second enjeu, de production, consiste à maximiser les services écosystémiques qui peuvent être rendus par la biodiversité en vue d'améliorer la production : prédation de ravageurs, pollinisation, décomposition de la matière organique. Ces services indispensables à l'agriculture peuvent, entre autres, venir compenser l'utilisation d'intrants de synthèse interdite en Agriculture Biologique (AB). Si dans le premier cas, il s'agit de préserver la biodiversité sauvage au sens large et à toutes les échelles, il s'agit dans le second, de maîtriser les mécanismes et services d'une biodiversité fonctionnelle bien ciblée en un point donné (une parcelle agricole par exemple). Les espèces, échelles, indicateurs et leviers à mettre en œuvre seront par conséquent différents et spécifiques aux objectifs poursuivis.

Nous étudierons dans quelle mesure la gestion de la biodiversité dans les agroécosystèmes biologiques peut répondre à ces deux enjeux. L'agriculture biologique (AB) a pour principe de reposer sur les processus naturels, les cycles et les systèmes écologiques vivants, de « s'accorder avec eux, les imiter et les aider à se maintenir » (IFOAM, 2005). Elle est par ailleurs définie par un cahier des charges et soumise à un

ensemble de règles (RCE 834/2007) avec, entre autres, pour objectif d'atteindre « un niveau élevé de biodiversité ». Mais les relations entre biodiversité et pratiques sont complexes et multifactorielles. Certaines pratiques en AB sont défavorables à la biodiversité et certaines espèces sont peu, voire pas du tout, sensibles au mode de production. La gestion de la biodiversité dans les agroécosystèmes suppose donc une recherche de compromis entre pratiques plus ou moins spécifiques à l'AB, plus ou moins bénéfiques à la biodiversité, et plus ou moins « maîtrisables » à l'échelle de l'agroécosystème. Pour chacun de ces enjeux, nous présenterons les bénéfices et les limites des pratiques en AB et discuterons des leviers envisagés ou envisageables pour optimiser la gestion de la biodiversité dans les agroécosystèmes biologiques.

L'effet des pratiques biologiques

De manière générale, l'impact sur la biodiversité des systèmes de production agricole en AB comparé à l'agriculture conventionnelle (AC) est globalement positif tant en abondance qu'en richesse spécifique (Höle *et al.*, 2005 ; Bengtsson *et al.*, 2005 ; Tuomisto *et al.*, 2012). 84 % des 63 articles étudiés par Bengtsson *et al.* (2005) font état d'une richesse spécifique plus

1. **UNITÉ ECODÉVELOPPEMENT, INRA PACA**
Domaine Saint-Paul, Site Agroparc, CS40509, 84914 Avignon Cedex 09, France
2. **ITAB, INSTITUT TECHNIQUE DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE**
149 rue de Bercy, 75012 Paris, France

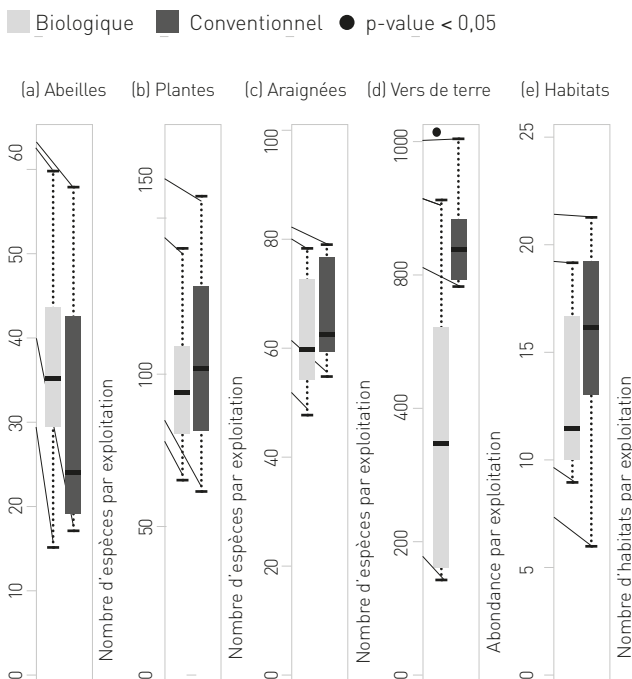
élevée dans les systèmes AB pour les trois grands groupes étudiés (oiseaux, arthropodes et organismes du sol) et quelle que soit l'échelle d'observation (parcelle, exploitation ou paysage). Seulement 6 % des 148 articles étudiés par Tuomisto *et al.* (2012) montrent des effets négatifs.

Ces bénéfices s'expliquent en premier lieu par l'interdiction de l'utilisation des engrais minéraux et des produits phytosanitaires de synthèse, l'augmentation de la teneur en matière organique dans les sols, les rotations et assolements plus diversifiés (Geiger *et al.*, 2010 ; Kleijn *et al.*, 2009 ; Hole *et al.*, 2005). S'ajoutent d'autres pratiques, moins spécifiques à l'AB, mais majoritairement mises en œuvre dans les systèmes de production en AB : couverts végétaux en inter-culture, densité de bétail à la surface plus faible, assolement diversifié avec une part élevée de prairies temporaires, seuils de tolérance plus élevés des bioagresseurs des cultures, diversité cultivée, aménagements et diversité des habitats plus élevés...

Peu d'études montrent un effet négatif des pratiques biologiques sur la biodiversité mais certaines pratiques peuvent en revanche être défavorables à la biodiversité : travail du sol pour les vers de terre (Sarthou *et al.*, 2013), désherbage mécanique répété à des intervalles rapprochés sur la faune du sol, emploi de produits phytosanitaires autorisés en AB peu sélectifs (pyréthrines, spinosad) ou dont l'usage est parfois répété pour pallier une moindre efficacité (cuivre) (Villeneuve *et al.*, 2013). Sarthou *et al.* (2013) dans leur projet européen FP7-BioBio n'observent aucune différence significative de richesse spécifique en abeilles, araignées, vers de terre et de diversité d'habitats entre exploitations biologiques et conventionnelles (Figure 1). L'abondance des vers de terre est en revanche plus importante dans les exploitations conventionnelles qui mettent en œuvre le semis direct et les techniques culturales simplifiées, pratiques difficiles à mettre en place en AB où le labour constitue une alternative efficace pour gérer les adventices des cultures sans herbicide.

D'autres facteurs sont indépendants du mode de production, en premier lieu l'hétérogénéité du paysage sur les espèces plus mobiles (papillons, abeilles, oiseaux, ...) peu affectées par le mode de production (Tuck *et al.*, 2014). Dans un paysage très diversifié, l'effet des pratiques en AB s'estompe. Ainsi Puech *et al.* (2013) ont réalisé des relevés entomologiques et agronomiques dans quarante parcelles (vingt en AB et vingt en AC) situées dans des contextes paysagers différents. Les résultats montrent que le contexte paysager des cultures étudié n'a pas d'effet sur l'abondance des auxiliaires. La question reste néanmoins ouverte pour des paysages moins complexes que le bocage (réseau de haies dense, surfaces boisées et de prairies importantes) où a porté l'étude et dont la diversité des habitats pourrait compenser les perturbations causées par les pratiques agricoles intensives. De récentes études et des projets en cours explorent quant à eux l'effet cumulatif ou non de la proportion de parcelles AB dans le paysage, comme démontré par Gabriel *et al.* (2010) sur les communautés d'arthropodes dans des paysages d'une dizaine de kilomètres de rayon.

Figure 1 Comparaisons de (a) la richesse spécifique (RS) en abeilles, (b) la RS en plantes, (c) la RS en araignées, (d) l'abondance en vers de terre et (e) la diversité en habitats, entre les exploitations biologiques et conventionnelles des Vallées et Coteaux de Gascogne. Un point indique une différence significative à 5% entre agriculture biologique et conventionnelle (Test de Mann-Whitney) (source : Sarthou *et al.*, 2013).



Il existe enfin une très forte variabilité des résultats selon les communautés considérées : les plantes ont par exemple des réponses homogènes, quand celles d'autres groupes comme les mammifères ou les oiseaux sont plus variables (Fuller *et al.*, 2005).

Les méta-analyses et revues de littérature montrent donc une forte variabilité des résultats qui peut s'expliquer selon les groupes trophiques concernés et leur sensibilité aux pratiques (les espèces peu mobiles), selon la caractérisation de la biodiversité (abondance ou richesse spécifique, homogénéité des communautés, traits fonctionnels), selon les systèmes de références, le contexte paysager de l'étude et, au sein même de l'AB, selon les systèmes et l'antériorité des pratiques.

De quels agroécosystèmes biologiques parle-t-on ?

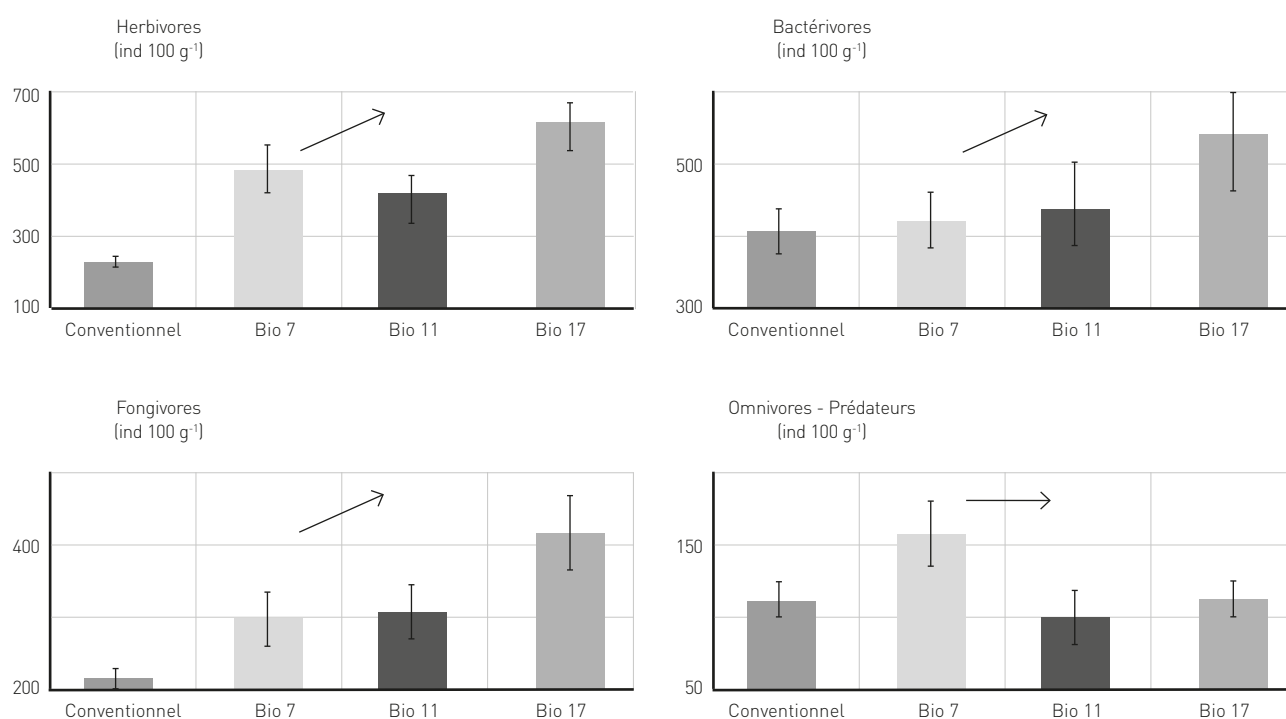
▼ DIVERSITÉ INTERNE DES AGROÉCOSYSTÈMES BIOLOGIQUES ET CONVENTIONNELS

Très peu d'études se sont intéressées jusque-là à la diversité interne des pratiques en AB. Une pratique donnée peut pourtant avoir un effet différent selon le taxon pris en compte et deux pratiques utilisées peuvent avoir des effets inverses sur un ennemi naturel donné. Gaëlle Marliac (2014) s'est intéressée à caractériser cette diversité des pratiques et des stratégies de protection en AB et évaluer leur impact sur les communautés d'ennemis naturels en vergers de pommiers du Sud-Est de la France. Quatre stratégies de protection ont été mises en évidence, selon la priorité et la combinaison de pratiques mises en œuvre, avec des impacts variables sur le nombre et la toxicité des traitements appliqués, en conséquence sur les communautés d'ennemis naturels (Marliac *et al.*, à paraître). Certains vergers ont des abondances très

faibles (qui peuvent alors être proches de celles retrouvées dans des vergers en agriculture conventionnelle) alors que d'autres ont des abondances élevées. La structure des communautés varie également selon leur sensibilité aux pratiques. Certaines espèces de prédateurs, plus sensibles aux pesticides, se retrouvent ainsi en abondance dans les vergers peu traités : *Forficula pubescens* est par exemple présente en abondance dans la stratégie « écologiquement intensive ». À l'inverse, les *Miturgidae*, capables de s'installer dans des milieux perturbés, sont présentes dans des vergers soumis à une plus forte pression phytosanitaire. Cela illustre la complexité du lien qu'il existe entre pratiques agricoles et les communautés d'arthropodes.

▼ ANCIENNETÉ DES PRATIQUES EN AB

Figure 2 L'abondance des nématodes herbivores, bactérivores et fongivores tend à augmenter avec l'augmentation du nombre d'années en conduite viticole (moyenne \pm erreur-standard) (sources : Villenave *et al.*, 2013).



Villenave *et al.* (2013) ont étudié les effets de la conversion de vignobles en agriculture biologique sur la qualité biologique du sol selon l'ancienneté de la date de conversion : depuis 7 ans (Bio 7 ans), depuis 11 ans (Bio 11 ans) et depuis 17 ans (Bio 17 ans). La nématofaune du sol, bio-indicateur qui permet de mettre en lumière les changements de fonctionnement biologique lors de changement de pratiques agricoles, a été analysée sur 96 échantillons de sol (4 échantillons par parcelle) prélevés dans la strate superficielle (0-15 cm). Plus

les parcelles sont converties en viticulture biologique depuis longtemps, plus l'activité biologique du sol est importante. Les effets de la conversion sur le fonctionnement biologique du sol sont significatifs relativement tardivement (≥ 11 ans).

L'abondance des différents groupes de nématodes du sol, qui reflète l'activité biologique du sol, augmente avec l'âge de la conversion (Figure 2). L'augmentation de l'abondance des nématodes microbivores, c'est-à-dire des nématodes

qui consomment des bactéries et des champignons (+ 35 %, pour les bactérivores et + 97 %, pour les fongivores), indique une augmentation de la disponibilité des ressources en nutriments permise par l'apport de composts en AB. La présence d'un enherbement en cours d'année dans les parcelles conduites en AB explique quant à elle l'augmentation de la densité des nématodes phytophages, non nuisibles pour la vigne (+ 187 %, après 17 ans de viticulture biologique). En revanche, aucune tendance d'augmentation n'est observée pour les nématodes des hauts niveaux de la chaîne trophique : les nématodes omnivores et prédateurs, pour qui le mode de conduite biologique, en particulier le travail du sol plus fréquent et plus profond, n'a pas été bénéfique. Si l'activité biologique des sols en AB a quantitativement augmenté avec le temps de conversion, la longueur et la complexité de la chaîne trophique n'a en revanche pas été améliorée.

Cette étude met clairement en évidence la nécessaire prise en compte d'une période de transition de 7 à 11 ans (selon les indicateurs utilisés) pour séparer les pratiques conventionnelles de celles en AB.

▼ LA DIVERSITÉ DES HABITATS

L'échelle d'analyse est importante également, dans la mesure où l'effet du paysage est prépondérant pour des espèces plus mobiles par exemple. Ainsi, le nombre et la diversité des habitats, au sein des parcelles (Marliac *et al.*, soumis, Villenave *et al.*, 2013), dans les abords des parcelles (Aviron *et al.*, 2013) ou au sein de l'exploitation (Sarhou *et al.*, 2013) jouent un rôle déterminant pour la conservation de la biodiversité. En effet, les organismes mobiles sont très sensibles à la diversité des ressources et des habitats disponibles dans leur environnement. La présence d'infrastructures agroécologiques diversifiées à proximité des parcelles, le maintien d'un couvert végétal pendant la période d'intercultures, la présence de prairies temporaires ou permanentes, de parcelles de taille réduite, de linéaires de haies... sont autant de ressources et d'habitats favorables à leur écologie (alimentation, refuge, reproduction, nidification). Ainsi Aviron *et al.* (2013) ont montré le rôle de l'environnement paysager proche des cultures, dans un rayon de 100 à 200 m, sur la colonisation des cultures maraîchères sous abri par les mirides, auxiliaires indigènes. Ces résultats montrent qu'une approche systémique, considérant les échelles de la parcelle, du système de culture et son environnement proche, est nécessaire pour optimiser la régulation naturelle des ravageurs en maraîchage sous abri.

Pour quels services rendus ?

Des revues et méta-analyses récentes rapportent les résultats favorables à l'AB pour une diversité de services : prédation des graines de mauvaises herbes, contrôle biologique accru vis-à-vis des bioagresseurs des cultures, pollinisation (Tuck *et al.*, 2013 ; Garratt *et al.*, 2011 ; Sandhu *et al.*, 2010). Mais peu d'études mesurent réellement ces services dans la mesure où ceux-ci sont l'expression de mécanismes com-

plexes pour lesquels les pratiques agricoles peuvent avoir des effets multiples, voire contradictoires selon les services considérés.

Ils sont pourtant, dans les fondamentaux de l'AB où la biodiversité fonctionnelle représente un réel facteur de production, en opposition aux pratiques basées sur l'utilisation de pesticides (Fleury *et al.*, 2011). La protection des cultures contre les insectes herbivores favorise le déploiement de réseaux trophiques diversifiés de prédateurs et de parasitoïdes. De même, le maintien de la fertilité des sols repose sur le recyclage de la matière organique le long de chaînes trophiques détritiques. Cette considération amène à revoir les frontières entre le système de production et l'environnement. On parle alors d'agroécosystème, nouvelle échelle de gestion pour optimiser les « services » rendus.

▼ DE LA PRÉSENCE D'AUXILIAIRES À LA RÉGULATION DES RAVAGEURS DES CULTURES

L'abondance ou la diversité d'une communauté d'auxiliaires ne suffisent pas à expliquer la relation avec le taux de prédation des ravageurs, c'est pourtant là où s'arrête un trop grand nombre d'études (Letourneau et Bothwell, 2008). Gaëlle Marliac (2014) a elle directement mesuré la fonction de prédation, en l'occurrence d'œufs de carpocapse, principal ravageur des pommes dans le Sud-Est de la France. Ils montrent que cette fonction de prédation augmente au cours du temps pour être à son maximum en août alors que le carpocapse en est à sa troisième génération. Cherchant à optimiser la synchronisation des colonisations par les prédateurs et des ravageurs en début de saison pour limiter les dégâts sur les fruits et la population de la génération suivante, les auteurs ont ensuite expérimenté différentes modalités de gestion de couvert. L'augmentation de la hauteur du couvert végétal n'a pas permis la mise en place plus précoce d'une communauté d'ennemis naturels (Marliac *et al.*, soumis), et l'a même diminué en fin de saison, ce qui pourrait s'expliquer par la présence de ressources alternatives offertes par le couvert, surtout pour des auxiliaires généralistes. Une des perspectives suite à ces résultats serait d'agir sur la date de tonte. L'enherbement pourrait n'être tondu qu'en milieu de saison (juin) afin de limiter les perturbations liées aux ressources alternatives et potentiellement provoquer un mouvement des ennemis naturels entre la strate herbacée et le couvert végétal.

Ce travail de thèse a permis de mieux comprendre une des fonctions essentielles au service de régulation des ravageurs. Si le taux de prédation est un bon indicateur du rôle de la communauté d'ennemis naturels, elle ne reflète cependant pas totalement le service rendu. Il conviendrait dans la suite de ces travaux de poursuivre l'étude des mécanismes en cascade pour étudier les relations entre la fonction de prédation et le service de régulation qui lui dépend des taux d'infestation et surtout de la capacité de ces prédateurs à ingérer en quantité suffisante et au bon moment les ravageurs pour maintenir ces populations en dessous du seuil de tolérance des producteurs.

▼ COMPROMIS ENTRE SERVICES : EXEMPLE ENTRE MODÈLE DE PRODUCTION ET PRÉSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ

Il existe une grande diversité de services rendus par la biodiversité. Quatre types de services fournis par les écosystèmes ont été définis dans le Millenium Ecosystem Assessment, qui fait référence sur le sujet (Reid *et al.*, 2005) : services d'approvisionnement, services de régulation, services culturels et services de soutien des écosystèmes. Dans la grande majorité des travaux scientifiques publiés sur le sujet, seulement un service voire deux services sont étudiés simultanément (respectivement 59 % et 27 % des documents) (Tancoigne *et al.*, 2014) alors que la question de compromis ou d'arbitrage entre services, notamment entre services d'approvisionnement et autres services, apparaît cruciale en milieu cultivé.

Desquilbet *et al.* (2013) ont ainsi présenté au colloque DinA-Bio2013 leur contribution au compromis entre préservation de la biodiversité et production agricole : « faut-il concentrer l'agriculture sur des terres et des cultures intensives en facteurs industriels pour conserver ailleurs plus d'espaces naturels riches en biodiversité (« *land sparing* ») ? Ou bien privilégier une agriculture plus diversifiée mais à plus faible rendement, c'est-à-dire plus extensive et donc moins économe en espaces naturels (« *land sharing* ») ? » D'après Green *et al.* (2005), cela dépend du niveau d'intensification de l'agriculture et de la relation biodiversité/rendement. La réponse serait en faveur d'une agriculture moins intensive (ou plus extensive) si la relation biodiversité/rendement est suffisamment « concave », c'est à dire si une augmentation du rendement n'entraîne pas une chute drastique de la biodiversité conciliant ainsi biodiversité et rendement dans les espaces cultivés (« *land sharing* »). Et ce d'autant que, comme le soutiennent d'autres chercheurs, une agriculture intensive n'implique pas nécessairement une économie de terre, faute de réglementations suffisamment fortes pour préserver les espaces non-cultivés sensés compenser les pratiques intensives sur les espaces cultivés (« *land sparing* »). Desquilbet *et al.* (2013) montrent par ailleurs que le compromis se situe davantage entre biodiversité et structure de la consommation alimentaire (prix et régime alimentaire). L'agriculture extensive suppose en effet des coûts de production plus élevés. Une généralisation de celles-ci (« *land sharing* ») supposerait alors de compenser les surcoûts associés pour les producteurs et les consommateurs. Plusieurs voies sont explorées par les auteurs : régimes alimentaires moins carnés, restriction des biocarburants, taxation des externalités négatives de l'agriculture au regard de la biodiversité, et bien sûr les synergies à construire entre biodiversité fonctionnelle et rendement (Gabriel *et al.*, 2013).

Cette étude met donc clairement en évidence le besoin politique qu'il y a à mesurer les services écosystémiques et quantifier les externalités positives ou négatives, de nos jours sous-estimées, selon les modèles de production, extensif ou intensif, biologique ou conventionnel.

Conclusions et perspectives

Dans la très grande majorité des cas, le mode de production biologique permet d'augmenter la biodiversité, en raison de pratiques spécifiques à l'AB et de combinaison de pratiques favorables. Dans de rares cas, ils sont négatifs et associés à la fréquence des interventions (traitements ou travail du sol). Dans certains cas, ils sont nuls en raison d'un continuum de pratiques moins spécifiques de l'AB et de l'importance prédominante de la diversité des habitats notamment à l'échelle des paysages.

Améliorer la gestion de la biodiversité dans les agroécosystèmes biologiques supposent donc de minimiser les fréquences des interventions pour maximiser les processus naturels. La diversification des agroécosystèmes et l'écologisation des pratiques n'est possible que par une (re) conception importante des agroécosystèmes actuels. Or il n'existe pas de système unique mais une diversité de solutions à proposer pour une diversité d'agroécosystèmes, y compris en AB. D'où un besoin important en innovation technique notamment pour proposer au « gestionnaire des agroécosystèmes » des outils de gestion et des systèmes d'information adaptables aux conditions locales : méthodes de suivi de la biodiversité, appui technique personnalisé, etc. et ainsi reconcevoir les systèmes existants. Les premiers gestionnaires de cette biodiversité étant les agriculteurs, il s'agit de proposer des outils qui leur soient accessibles et adaptés à leurs contraintes. Le projet BioBio présenté par Sarthou *et al.* (2013) a ainsi abouti à la proposition de 23 indicateurs qui sont à la fois scientifiquement valides et opérationnels. Ils estiment d'ailleurs que l'évaluation sur la base de ces indicateurs sur 10 000 exploitations chaque année coûterait 0,25 % seulement du budget du premier pilier de la PAC (Politique Agricole Commune).

Longtemps considérée dans les parcelles ou les systèmes, les échelles d'analyse s'adaptent à l'étendue des processus, et pose aujourd'hui les questions de distribution spatiale des surfaces en AB pour optimiser ces services (Gabriel *et al.*, 2010). La gestion des agroécosystèmes se pose alors à une échelle élargie et suppose une gestion collective des pratiques à l'échelle de (micro) territoires. À ce niveau, il semble incontournable d'associer les agriculteurs et les acteurs du territoire pour développer des stratégies à moyen et long terme, et ce même si la complexité du problème s'en trouve sensiblement augmentée.

Enfin, nous avons illustré dans notre dernière partie les dimensions économiques et politiques posées par la question de la biodiversité. Les changements de pratiques et la reconception des agroécosystèmes et des territoires supposent de lever de nombreux verrous sociotechniques aux niveaux des politiques publiques, des régimes alimentaires et de l'organisation des filières, de l'innovation et de la recherche-développement pour accompagner ces changements et concilier agriculture et biodiversité.

Références bibliographiques

- Aviron S., Perraudin M., Redondo S., Varennes Y.-D., Lefèvre A., 2013. Hétérogénéité de la colonisation des cultures maraîchères sous abri par les auxiliaires indigènes : rôle de la conduite des cultures et de leur environnement paysager. *Innovations Agronomiques*, 32, 351-363.
- Bengtsson J., Ahnstrom J., Weibull A. C., 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42 (2), 261-269.
- Coll P., Le Cadre E., Mérot A., Villenave C., 2013. La caractérisation du fonctionnement biologique du sol en viticulture biologique peut être réalisée par l'analyse de la nématofaune. *Innovations Agronomiques*, 32, 391-400.
- Desquilbet M., Dorin B., Couvet D., 2013. Land sharing ou land sparing pour la biodiversité: comment les marchés agricoles font la différence. *Innovations Agronomiques*, 32, 377-369.
- Fleury P., 2011. Agriculture biologique et environnement. Des Enjeux Convergents, Educagri éditions/ACTA, 272 p.
- Fuller R. J., Norton L. R., Feber R. E., Johnson P. J., Chamberlain D. E., Joys A. C., Mathews F., Stuart R. C., Townsend M. C., Manley W. J., Wolfe M. S., Macdonald D. W., Firbank L. G., 2005. Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. *Biology Letters*, 1 (4), 431-434.
- Gabriel D., Sait S. M., Hodgson J. A., Schmutz U., Kunin W. E., Benton T.G., 2010. Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters*, 13, 858-869.
- Gabriel D., Sait S. M., Kunin W. E., Benton T.G., 2013. Food production vs. biodiversity: comparing organic and conventional agriculture. *Journal of Applied Ecology*, 50, 355-364.
- Garratt M. P. D., Wright D. J., Leather S. R., 2011. The effects of farming system and fertilisers on pests and natural enemies: A synthesis of current research. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141, 261-270.
- Geiger F., De Snoo G. R., Berendse F., Guerrero I., Morales M. B., Oñate J. J., Eggers S., Pärt T., Bommarco R., Bengtsson J., Clement L. W., Weisser W. W., Olszewski A., Ceryngier P., Hawro V., Inchausti P., Fischer C., Flohre A., Thies C., Tscharrntke T., 2010. Landscape composition influences farm management effects on farmland birds in winter: A pan-European approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139 (4), 571-577.
- Hole D. G., Perkins A. J., Wilson J. D., Alexander I.H., Grice P. V., Evans A. D., 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122 (1), 113-130.
- Kleijn D., Kohler F., Baldi A., Batary P., Concepcion E. D., Clough Y., Diaz M., Gabriel D., Holzschuh A., Knop E., Kovacs A., Marshall E. J. P., Tscharrntke T., Verhulst J., 2009. On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 276 (1658), 903-909.
- Letourneau D. K., Bothwell S. G., 2008. Comparison of organic and conventional farms: challenging ecologists to make biodiversity functional. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6 (8), 430-438.
- Marliac G., Penvern S., Barbier J. M., Lescourret F., Capowiez Y., 2015. Impact of crop protection strategies on natural enemies in organic apple production. *Agriculture for Sustainable Development*, doi:10.1007/s13593-015-0282-5.
- Marliac G., Simon S., Mazzia C., Penvern S., Lescourret F., Capowiez Y., soumis. Increased grass cover height in the alleys of apple orchards does not promote *Cydia pomonella* biocontrol.
- Marliac G., 2014. Intensification de l'agriculture biologique: conséquences sur la régulation des phytophages en vergers de pommiers. Sciences et Agrosociétés. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon, p. 156.
- Puech C., Baudry J., Aviron S., 2013. Effet des pratiques biologiques et conventionnelles sur les communautés d'insectes auxiliaires dans les paysages agricoles. *Innovations Agronomiques*, 32, 401-412.
- Reid W., Mooney H., Cropper A., Capistrano D., Carpenter S., Chopra K., Dasgupta P., Dietz T., Duraiappah A., Hassan R., 2005. Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human wellbeing, Synthesis, Island Press, Washington DC, 356 p.
- Sandhu H. S., Wratten S. D., Cullen R., 2010. Organic agriculture and ecosystem services. *Environmental Science & Policy*, 13 (1), 1-7.
- Sarthou J. P., Choisis J. P., Amossé A., Arndorfer M., Bailey D., Balázs K., Balent G., Deconchat M., Dennis P., Eiter S., Fjellstad W., Friedel J. K., Jeanneret P., Jongman R. H. G., Kainz M., Moreno G., Ouin A., Paoletti M. G., Pointereau P., Stoyanova S., Viaggi D., Vialatte A., Wolfrum S., Herzog F., 2013. Indicateurs de biodiversité dans les exploitations agricoles biologiques et conventionnelles des Vallées et Coteaux de Gascogne, cas d'étude français du projet européen BioBio. *Innovations Agronomiques*, 32, 333-349.
- Tancoigne E., Barbier M., Cointet J.-P., Richard G., 2014. The place of agricultural sciences in the literature on ecosystem services. *Ecosystem Services*, 10, 35-48.

■ Tuck S. L., Winqvist C., Mota F., Ahnstrom 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.

■ Tuomisto H. L., Hodge I. D., Riordan P., Macdonald D. W., 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? – A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management*, 112, 309-320.

Questions / Réponses

► **J.-N. Aubertot** : Est-il pertinent, efficient, de « compartimenter » les actions de recherche par « mode de production » (exemple AB *versus* conventionnel) ? La réponse est certainement différente selon que l'on considère la recherche biotechnique et la recherche SHS.

S. Penvern : 1) Il y a un intérêt de recherches dédiées à des questions spécifiques à l'AB y compris en sciences biotechniques (exemple alternatives aux antibiotiques en élevage, sélection de variétés).

2) Il y a aussi un besoin d'élargir le spectre des pratiques et modes de production pour l'ensemble des recherches.

3) Je ne suis pas sûre que les recherches en « conventionnel » soient toutes transposables aux conditions de l'AB. Là aussi, il y a un besoin de vérifier la gamme de validité des résultats à l'AB pour gagner en « efficacité ».

> Approches innovantes pour appréhender la complexité des agroécosystèmes : contribution à l'amélioration des services de régulation des stress biotiques

J.-N. AUBERTOT¹

jean-noel.aubertot@toulouse.inra.fr

Résumé

Les performances agronomiques et environnementales des agroécosystèmes dépendent d'un ensemble complexe d'interactions entre le ou les peuplement(s) cultivé(s), le pédoclimat, les actions anthropiques, et le reste de la biocénose, et ce, à l'échelle de la parcelle cultivée et du territoire. Il est donc nécessaire de recourir à la modélisation afin d'appréhender ces hauts niveaux de complexité pour aider à la conception de systèmes de culture, notamment pour favoriser les régulations des stress biotiques. Cette communication propose i) une représentation synoptique du fonctionnement des agroécosystèmes ; ii) une réflexion méthodologique sur la manière de mieux prendre en compte la complexité des agroécosystèmes pour développer des stratégies de gestion agroécologique des stress biotiques ; et iii) d'illustrer différentes approches de modélisation permettant d'appréhender des niveaux de complexité différents pour aider à proposer des modes de gestion intégrés et durables des agroécosystèmes.

Mots-clés : Gestion agroécologique des bioagresseurs, contrôle cultural, modélisation, système de culture, ennemis des cultures

Introduction

L'agriculture du 21^{ème} siècle devra produire plus, assurer le développement économique et social de différentes régions du monde, tout en préservant l'environnement. Afin d'atteindre ce triple objectif, la maîtrise des stress biotiques responsables de pertes de récolte (quantitatives et qualitatives), tout en limitant l'utilisation des pesticides, est certainement l'un des premiers leviers à considérer. Les objectifs de cette communication sont de i) proposer une représentation conceptuelle simple, mais opérationnelle, du fonctionnement d'un système complexe : l'agroécosystème ; ii) présenter une réflexion sur le renouvellement des méthodes pour permettre la maîtrise des stress biotiques dans les agroécosystèmes tout en limitant le recours aux pesticides ; iii) illustrer cette réflexion par trois approches de modélisation innovantes.

Représentation synoptique du fonctionnement d'un agroécosystème

La figure 1 représente de manière simplifiée le fonctionnement d'un agroécosystème. On remarque que l'agroécosystème peut être perçu non seulement comme un système complexe, i.e. que ses performances (sociales, environnementales et économiques) sont des propriétés émergentes, mais aussi comme un système ouvert interagissant avec les pratiques agricoles, le territoire et le climat.

L'agroécologie et différentes disciplines associées (*inter alia* microbiologie, entomologie, zoologie, malherbologie, pathologie végétale, écophysioogie) permettent d'appréhender les principales interactions entre les différents taxons présents dans une parcelle cultivée (peuplement(s) cultivé(s), macrofaune et microorganismes telluriques, plantes adventices, macrofaune et microorganismes aériens) et le biotope, ainsi que les interactions biotiques. La biocénose d'un agroécosystème peut ainsi être décomposée en i) peuplement(s) cultivé(s) ; ii) bioagresseurs⁰¹ ; iii) auxiliaires⁰² ; iv) le reste de la biocénose⁰³. Ces différents organismes peuvent ou non directement interagir entre eux (interactions biologiques), mais sont toujours en interaction avec le milieu physique et chimique (microclimats du sol et du couvert ; états physiques et chimiques du sol). Le nombre d'individus présents dans un agroécosystème est tellement élevé (e.g. 10^{14} bactéries dans $1,0 \text{ m}^3$ de sol, Bartz *et al.*, 2015) qu'il est impossible de représenter explicitement les interactions biologiques potentielles associées⁰⁴. Il convient donc de ne représenter que les principales interactions du système complexe figurant sur la figure 1, de manière à aider à la conception de systèmes de culture permettant d'atteindre un vecteur de performances dans une situation de production donnée⁰⁵.

01. Tout organisme vivant entraînant une perte de récolte quantitative ou qualitative.

02. Antagonistes aux organismes nuisibles des cultures, et d'une manière générale tout organisme rendant un service écosystémique (e.g. pollinisation).

03. Parfois appelé « biodiversité ordinaire ».

04. En termes d'ordre de grandeurs, une parcelle d'un hectare pourrait être le siège d'un maximum de $5,0 \cdot 10^{35}$ interactions biologiques potentielles, en supposant qu'il existe 10^{14} organismes par m^3 de sol et que la profondeur de sol est de $1,0 \text{ m}$.

05. A production situation is defined by the physical, chemical and biological components, except for the crop, of a given field (or agroecosystem) and its environment, as well as socio-economic drivers that affect farmer's decisions (adapté de Breman and de Wit, 1983; Aubertot et Robin, 2013).

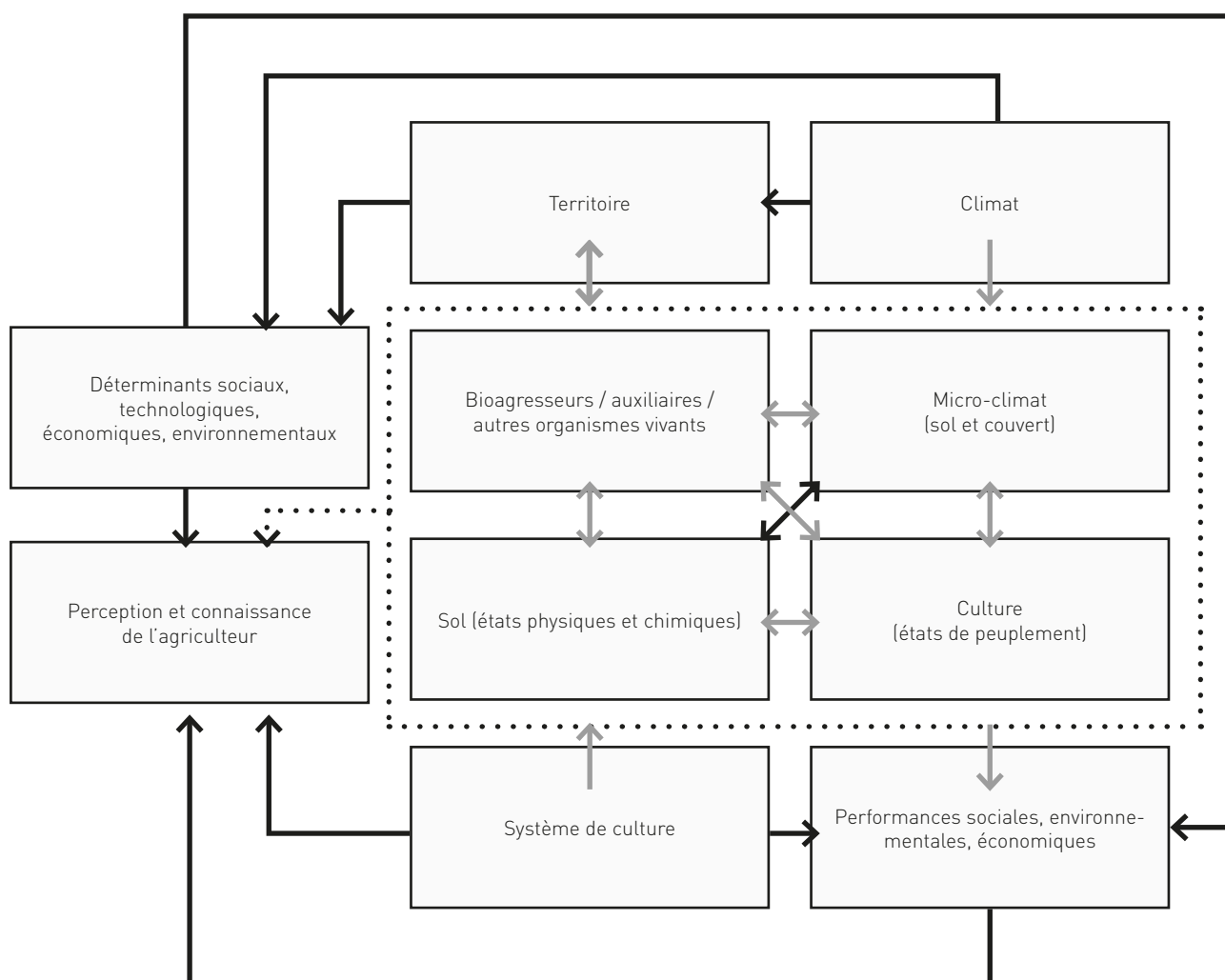
1. INRA, CENTRE DE RECHERCHES DE TOULOUSE

UMR 1248 AGIR BP 52627, 31326 Castanet Tolosan Cedex, France

On remarquera que les systèmes de culture effectivement mis en place dépendent de la perception de déterminants sociaux, technologiques, économiques et environnementaux par l'agriculteur, de sa cognition et de ses objectifs. Les ap-

ports des sciences humaines et sociales sont donc essentiels pour faire évoluer les agroécosystèmes, même si ceux-ci ne sont pas abordés ici.

Figure 1 Représentation synoptique du fonctionnement d'un agroécosystème. Les interactions représentées par les flèches en gris clair sont celles qui doivent être étudiées de manière privilégiée dans les travaux ayant trait à la protection des cultures. L'échelle implicite de l'agroécosystème considéré (dans le rectangle en pointillés) est la parcelle cultivée. Le territoire évoqué correspond à toute portion du territoire, anthropisée ou non, susceptible d'interagir avec la parcelle considérée via des échanges biologiques, physiques ou chimiques (source : Aubertot et Robin, 2013).



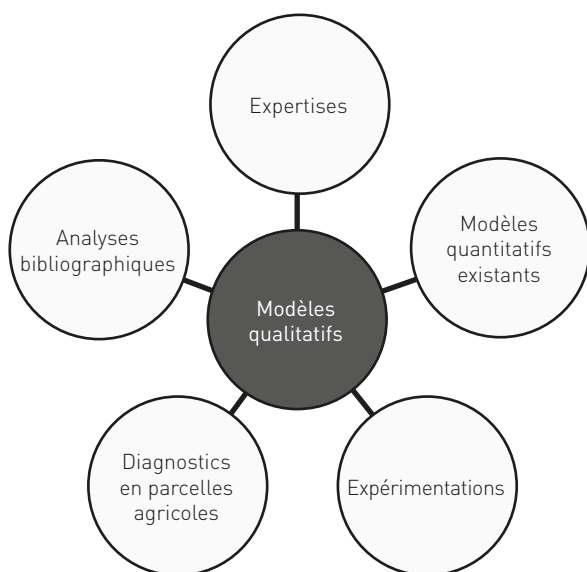
Quels renouvellements méthodologiques pour mieux appréhender la complexité des agroécosystèmes ?

La non utilisation des pesticides conduit à une plus grande biodiversité au sein des agroécosystèmes. Ainsi, pendant des décennies, les modèles de culture développés n'ont pas intégré les stress biotiques et seuls certains couplages ont permis d'effectuer des analyses d'élaboration du rendement (Otang-Darko *et al.*, 2013). Ceci correspondait à une vision où le(s) peuple-

ment(s) cultivé(s) n'interagissai(en)t qu'avec le biotope, sous l'influence des pratiques agricoles et du climat. Le premier pas vers une meilleure prise en compte de la complexité des agroécosystèmes pour améliorer les services de régulation des stress biotiques consiste à modifier les représentations conceptuelles des agroécosystèmes à piloter (les exemples

2 et 3 des sections 3 et 4 résultent de schémas conceptuels intégrant plus d'éléments que la majorité des modèles épidémiologiques classiques : différents éléments du système de culture, échelles territoriales et pluriannuelles, structure génétique des populations, performances sociales, économiques et environnementales). La plupart des disciplines scientifiques ont tendance, par nécessité, à limiter le domaine étudié afin de produire des connaissances analytiques. Au contraire, l'agroécologie propose une vision holistique des systèmes en se nourrissant d'éléments de connaissance produits par des disciplines plus analytiques. Néanmoins, il demeure difficile d'intégrer des éléments de connaissance épars, produits par différents champs disciplinaires. De plus, les agroécosystèmes limitant le recours aux pesticides étant plus complexes, la seule démarche expérimentale ou le diagnostic en parcelles agricoles (Doré *et al.*, 2008) ne sont pas suffisant pour produire des connaissances actionnables. Nous proposons une nouvelle démarche méthodologique permettant de combiner 2 sources de connaissances primaires (expérimentations au champ, en serre, ou en chambre de culture ; et diagnostic) et 3 sources de connaissances secondaires (résultant des deux précédentes) : modèles, expertises, et articles scientifiques et techniques (Figure 2, cf. exemple 3 de la section 5).

Figure 2 Intégration de différentes sources d'information dans des modèles qualitatifs afin de mieux appréhender la complexité des agroécosystèmes et proposer des stratégies de pilotage plus durables de ces agroécosystèmes.



Le fait de choisir des formalismes qualitatifs permet de pouvoir agréger des jeux de données issus de démarches expérimentales et de diagnostic en parcelles agricoles différentes, et qui sont généralement issus de protocoles non harmonisés car réalisés par différentes équipes, avec des objectifs différents. En outre, les experts (qu'ils soient chercheurs, agents de développement, voire agriculteurs) peuvent plus facilement exprimer leurs connaissances à l'aide de variables qualitatives qu'avec des variables quantitatives.

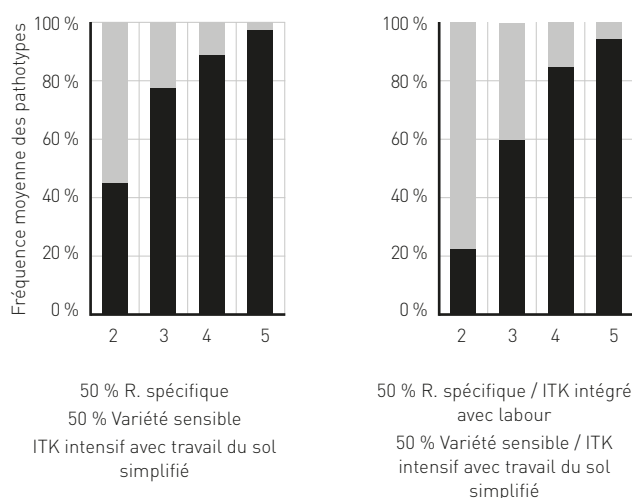
Enfin, il est frappant de constater qu'un agroécosystème n'est pas toujours vu comme un système complexe tel que présenté sur la figure 1 dans les démarches expérimentales ou de diagnostic en parcelles agricoles. En effet, pour caractériser le fonctionnement d'un système complexe, il est important de recueillir un ensemble d'informations sur les principaux éléments de ce système. Or, très rares sont les jeux de données permettant une description exhaustive des principaux éléments constituant un agroécosystème tel que présenté sur la figure 1. Cet état de fait est compréhensible compte tenu du coût de l'observation et du recueil de données en général. Néanmoins, les approches expérimentales ou de diagnostic de différentes équipes gagneraient à être réalisées sur des agroécosystèmes communs, de manière à ce que chaque contributeur puisse bénéficier des caractérisations effectuées par les autres. En ce sens, les démarches expérimentales ou de diagnostic en agroécologie appellent à la mise en œuvre concrète d'une réelle interdisciplinarité autour de dispositifs partagés. Afin d'alléger le processus de caractérisation, de nouvelles technologies telles que le metabarcoding (« *high tech* »), ou des caractérisations visuelles (« *low tech* ») pourraient être mises en œuvre.

Exemple 1 : modélisation des effets des systèmes de culture et de leur agencement sur le territoire sur les épidémies et l'adaptation des populations à des résistances spécifiques

Le modèle SIPPOM (Simulator for Integrated Pathogen Population Management, Lô-Pelzer *et al.*, 2010), permet d'intégrer les effets des pratiques agricoles et du climat sur les différentes phases du phoma du colza, et l'évolution de la structure génétique de la population pathogène. Ce modèle fonctionne avec deux niveaux spatiaux : le pixel (la représentation du territoire est spatialement explicite et mobilise un formalisme raster), et la parcelle (échelle des systèmes de culture considérés). La première phase consiste à prévoir pour chaque parcelle de colza du territoire le développement épidémique du phoma en fonction du climat, des pratiques agricoles et de l'allo-inoculum. Un modèle de nuisibilité (relation dégâts-dommages) est mobilisé pour prévoir les pertes de rendement relatives causées par la maladie. La production d'inoculum primaire est prédite à partir d'une répartition initiale sur le territoire des résidus de colza, d'une description des structures des populations pathogènes, et du climat. L'inoculum créé à partir des nouveaux résidus est prévu à partir d'une prédiction de biomasse de résidus, d'un modèle matriciel (Schneider *et al.*, 2006) et de variables climatiques. Un modèle de culture (Azodyn-colza, Jeuffroy *et al.*, 2006) prévoit les états de peuplement (biomasse, indice foliaire), ainsi que le rendement accessible en fonction du pédoclimat et des pratiques agricoles. L'évolution de la structure des populations pathogènes est simulée en représentant la dispersion entre parcelles (migration) et appliquant un « filtre » génétique sur les individus possédant une avirulence

correspondante à une résistance spécifique présente sur une parcelle donnée (sélection). Ainsi, à partir d'une situation initiale en termes de résidus de colza et de structure génétique des populations pathogènes, de descripteurs du pédo-climat et des pratiques agricoles, SIPPOM-WORS permet de représenter 1) les dynamiques épidémiques et populationnelles (caractérisées par des notes de sévérité de nécrose au collet, des pertes de rendement, et la structure génétique des populations), 2) des performances agronomiques (le rendement obtenu), 3) des performances économiques en fonction de déterminants économiques et des pratiques réalisées, 4) des performances environnementales en termes d'IFT, et de coût énergétique des pratiques.

Figure 3 Exemples de résultats de simulation obtenus avec le modèle SIPPOM-WORS (Lô-Pelzer *et al.*, 2010) sur la durabilité d'une résistance spécifique introduite dans une petite région agricole. Les barres en gris clair représentent la fréquence des pathotypes avirulents sur la résistance. Les barres noires représentent la fréquence des pathotypes virulents sur la résistance.

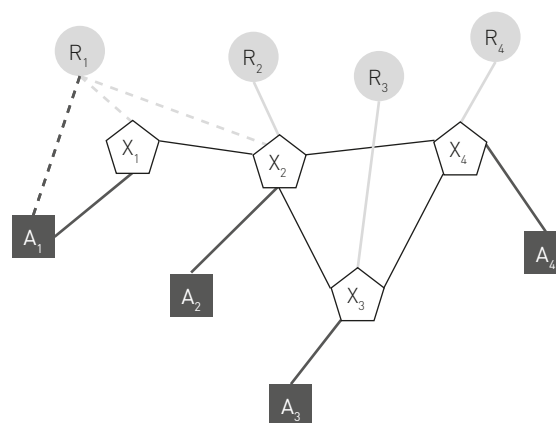


À titre d'illustration, la figure 3 représente les résultats issus d'une analyse par simulation de deux stratégies de conduite du colza à l'échelle du territoire qui a été réalisée à l'aide du modèle SIPPOM-WORS (Lô-Pelzer *et al.*, 2010). Une petite région agricole de 800 m * 800 m comportant 16 parcelles de 4 ha chacune a été considérée. On a fait l'hypothèse que chaque parcelle accueillait une rotation classique colza/blé/orge. La première simulation correspond à un territoire où toutes les parcelles de colza sont conduites avec un itinéraire technique intensif (avec simplification du travail du sol) et pour lequel la moitié des parcelles sont semées avec une nouvelle résistance spécifique. La seconde simulation correspondant à un territoire où la moitié des parcelles de colza est semé avec une variété comportant une nouvelle résistance spécifique, associée à un itinéraire technique intensif (avec travail du sol simplifié), l'autre moitié des parcelles de colza étant semée avec une variété sensible et conduite avec un itinéraire technique intégré (avec labour). On observe (Figure 3) que les deux stratégies collectives conduisent au

bout de 5 années au contournement quasi-complet de la résistance. Néanmoins, les résultats issus des simulations de SIPPOM-WORS indiquent que la seconde stratégie (i.e. adaptation de l'itinéraire technique aux variétés présentant la résistance spécifique étudiée) ralentit effectivement le processus d'adaptation de la population pathogène. Ce type de simulation peut être utilisé comme support de réflexion pour les ingénieurs du développement vis-à-vis du conseil à prodiguer aux agriculteurs devant maîtriser la maladie.

Exemple 2 : utilisation du cadre des Processus Décisionnels de Markov sur Graphe pour la protection des cultures

Figure 4 Représentation d'un Processus Décisionnel de Markov sur Graphe. Le système est défini par l'ensemble des valeurs des vecteurs (notés X_i) qui représentent l'état des nœuds du graphe. La probabilité de transition de chaque variable d'état ne dépend que des valeurs des variables d'état et d'action voisines (A_i). La fonction de récompense immédiate du graphe est la somme de fonctions de récompense individuelles associées à chaque sommet du graphe (notées R_i).



Pour traiter de la même question que l'exemple précédent, le cadre des Processus Décisionnels de Markov sur Graphe (PDMG) a été mobilisé. Un graphe est un ensemble d'éléments (appelés également sommets ou nœuds) structurés selon des arrêtes orientées ou non (Figure 4). Chaque nœud d'un graphe est décrit par plusieurs variables d'état pouvant prendre chacune un ensemble de valeurs. Un Processus Décisionnel de Markov sur Graphe est constitué d'un espace d'état multidimensionnel (dans notre cas un ensemble de parcelles décrites par un ensemble de variables : rendement, note de sévérité, fréquence de pathotypes virulents) ; d'un espace d'action multidimensionnel (dans cet exemple, type de travail du sol et le choix variétal) ; de fonctions de transition markoviennes (i.e. la probabilité qu'un nœud soit dans un état donné ne dépend que de son état précédent et d'actions réalisées) ; de fonctions de récompense individuelles (dans notre cas une marge brute par parcelle). La fonction de récompense immédiate du graphe est la somme de fonctions de récompense individuelles associées à chaque sommet du graphe (Figure 4). Résoudre un PDMG consiste à définir des

politiques (ou ensemble de règles de décision) optimales par rapport à la maximisation de la récompense globale du PDMG (avec un horizon de temps infini de manière à limiter les biais associés aux solutions sur des horizons de temps finis). Nous avons pu montrer que résoudre le PDMG dans le cas du phoma du colza, conduisait à une meilleure performance en termes de gestion durable de la maladie (maximisation de la marge brute sur un horizon de temps infini en tenant compte des processus adaptatifs de la population pathogène) qu'un ensemble de règles de décisions expertes (Tixier *et al.*, 2013). Lorsque la méthode de résolution des PDMG pourra être appliquée à des systèmes plus complexes (en terme de taille des vecteurs d'action et de vecteurs d'état), elle apportera des éléments de réponse significatifs pour des problématiques de gestion coordonnée de processus agroécologiques (Tixier et

al., 2013). Les points d'achoppement de cette méthode sont pour le moment la longueur des temps de calcul et le fait que l'on utilise un algorithme de résolution approché. Dans le cas de SIPPOM-WORS (exemple 2), la longueur des temps de calcul résultait du calcul des convolutions représentant les flux d'ascospores entre parcelles (environ une journée de temps de calcul pour réaliser une simulation pour un territoire de quelques km² sur un horizon temporel d'une dizaine d'années). Dans le cas de la résolution du PDMG adapté au phoma du colza, les temps de calcul nécessaires à la représentation du fonctionnement de l'agroécosystème considéré est très faible. En revanche, les temps de calcul pour l'exploration des politiques possibles et le calcul des valeurs de récompenses globales associées sont eux limitant.

Exemple 3 : développement de la plateforme de modélisation IPSIM

Figure 5 Structure du réseau hiérarchique bayésien déterministe constituant le modèle IPSIM-Wheat-Eyespot et les échelles ordinales associées aux différents attributs (Robin *et al.*, 2013).

Attribute	Scale
Final incidence of eyespot	80-100 %; 60-80 %; 40-60 %; 20-40 %; 0-20 %
Effects of cropping practices	Favourable; Moderately favourable; Unfavourable
Primary inoculum management: interaction between crop sequence and tillage	Favourable; Moderately favourable; Unfavourable
Preceding crop	Host; Risk amplifying non-host; Non host
Pre-preceding crop	Host; Risk amplifying non-host; Non host
Tillage after harvest of the previous crop	Non-inversion tillage; Inversion tillage
Tillage after harvest of the pre-previous crop	Non-inversion tillage; Inversion tillage
Escape: effects of the sowing date	Early sowing; Normal sowing date; Late sowing
Mitigation through crop status	Favourable; Moderately favourable; Unfavourable
Cultivar choice	Very susceptible to susceptible; Moderately favourable; Quite to very resistant
Level of N fertilisation	Excess level; Balanced level
Sowing rate	High; Normal; Low
Chemical control: use of fungicide	None; One
Effect of soil and climate	Very favourable; Favourable; Unfavourable
Soil	Favourable; Neutral
Climate	Very favourable; Favourable; Unfavourable
Autumn/winter	Very favourable; Favourable; Unfavourable
Spring	Very favourable; Favourable; Unfavourable
Interactions with the territory	Favourable; Neutral
Beneficial sources	Normal; Important
Primary inoculum sources	Important; Normal

La plateforme de modélisation IPSIM (Injury Profile Simulator) a été développée dans le but d'aider à créer des modèles qualitatifs prédisant le profil de dégâts (causés par des agents pathogènes, des adventices et des ravageurs) en fonction des pratiques agricoles, du pédoclimat, et de l'environnement de la parcelle (Aubertot et Robin, 2013). Cette plateforme, réalisée à l'aide du logiciel DEXi, dont l'objectif initial était d'aider à décomposer des décisions complexes en des sous-questions plus faciles à appréhender (Bohanec *et al.*, 2013), permet de réaliser facilement des réseaux hiérarchiques bayésiens déterministes. La figure 5 présente le modèle IPSIM-Wheat-Eyespot qui a été développé à partir d'une analyse bibliographique, d'expertises multiples et d'un jeu de données conséquent (Robin *et al.*, 2013).

À l'instar des modèles quantitatifs, la qualité prédictive de ce type de modèle peut être évaluée rigoureusement. La figure 6 représente la matrice de confusion obtenue avec un large jeu de données indépendant de la construction du modèle. On remarque que le modèle a une précision de 0,49, ce qui signifie que dans pratiquement la moitié des situations, la sévérité observée de la maladie est correctement prédite et une valeur de Kappa (pondéré quadratiquement) de 0,61, ce qui signifie qu'un peu moins de deux tiers de la variabilité du jeu de données est expliquée par le modèle, même si celui-ci comporte essentiellement des faibles niveaux de sévérité (classe 0-20 %). Une procédure d'ajustement pourrait encore améliorer la qualité prédictive du modèle établi uniquement à l'aide d'analyses bibliographiques et d'expertises (cf. Figure 2).

Figure 6 Matrice de confusion du modèle IPSIM-Wheat-Eyespot et distribution marginales associées (données observées sur 19 régions et 9 années).

Observed	Simulated					Total
	0-20 %	20-40 %	40-60 %	60-80 %	80-100 %	
0-20 %	217 41,3	49 9,32	5 0,951	1 0,190	0 0	272 51,7
20-40 %	61 11,6	9 1,71	14 2,66	0 0	1 0,190	85 16,2
40-60 %	41 7,79	3 0,570	13 2,47	4 0,760	9 1,71	70 13,3
60-80 %	10 1,90	2 0,380	17 3,23	3 0,570	11 2,09	43 8,17
80-100 %	7 1,33	0 0	27 5,13	4 0,760	18 3,42	56 10,6
Total	336 63,9	63 12,0	76 14,4	12 2,28	39 7,41	526 100

Conclusion

Cette communication identifie 5 leviers pour renouveler les approches permettant une gestion agroécologique des stress biotiques :

- renouvellement des modèles conceptuels sous-jacents aux programmes de recherche ou de développement, de manière à mieux intégrer la biodiversité fonctionnelle, les effets des pratiques agricoles et la situation de production
- développement de démarches de modélisation innovantes : augmentation du niveau de complexité des processus pris en compte dans les modèles mécanistes, utilisation du cadre des Processus Décisionnels de Markov sur Graphe, développement de modèles qualitatifs
- diversification et intégration des sources de connaissances
- augmentation du nombre de variables caractérisées dans les approches expérimentales ou de diagnostic.

Ces évolutions, associées à une meilleure articulation entre approches biotechniques et sciences humaines et sociales, devraient permettre d'aider à la conception d'agroécosystèmes plus durables, à la manière dont le projet Biophyto a abordé la question de la gestion des stress biotiques au sein des vergers de manguiers à La Réunion.

Références bibliographiques

- Aubertot J.-N., Robin M. H., 2013. Injury Profile SIMulator, a qualitative aggregative modelling framework to predict injury profile as a function of cropping practices, and abiotic and biotic environment. I. Conceptual bases. *Plos One*.
- Bartz D., Beste A., Brent Z., Chemnitz C., Bonnet Dunbar M., Ehlers K., Feldt H., Fuhr L., Gerke J., Green A., Holdingham H., Kotschi J., Lal R., Lymbery P., Mathias E., Montanarella L., Mundy P., Nolte H., Núñez Burbano de Lara M. D., Ostermeier M., Peinl H., Rodrigo A., Sharma R., Sperk C., Tomiak K., Weigelt J., Jo Wetter K., Wilson J., 2015. Soil Atlas 2015. Heinrich Böll Foundation.
- Bohanec M., Rajkovič V., Bratko I., Zupan B., Žnidaršič M., 2013. DEX methodology: Three decades of qualitative multi-attribute modelling. *Informatica*, 37, 49-54.
- Breman H., de Wit C. T., 1983. Rangeland Productivity and Exploitation in the Sahel. *Science*, 221, 1341-1347.
- Doré T., Clermont-Dauphin C., Crozat Y., David C., Jeuffroy M. H., Loyce C., Makowski D., Malézieux E., Meynard J. M., Valantin-Morison M., 2008. *Agronomy for sustainable development*, 28, 151-161.
- Jeuffroy M. H., Valantin-Morison M., Champolivier L., Reau R., 2006. Nitrogen and grain yield and quality: design and utilization of the Azodyn-rape model for improving oilseed rape performance in relation to nitrogen. *OCL Oleagineux, Corps Gras, Lipides*, 13, 388-392.
- Lô-Pelzer E., Bousset L., Jeuffroy M. H., Salam M. U., Pinochet X., Boillot M., Aubertot J.-N., 2010. SIPPOM-WOSR: A Simulator for Integrated Pathogen POPulation Management of phoma stem canker on Winter Oil Seed Rape. I. Description of the model. *Field Crops Research*, 118, 73-81.
- Oteng-Darko P., Yeboah S., Addy S. N. T., Amponsah S., Danquah E. O., 2013. Crop modeling: A tool for agricultural research – A review. *Journal of Agricultural Research and Development*, 2, 1-6.
- Robin M. H., Colbach N., Lucas P., Montfort F., Cholez C., Debaeke P., 2013. Injury Profile SIMulator, a Qualitative Aggregative Modelling Framework to Predict Injury Profile as a Function of Cropping Practices, and Abiotic and Biotic Environment. II. Proof of Concept: Design of IPSIM-Wheat-Eyespot. *Plos One*.
- Schneider O., Roger-Estrade J., Aubertot J.-N., Doré T., 2006. Effects of seeders and tillage equipment on vertical distribution of oilseed rape stubble. *Soil and Tillage Research*, 85, 115-122.
- Tixier P., Peyrard N., Aubertot J.-N., Gaba S., Radoszycki J., Caron-Lormier G., Vinatier F., Sabbadin R., 2013. Modelling interaction networks for enhanced ecosystem services in agroecosystems. *Advances in Ecological Research*, 49, 437-480.

Questions / Réponses

► **S. Penvern** : Comment intégrer les objectifs de production et règles de décision des agriculteurs dans vos modèles ? Par exemple, en consultant des groupes d'agriculteurs comme « experts » dans la définition des paramètres et règles d'agrégation de vos modèles qualitatifs.

J.-N. Aubertot : La modélisation de la décision n'est pas prise en compte dans les approches de modélisation présentées. En revanche, il est tout à fait possible d'intégrer les règles de décisions dans les simulations en les activant pour définir les choix de conduite correspondant à certaines variables d'entrée des modèles. Effectivement, pour le modèle IPSIM, des collectifs d'agriculteurs et/ou de conseillers peuvent proposer de nouvelles règles d'agrégation de manière à formaliser leurs expertises propres.

► **B. Reynaud** : 1) Quelle est la robustesse du modèle selon le bioagresseur considéré (insecte, pathogène, adventice) ? 2) Sur quel set de données ce modèle a-t-il été testé ?

J.-N. Aubertot : La qualité prédictive de chacun des modules du modèle IPSIM-Wheat a été évaluée (ou est en cours d'évaluation) par des jeux de données indépendants. Il ressort effectivement une robustesse différente en fonction du niveau de connaissance disponible sur le bioagresseur considéré. Généralement, on dispose de jeux de données comportant environs un millier de sites-années en regroupant différentes sources expérimentales (plusieurs régions sur une ou deux décennies en général, MFE, Prix).

> Initiatives en protection agroécologique des cultures menées en partenariat par le Cirad en zones tropicales

A. RATNADASS¹ | J.-P. DEGUINE²

avec la collaboration de : P. DEBERDT¹ | I. GRECHI¹ | S. NIBOUCHE² | B. RHINO¹ | M. SESTER³ | J.-F. VAYSSIÈRES¹
alain.ratnadass@cirad.fr

Résumé

La protection agroécologique des cultures repose principalement sur les principes de prévention, de manipulation de la diversité végétale et de lutte biologique par conservation dans les agroécosystèmes. La gestion sans pesticides des mouches des cucurbitacées à La Réunion en est un exemple particulièrement illustratif. D'autres exemples d'application de cette approche par le Cirad et ses partenaires en milieu tropical sont présentés. Ils concernent : i) la gestion du flétrissement bactérien de la tomate en Martinique par rotations assainissantes avec des plantes de service ; ii) la gestion des vers blancs et de la pyriculariose sur riz pluvial en systèmes d'agriculture de conservation à Madagascar ; iii) la gestion des mouches des fruits en vergers de manguiers au Bénin par lutte biologique par conservation ; iv) la gestion par détournement stimulodissuasif (« *push-pull* ») de la Noctuelle de la tomate en Martinique et du Foreur de la canne à sucre à La Réunion.

Mots-clés : plante de service, push-pull, lutte biologique par conservation, agriculture de conservation, tomate, riz, mangue

Introduction

Sous les tropiques, les producteurs sont confrontés à des problèmes phytosanitaires qui d'une part compromettent la sécurité alimentaire et aggravent la pauvreté dans les systèmes traditionnels à faible niveau d'intrants (notamment en Afrique subsaharienne), et d'autre part entraînent des pollutions et intoxications affectant la santé humaine et environnementale dans les systèmes plus intensifs (notamment dans les îles de l'Outre-Mer Français). Certains producteurs sont également confrontés aux restrictions aux exportations du fait des règles strictes imposées par les pays importateurs, en particulier en matière de ravageurs ou pathogènes de quarantaine et de teneurs en résidus de pesticides.

Le Cirad accompagne les producteurs confrontés à ces différents types d'enjeux, en partenariat avec les institutions locales, en suivant l'approche de protection agroécologique des cultures (Deguine *et al.*, 2009). Cette approche repose principalement sur les principes de prévention, de manipulation de la diversité végétale et de lutte biologique par conservation dans les agroécosystèmes. La gestion sans pesticides des mouches des cucurbitacées à La Réunion

qui a été menée dans le cadre du Projet GAMOUR, en est un exemple particulièrement illustratif (Deguine *et al.*, 2013).

La protection agroécologique des cultures s'appuie en particulier sur le principe de maintien ou d'introduction planifiée de diversité végétale spécifique dans les agroécosystèmes pour réguler les populations de bioagresseurs et réduire leur impact, et ce via plusieurs chemins (Figure 1), sur lesquels nous reviendrons en fonction des cas d'études présentés ci-après.

En effet, outre le cas d'étude emblématique de la gestion des mouches des Cucurbitacées qui fait l'objet d'une présentation dans une autre communication de ce séminaire (Deguine *et al.*, 2014), nous présentons dans cette communication des cas d'études pertinents par rapport au projet Biophyto, soit qu'ils concernent des DOM insulaires (notamment Martinique), la région Océan Indien (en l'occurrence un exemple malgache), ou la mangue (même si dans le contexte un peu plus éloigné du continent africain).

Gestion agroécologique du flétrissement bactérien de la tomate en Martinique

En Martinique, les cultures maraîchères, en particulier la tomate, sont confrontées aux dégâts dramatiques causés par la population émergente de *Ralstonia solanacearum*, agent du flétrissement bactérien, contre laquelle il n'existe pas de méthode de lutte chimique ni de résistances variétales. À l'instar de travaux qui ont été menés sur d'autres bioagresseurs telluriques (nématodes phytopathogènes) on s'est lancé dans un travail d'identification de plantes de service qui pourraient avoir un effet assainissant (au sens large) en rotation, selon des processus directs (et « bot-

1. CIRAD, UR HORTSYS
F-34398 Montpellier, France

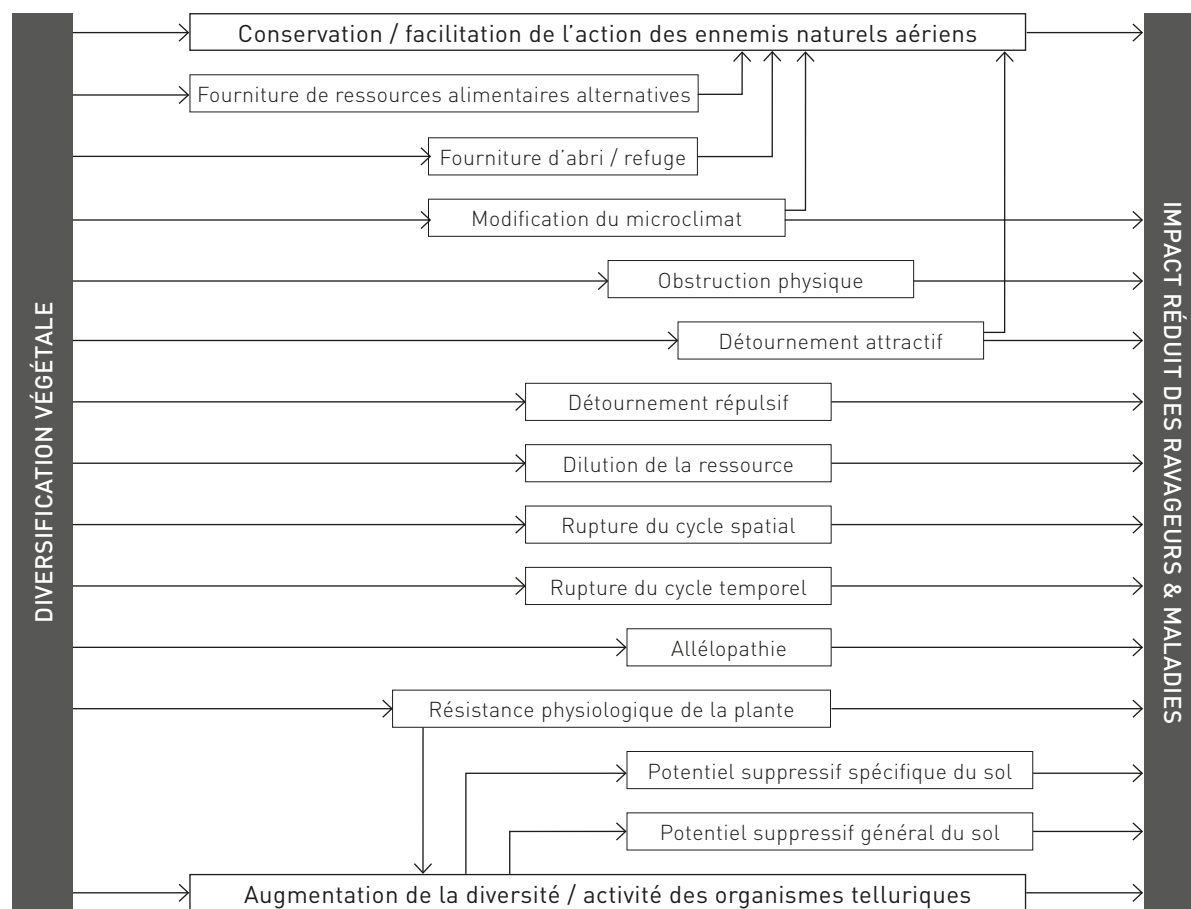
2. CIRAD, UMR C-53 PVBMT
F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

3. CIRAD, UPR AÏDA, FOFIFA-CIRAD
BP 230, Antsirabe 110, Madagascar

tom-up ») de rupture du cycle temporel et d'allélopathie, et indirects (notamment « top-down ») de suppressivité du sol

vis-à-vis de la bactérie, par favorisation des communautés de microorganismes antagonistes ou concurrents (Figure 1).

Figure 1 Processus écologiques de régulation des bioagresseurs par diversification végétale spécifique (d'après Ratnadass *et al.*, 2012a).



Des essais menés en pots en serre et en plein champ ont montré que des plantes de service en rotation permettaient de réduire significativement l'incidence du flétrissement bactérien par rapport à la succession tomate sur tomate. Il s'agit en particulier la Cive antillaise (*Allium fistulosum*, une Alliace) et de deux espèces de crotalaires (*Crotalaria juncea* et *C. spectabilis*, des Fabacées) (Diedhiou *et al.*, 2012).

Des études ont aussi montré que la rotation avec *C. spectabilis* mais aussi un cultivar de la Brassicacée *Raphanus sativus* (le radis fourrager) pouvait réduire significativement l'incidence de la maladie par rapport au Témoin « tomate sur tomate » (réduction de 86 % après *R. sativus* cv. Melody et de 60 % après *C. spectabilis*) (Deberdt *et al.*, 2014).

Gestion agroécologique des bioagresseurs du riz pluvial à Madagascar

▼ CONTEXTE

L'augmentation de la pression foncière sur les zones de bas-fonds des Hauts Plateaux du centre de Madagascar, a conduit au développement d'une riziculture pluviale sur les collines. Des variétés de riz pluvial adaptées aux conditions climatiques froides des Hautes Terres ont été développées depuis les années 1980 et sont à présent largement diffusées (Raboin *et al.*, 2011). Parallèlement, des systèmes de culture avec semis direct sur couverture végétale (SCV) (dits aussi en "Agriculture de conservation") ont été introduits dans le pays pour réduire l'érosion et améliorer la résilience des cultures pluviales aux risques climatiques (Michellon *et al.*, 2010).

Or les larves et adultes terricoles de certaines espèces de Coléoptères Scarabeoidea causent d'importants dégâts au riz pluvial, notamment en SCV (Ratnadass *et al.*, 2006). Le traitement insecticide des semences assure une protection efficace contre les dégâts au collet des adultes de certaines espèces, mais pas ceux aux racines des vers blancs. De toute façon, les coûts économiques, environnementaux et sanitaires de cette technique ont justifié des recherches pour s'en affranchir (Ratnadass *et al.*, 2012b).

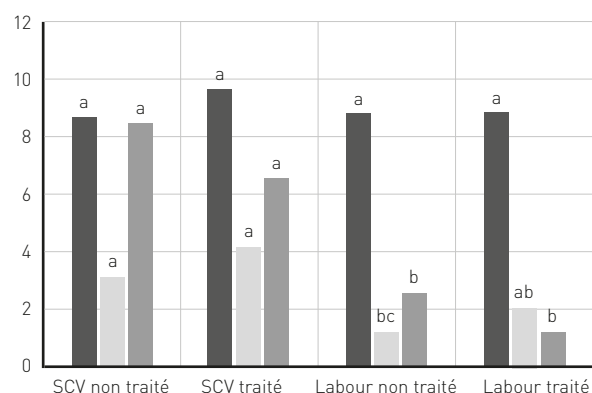
Un autre frein majeur au développement de la riziculture pluviale sur les hauts plateaux malgaches est la pyriculariose du riz (dont l'agent causal est le champignon *Magnaporthe*

oryzae, la principale maladie fongique du riz au niveau mondial). Le pathogène s'est rapidement adapté aux variétés de riz tolérantes au froid, en contournant leur résistance du fait de leur base génétique étroite. La protection du riz par application de fongicides étant hors de portée des producteurs, des travaux ont été entrepris pour déterminer l'effet d'un système SCV sur l'impact du pathogène.

▼ GESTION AGROÉCOLOGIQUE DES VERS BLANCS

Un système SCV, fondé sur une rotation riz pluvial-soja depuis 1998-1999 a ainsi été étudié de 2002 à 2007 sur deux sites des Hautes Terres (Andranomanelatra et Ibity). Sur cette rotation, on a trouvé, au bout de quatre ans (en 2002-2003), un effet positif du SCV (par rapport au labour) et du traitement de semences, en termes de réduction des attaques de ravageurs et de rendement du riz pluvial, avec un effet positif du SCV, et pas d'effets négatifs du traitement des semences, sur la biodiversité de la faune tellurique (Ratnadass *et al.*, 2013) (Figure 2).

Figure 2 Effectifs moyens de la macrofaune du sol par mètre carré observés à l'échantillonnage de Février 2003 à Andranomanelatra et Ibity (d'après Ratnadass *et al.*, 2013).



■ N phytophages (Test FNS)
 ■ N prédateurs (Test F**)
 ■ N saprophages / géophages (Test F**)

Dans la grande diversité d'espèces de Scarabeoidea présentes dans les parcelles de riz pluvial des Hautes Terres (Randriamanantsoa *et al.*, 2010), on a étudié au laboratoire la variation du statut des larves (« vers blancs ») de sept espèces appartenant à trois familles, en fonction du contenu du sol en matière organique. *Bricoptis variolosa* (Cetoniidae) et *Hexodon unicolor* (Dynastidae) se sont révélés être saprophages obligatoires, alors que *Apicencya waterloti* (Melolonthidae) s'est révélé rhizophage obligatoire, tandis que *Heteroconus paradoxus* et trois autres espèces de Dynastidae (*Heteronychus plebeius*, *H. bituberculatus* et *H. arator rugifrons*) se sont révélés rhizophages facultatifs (Ratnadass *et al.*, 2013).

On a donc affaire à la fois à des processus « bottom-up » de résistance physiologique de la plante/compensation via une meilleure nutrition sous SCV, et « top-down » d'action des ennemis naturels épigés et telluriques (via notamment la fourniture de refuges), mais aussi d'une forme de suppressivité générale en favorisant les espèces non ravageuses et le changement de statut de certains vers blancs (Figure 1). Ce changement de statut selon le statut organique du sol (*i.e* passage de celui de ravageur à celui d'ingénieur du sol, avec ses effets bénéfiques en cascade), ouvre la perspective de favoriser ces espèces plastiques, du moins celles dont les adultes ne causent pas de dégâts au riz.

▼ GESTION AGROÉCOLOGIQUE DE LA PYRICULARIOSE

Dans un dispositif du site d'Andranomanelatra où on a semé du riz pluvial tous les deux ans derrière un précédent de haricot suivi d'avoine, avec deux modalités de gestion du sol (labour et SCV) et deux niveaux de fertilisation, on a observé sur la variété sensible FOFIFA 154, un effet significatif sur la sévérité de la maladie : (1) du système de culture en 2005 (effet bénéfique du SCV) ; (2) du système de culture et de la fertilisation (effet bénéfique de la fertilisation uniquement organique) en 2006 et 2007 (Sester *et al.*, 2014). Les processus impliqués, et en partie liés à la diversification végétale inhérente au système SCV, ont vraisemblablement été : (1) une résistance physiologique due à une nutrition équilibrée de la plante (notamment via la fixation de l'azote par le haricot et la décomposition des résidus par des microorganismes favorisés par le SCV) ; (2) des effets microclimatiques liés à un développement plus tardif de la culture aboutissant à une réduction de l'humidité de la canopée (Figure 1).

Gestion agroécologique des mouches des fruits du manguiers au Bénin

La production fruitière d'Afrique de l'Ouest, particulièrement de mangues, et notamment au Bénin est victime des pertes considérables infligées par les mouches des fruits (Diptera, Tephritidae), en particulier depuis l'invasion de la région par *Bactrocera invadens (= dorsalis)*. Au Bénin, les pertes infligées par les deux principales espèces de mouches des fruits *B. invadens* et *Ceratitis cosyra* pendant les saisons de production de mangues 2005 et 2006, ont été comprises entre 17 % et 73 % (Vayssières *et al.*, 2009). En plus des pertes directes, les mouches des fruits sont aussi des ravageurs de quarantaine dont la présence conduit chaque année à la destruction de plusieurs containers de mangues exportées de l'Afrique de l'Ouest vers l'Europe.

Considérée comme le plus ancien exemple de lutte biologique par conservation, l'utilisation en Asie des fourmis tisserandes (*Oecophylla smaragdina*) est aussi promue en Afrique avec l'espèce voisine *O. longinoda*, particulièrement en vergers de manguiers (Van Mele *et al.*, 2007 ; Van Mele *et al.*, 2009 ; Adandonon *et al.*, 2009 ; Vayssières *et al.*, 2013). Un réseau

trophique simplifié en verger de manguiers en Afrique de l'Ouest est représenté en figure 3 avec :

- au premier niveau trophique, les producteurs primaires que sont le manguiers et les autres plantes hôtes des mouches des fruits, et les plantes hôtes de cochenilles « bénéfiques » ou « nuisibles ».
- au second niveau trophique, les mouches des fruits (essentiellement *B. invadens* et *C. cosyra*) et les cochenilles « bénéfiques » (*i.e* celles qui sont protégées, véhiculées et dont le miellat est exploité, par *O. longinoda*, et qui n'occasionnent pas de dégâts notables car elles ne sont généralement pas vectrices de maladies à virus et ne colonisent généralement que les rameaux de l'arbre et les pédoncules des fruits, plus rarement les fruits sur lesquels elles n'occasionnent que des dommages visuels superficiels, n'atteignant pas la pulpe) ou « nuisibles » (vectrices de virus et élevées par des fourmis antagonistes de *O. longinoda*, e.g. *Pheidole megacephala*).
- au troisième niveau trophique, les fourmis tisserandes (*O. longinoda*) prédatrices des mouches des fruits, donc « bénéfiques », et des fourmis « nuisibles » comme *P. megacephala*, ainsi que des parasitoïdes de mouches des fruits.

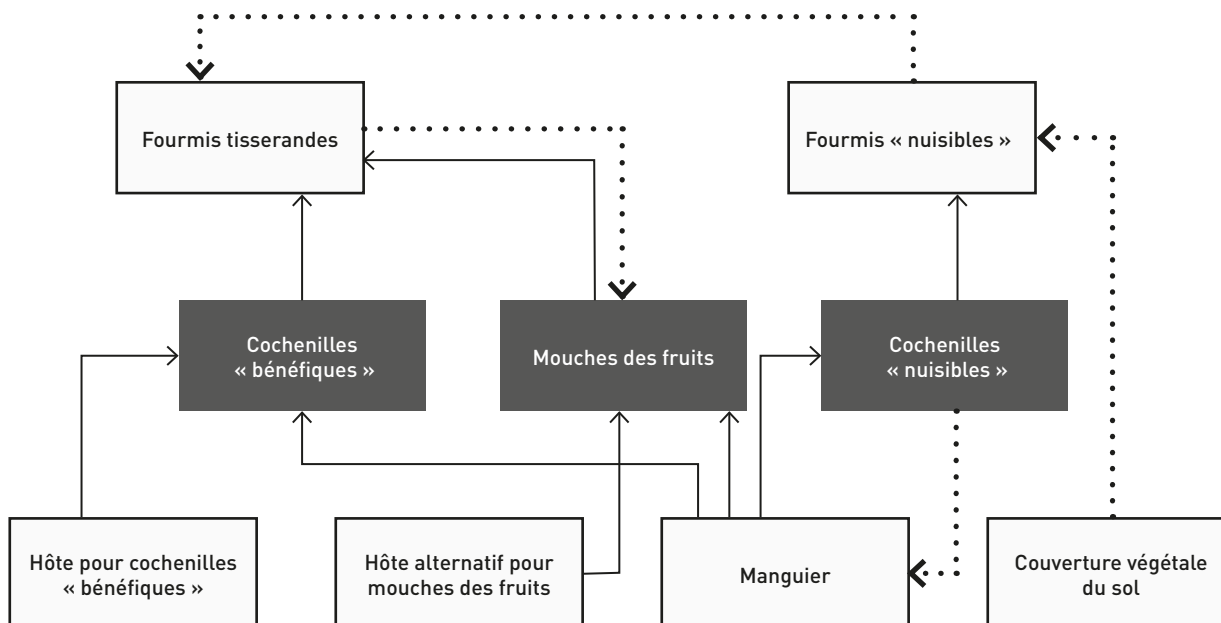
La prédation exercée par *O. longinoda* sur les mouches des fruits est faible sur les adultes mais assez fréquente sur les larves, surtout celles de troisième stade au moment de leur sortie des fruits infestés (Vayssières *et al.*, 2009). Au-delà de

la prédation, le passage des fourmis sur les mangues a un effet inhibiteur sur l'oviposition ultérieure par les mouches des fruits. Au laboratoire, on a mis en évidence un effet répulsif des traces de ces passages sur les femelles de *C. cosyra* et de *B. invadens*, se traduisant par une diminution du nombre de piqûres de ponte et au final, à une diminution significative des dégâts dus aux mouches des fruits sur mangues (Adandonon *et al.*, 2009 ; Van Mele *et al.*, 2009).

On se trouve donc en présence d'une régulation de type « top-down » (par conservation/facilitation de l'action d'ennemis naturels aériens : cf. Figure 3), pouvant être favorisée par des modalités de diversification végétale spécifique : (1) en favorisant dans les vergers ou leur environnement immédiat, les plantes hôtes des cochenilles « bénéfiques », et en éliminant au contraire les plantes hôtes des cochenilles « nuisibles » et les plantes hôtes alternatives des mouches des fruits ; (2) en maintenant une couverture ou enherbement et minimisant les perturbations de ce couvert tels que fauche pour empêcher les espèces de fourmis terrioles dominantes (*P. megacephala*) de monter sur les arbres, et d'apporter des espèces de cochenilles « nuisibles » ; (3) en favorisant les plantes hôtes des cochenilles « bénéfiques » et en éliminant celles hôtes des cochenilles et des fourmis « nuisibles ». Cette régulation met également en jeu un « détournement répulsif », pas trophique stricto sensu, mais qui aboutit à une régulation.

Figure 3 Représentation simplifiée d'un réseau trophique en verger de manguiers en Afrique de l'Ouest (Bénin) avec les leviers d'action sur la diversité végétale pour l'optimiser via des effets « top-down » (d'après Ratnadass, 2014).

—> Relation trophique > Relation négative non trophique



Gestion agroécologique de la Noctuelle de la tomate en Martinique

La Noctuelle de la tomate *Helicoverpa zea* est un ravageur polyphage dommageable aux cultures dans le Nouveau Monde, en particulier celles de tomate en Martinique. Du fait des multiples inconvénients de la lutte chimique et du coût des méthodes alternatives non chimiques de substitution, nous avons évalué le potentiel de l'utilisation du maïs sucré comme plante piège pour contrôler *H. zea* sur tomate, pour répondre à deux questions de recherche : 1) Quelle est l'attractivité du maïs vs la tomate pour la noctuelle ? ; 2) Quelle variété de maïs utiliser comme plante piège ?

L'infestation de la tomate par *H. zea* a été significativement plus faible à proximité immédiate d'une bordure de maïs sucré que dans des parcelles situées à 70 m et plus de cette bordure (Rhino *et al.*, 2014). Par ailleurs, la variété de maïs sucré Java s'est montrée potentiellement une bonne plante-piège car sur une gamme de 10 variétés de maïs, les pontes de la noctuelle sur les soies de cette variété ont été très importantes alors que l'infestation des épis laitoux est restée faible (Rhino *et al.*, 2013).

Cela pourrait s'expliquer par le fait que les larves s'y développent moins bien, et restent plus longtemps sur les soies, où elles sont plus exposées à la prédation. On a donc affaire à la fois à des processus « bottom-up » de détournement attractif, et « top-down » d'action des ennemis naturels aériens qui sont favorisés via notamment la fourniture de ressources alimentaires alternatives (e.g. pollen pour les punaises *Orius*) (Figure 1).

À partir du Pathosystème Noctuelle-Tomate-Maïs en Martinique, pour répondre à la question de recherche « Comment optimiser l'implantation spatio-temporelle du maïs ? », nous développons un modèle individu-centré spatialement explicite avec trois modules interactifs décrivant : (1) la phénologie

de la plante cultivée et de la plante piège et la dynamique de leurs stades attractifs pour la noctuelle ; (2) le développement de la noctuelle ; (3) les mouvements et le comportement d'oviposition de la noctuelle (Grechi *et al.*, 2012). Le dernier module s'appuie sur les connaissances actuelles du comportement de la noctuelle mais encore incomplètes pour valider le modèle sur ce pathosystème spécifique.

Toutefois, nous avons illustré le potentiel du modèle à évaluer par simulation le niveau d'infestation des tomates en réponse : (1) aux modalités de déploiement spatial des plantes pièges dans la parcelle (bordure; interlignes; patches) ; (2) aux caractéristiques des plantes (attractivité relative de la plante-piège par rapport à la plante cultivée) ; (3) aux traits de comportement de l'insecte (distance de perception des stimuli émis par la plante) en considérant des traits théoriques.

Conclusions et perspectives

Les différents cas d'études présentés participent d'une approche agroécologique, même s'ils ne sont pas au même stade, en termes de diffusion, notamment par rapport au cas d'étude de gestion des mouches des cucurbitacées à La Réunion. À cet égard, le dernier cas d'étude, sur la gestion « push-pull » de la Noctuelle de la tomate, bien que le moins avancé, présente des caractères de généralité, dont devraient bénéficier, via l'approche de modélisation présentée, des modèles voisins, moyennant un paramétrage adéquat. Il s'agit de celui de la gestion des mouches des cucurbitacées, mais aussi de celui de la gestion « push-pull » du Foreur de la canne à sucre par implantation d'une bordure d'*Erianthus arundinaceus* (Nibouche *et al.*, 2012). Les résultats obtenus à La Réunion font état, dans les parcelles bordées d'*Erianthus* par rapport aux parcelles Témoin : (1) d'une réduction des dégâts d'un facteur de 2 à 9 ; (2) d'un gain de rendement en canne de 22 % ; (3) d'une réduction des attaques jusqu'à une distance de 40 m de la bordure.

Références bibliographiques

- Adandonon A., Vayssières J. F., Sinzogan A., Van Mele P., 2009. Density of pheromone sources of the weaver ant *Oecophylla longinoda* (Hymenoptera Formicidae) affects oviposition behaviour and damage by mango fruit flies (Diptera Tephritidae). *International Journal of Pest Management*, 55, 285-292.
- Deberdt P., Goze E., Coranson-Beaudu R., Perrin B., Fernandes P., Lucas P., Ratnadass A., 2014. *Crotalaria spectabilis* and *Raphanus sativus* as previous crops show promise for the control of bacterial wilt of tomato without reducing bacterial populations. *Journal of Phytopathology*.
- 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., 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.
- Diedhiou-Sall S., Fernandes P., Deberdt P., Minatchi S., Coranson-Beaudu R., Perrin B., Gozé E., Ratnadass A., Dick R. P., 2012. Impact of biocontrol plants on bacterial wilt and non-targeted soil microbial communities on a naturally infested soil. In : 4th International Eurosoil Congress 2012, July, 2th to 6th, Bari, Italia, 591.

- Grechi I., Tixier P., Rhino B., Malézieux E., Ratnadass A., 2012. An individual-based modeling approach to assess trap cropping management of *Helicoverpa zea* in tomato field in Martinique. 2nd Symposium on Horticulture in Europe, July 1-5, 2012, Angers, France
- Michellon P., Raharison T., Naudin K., Enjalric F., Mousa N., Razanamparany C., Rasolomanjaka J., Bouzinac S., Chabanne A., Boulakia S., Tivet F., Chabierski S., Razafintsalama H., Rakotoarinivo C., Andrianasolo H. M., Chabaud F. X., Rakotondralambo T., Rakotondralambo P., Ramaroson I., Husson O., Séguy L., Charpentier H., Rakotondramana, 2013. Manuel pratique du Semis direct sur couverture végétale permanente (SCV). Application à Madagascar, Antananarivo : GSDM, 716 p.
- Nibouche S., Tibère R., Costet L., 2012. The use of *Erianthus arundinaceus* as a trap crop for the stem borer *Chilo sacchariphagus* reduces yield losses in sugarcane: Preliminary results. *Crop Protection*, 42, 10-15.
- Raboin L. M., Ramanantsoanirina A., Dzido J. L., Andriantimialona D., Tharreau D., Radanielina T., Ahmadi N., 2011. Upland (aerobic) rice breeding for the harsh environment of the High Plateau of Madagascar. In: Kiepe P., Diatta M., Millar D. (eds.), Innovation and Partnerships to Realize Africa's Rice Potential. Bamako, Mali: Africa Rice Congress 2010, 26-7.
- Ratnadass A., 2014. Actions via les auxiliaires. Approche systémique de l'intensification écologique pour le contrôle des bio-agresseurs. In : P.E. Lauri. Conception de systèmes horticoles innovants. Bases biologiques, écologiques et socio-économiques Ecoles-chercheurs INRA-Cirad, 169-180. INRA Editions, Paris.
- Ratnadass A., Michellon R., Randriamanantsoa R., Séguy L., 2006. Effects of soil and plant management on crop pests and diseases. In: Uphoff N., Ball A., Fernandes E., Herren H., Husson O., Laing M., Palm C., Pretty J., Sanchez P., Sanginga N., Thies J. (eds.), Biological Approaches to Sustainable Soil Systems, 589-602, CRC Press, Boca Raton (USA).
- Ratnadass A., Fernandes P., Avelino J., Habib R., 2012a. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 273-303.
- Ratnadass A., Razafindrakoto Raeliarisoa C., Andriamizely H., Raveloson Ravaomanarivo L. H., Rakotoarisoa H. L., Ramahandy F., Ramarofidy M., Randriamanantsoa R., Dzido J. L., Rafaraso L.S., 2012b. Protection of upland rice at Lake Alaotra (Madagascar) from black beetle damage (*Heteronychus plebejus*) [Coleoptera: Dynastidae] by seed dressing. *African Entomology*, 20, 177-81.
- Ratnadass A., Randriamanantsoa R., Rajaonera T. E., Rabearisoa M. Y., Rafamatanantsoa E., Moussa N., Michellon R., 2013. Interaction entre le système de culture et le statut (ravageur ou auxiliaire) des vers blancs (Coleoptera : Scarabaeoidea) sur le riz pluvial. *Cahiers Agricultures*, 22, 432-41.
- Randriamanantsoa R., Aberlenc H. P., Ralisoa O. B., Ratnadass A., Vercambre B., 2010. Scarabaeoidea (Insecta, Coleoptera) en riziculture pluviale des régions de hautes et moyennes altitudes du Centre de Madagascar. *Zoosystema*, 32, 19-72.
- Rhino B., Grechi I., Marliac G., Trebeau M., Thibaut C., Ratnadass A., 2014. Corn as trap crop to control *Helicoverpa zea* in tomato fields: importance of phenological synchronization and choice of cultivar. *International Journal of Pest Management*, 60 (1), 73-81.
- Rhino B., Vivier B., Verchère A., Thibaut C., Ratnadass A., 2013. Quelles variétés de maïs pour une utilisation comme plante piège ? 17ème Colloque de Biologie de l'Insecte. Montpellier, octobre 2013.
- Sester M., Raveloson H., Tharreau D., Dusserre J., 2014. Conservation agriculture cropping system to limit blast disease in upland rainfed rice. *Plant Pathology*, 63, 373-381.
- Van Mele P., Vayssières J. F., Adandonon A., Sinzogan A., 2009. Ant cues affect the oviposition behaviour of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Africa. *Physiological Entomology*, 34, 256-261.
- Van Mele P., Vayssières J. F., Van Tellinggen E., Vrolijk J., 2007. Effects of an African weaver ant, *Oecophylla longinoda*, in controlling mango fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Benin. *Journal of Economic Entomology*, 100, 695-701.
- Vayssières J. F., Sinzogan A., Adandonon A., Van Mele P., Korie S., 2013. Ovipositional behavior of two mango fruit fly species in relation to *Oecophylla* cues as compared to natural conditions without ant cues. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7, 447-456.
- Vayssières J. F., Korie A., Ayegnon D., 2009. Correlation of fruit fly (Diptera: Tephritidae) infestation of major mango cultivars in Borgou (Benin) with abiotic and biotic factors and assessment of damage. *Crop Protection*, 28, 477-488.

Questions / Réponses

► **J.-N. Aubertot** : Comment le modèle individu centré est-il paramétré ? À partir de mesures sur des individus ou bien s'agit-il de paramètres moyens à l'échelle d'une population ?

A. Ratnadass : Outre des données issues de la bibliographie, le paramétrage nécessite encore l'acquisition de données expérimentales sur le comportement de vol et de ponte. Celles-ci sont obtenues par lâchers d'adultes dans des « modules » (grand tunnel) et comptage au bout de quelques jours des pontes sur la tomate et le maïs.

► **B. Reynaud** : Comment les agriculteurs peuvent gérer de fortes populations de fourmis écophiles dans les vergers ? N'est-ce pas un frein à l'utilisation ?

A. Ratnadass : En Asie (Sud-Chine et Vietnam), les producteurs s'accommodent depuis de siècles des fourmis (de l'espèce *Oecophylla smaragdina*) en adaptant leur technique de récolte (arrosage ou enfumage des arbres, attraction des fourmis par des appâts, port de manches longues ou application d'argile ou cendres sur les membres) tant ils sont convaincus du « bonus » apporté par les fourmis. En Afrique de l'Ouest, la technique est plus difficile à diffuser du fait d'une appréhension des producteurs par rapport aux morsures.

► **T. Atiama-Nurbel** : Est-ce que les composés attractifs ou répulsifs ont été étudiés pour le couple maïs-ravageur ?

A. Ratnadass : Les analyses sont en cours (dans le cadre d'une thèse). De même que celles des composés à priori toxiques contenus dans les soies de certaines variétés.

> Point sur les recherches en protection des cultures à l'échelle européenne

J.-N. AUBERTOT¹ | F. LESCOURRET² | A. MESSEAN³
jean-noel.aubertot@toulouse.inra.fr

Résumé

L'Europe est l'un des principaux continents producteurs de denrées agricoles. La prise de conscience du risque potentiel d'une utilisation abusive des pesticides a poussé la Commission Européenne à la mise en place d'une série de réglementations et de directives visant à limiter l'utilisation des pesticides. Afin de développer et soutenir le déploiement du vieux concept de Protection Intégrée des Cultures, différentes structures de recherche ont été mises en place à l'échelle européenne. Cette communication fait le point sur le Groupement de Recherche Européen ENDURE, le projet européen PURE (2011-2015), et l'ERA-NET C-IPM. Le groupement ENDURE assure le développement continu de la Protection Intégrée des Cultures comme concept durable et actionnable et offre une gamme renouvelée d'outils et de services. Le projet PURE a permis des avancées significatives sur différents aspects de la Protection Intégrée des Cultures, et ce, pour différents systèmes de production agricoles. Les travaux ont porté sur le développement d'approches biologiques, écologiques et techniques pour maîtriser les stress biotiques, en parallèle de travaux méthodologiques pour la conception de solutions de Protection Intégrée des Cultures combinant des éléments de gestion stratégiques et tactiques. Pour quelques études de cas, l'évaluation de la durabilité des stratégies de Protection Intégrée des Cultures a fait l'objet de développements particuliers, et des méthodes permettant la coinnovation ont été mises au point. Enfin, l'ERA-NET C-IPM est destiné à générer une dynamique collective pour identifier les priorités de recherche/développement, mettre en commun les ressources disponibles et articuler les initiatives existantes, et développer des appels d'offres communs transnationaux.

Mots-clés : Integrated Pest Management, ENDURE, projet européen PURE, ERA-NET C-IPM

Introduction

Parmi les principales réussites de la construction européenne, la coordination des activités agricoles d'une part, et la coordination de la recherche d'autre part, sont certainement les plus visibles. La Politique Agricole Commune a permis de réguler la production agricole européenne, et de mieux prendre en compte le respect de l'environnement dans les activités agricoles. Au fil des ans, la Communauté Européenne s'est dotée de différents instruments pour fédérer et structurer la recherche sur la protection des cultures. A l'heure actuelle, la recherche en protection des

cultures à l'échelle européenne s'appuie sur différentes dynamiques privées et publiques. Cette présentation porte sur trois instruments de recherche majeurs à l'échelle européenne : le Groupement de Recherche ENDURE (<http://www.endure-network.eu>), le projet européen PURE (<http://www.pure-ipm.eu>), et l'ERA-NET C-IPM (c-ipm.org).

Le Groupe de Recherche Européen ENDURE

ENDURE était à l'origine un réseau d'excellence financé par la Commission Européenne (2007-2010). Les partenaires du Réseau ont développé des actions communes afin d'apporter une aide aux agriculteurs européens pour relever les défis du nouveau cadre réglementaire européen en matière de protection des cultures (ENDURE, 2010). Ce cadre met un accent particulier sur la protection intégrée, exigeant de chacun des États membres de la placer au centre de ses préoccupations. Cela s'est traduit par l'écriture de plans d'action nationaux de réduction des pesticides qui doivent être appliqués par les acteurs des filières. Les membres d'ENDURE ont développé différentes collaborations permettant de créer des synergies, de manière interdisciplinaire, afin d'appréhender la complexité des systèmes agricoles, en mutualisant les ressources humaines et matérielles. A la fin de la période de financement de la Commission Européenne en 2010, les partenaires s'engagèrent à maintenir le réseau ENDURE sous la forme d'un Groupe Européen de Recherche (European Research Group) autofinancé. Désormais, 15 partenaires continuent de travailler au cœur de la recherche et du développement pour la Protection Intégrée des Cultures (Figure 1). Ils identifient les thématiques nécessitant des efforts de recherche complémentaires, et les sources de financement possibles avec d'autres acteurs. Ils contribuent à fournir des expertises, tant au niveau national qu'européen, pour assurer le développement continu de la

1. INRA

Centre de Recherches de Toulouse, UMR 1248 AGIR BP 52627
31326 Castanet Tolosan Cedex, France

2. INRA

Centre de Recherches PACA, UR 1115 PSH, F-84914 Avignon Cedex 9,
France

3. INRA

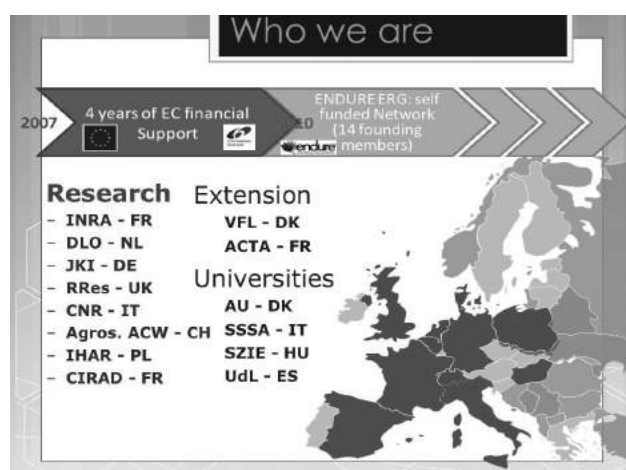
Centre de Recherches de Versailles-Grignon, UR Eco-Innov, F-78850
Thiverval-Grignon, France

Protection Intégrée des Cultures en tant que concept durable, rentable et actionnable. ENDURE contribue ainsi à la sécurité alimentaire mondiale et à un meilleur environnement, tant local que global.

ENDURE offre une gamme d'outils et de services, spécialement conçus pour les conseillers agricoles, les services de vulgarisation et les formateurs :

- Le réseau de conseillers ENDURE est un forum pour le partage des connaissances sur les questions relatives à la production agricole en général et la protection des plantes en particulier, dans toute l'Europe. L'adhésion est gratuite et accessible à toute personne qui aborde des questions relatives à la protection des cultures.
- Le Centre d'Information ENDURE (<http://www.endureinformatiocentre.eu>) diffuse des informations scientifiques sur la protection des cultures. C'est un outil de référence pour développer les connaissances des experts, les recommandations et le conseil sur tous les aspects de la protection des cultures. Il s'adresse aux conseillers et aux agents du développement agricole en général, ainsi qu'aux chercheurs.
- Le Guide du formateur en Protection Intégrée des Cultures (http://www.endure-network.eu/endure/endure_ipm_training_guide) permet aux formateurs de créer leurs propres modules de formation. Le guide est composé de différents éléments, notamment des fiches informatives, de dépliants, de recommandations et de liens, sur quatre thèmes principaux identifiés par les formateurs : les arguments en faveur de la protection intégrée, la méthodologie de formation, les outils et les contenus.

Figure 1 Liste des membres fondateurs du Groupe de Recherche Européen ENDURE. L'institut James Hutton (Écosse) a depuis intégré le consortium.



ENDURE donne également accès à un certain nombre d'outils pour les chercheurs au travers du Centre de Ressources ENDURE (CER) qui vise à fournir un accès facile à l'information et à des ressources sur la Protection Intégrée des Cultures en Europe. Le concept du CER est d'agréger des informations sur tous les aspects de la recherche en protection des cultures à

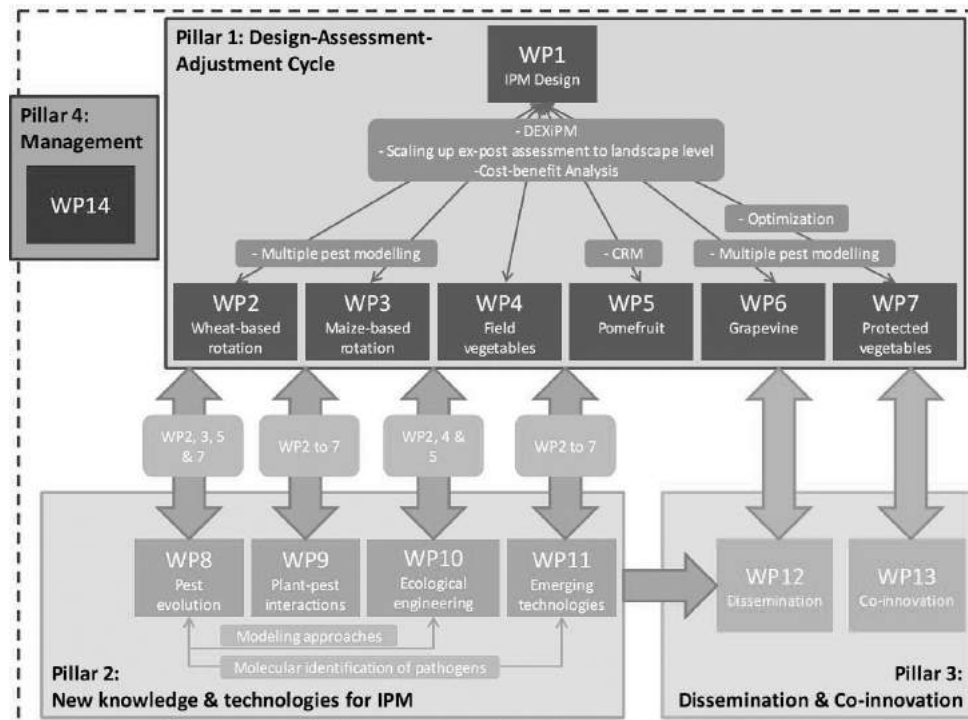
travers l'Europe et au-delà, et à agir comme un portail facilitant la recherche dans toutes les disciplines sans limites de frontières géographiques :

- Une liste des ressources matérielles est disponible au sein du Centre de Ressources ENDURE. Elle récapitule le matériel d'analyse, les collections, les sites expérimentaux, les installations sous abris, et les laboratoires pour la génomique, métabolomique et/ou protéomique.
- Un ensemble de ressources en ligne est disponible. Il concerne les systèmes d'aide à la décision, les nouvelles méthodes et les nouveaux outils pour la recherche et une dizaine de plateformes interactives, dont la plateforme QuantiPest. La caractérisation des stress biotiques dans les essais réalisés au champ ou lors des diagnostics en parcelles agricoles est essentielle, mais l'information pertinente pour bâtir des protocoles est généralement dispersée et difficile à trouver. La plate-forme QuantiPest (<http://www6.inra.fr/quantipest>), administrée par le Réseau Protection Intégrée des Cultures INRA/Cirad, a été créée afin de rassembler les connaissances nécessaires à l'identification et à la quantification des bioagresseurs et de leurs dégâts. Son but est d'aider à la conception des méthodes et protocoles nécessaires à la caractérisation des stress biotiques et de mettre à disposition des références et des outils pertinents pour cet usage. En outre, ENDURE contribue à la formation des chercheurs et doctorants du monde entier par l'organisation régulière d'écoles-chercheurs thématiques sur le centre de formation internationale de Volterra, en Italie.

Le projet de recherche européen PURE

Le projet européen PURE (2011-2015) a fédéré 23 partenaires européens qui ont développé des méthodes innovantes et obtenu des résultats quant à la mise en œuvre pratique de nouvelles modalités de production agricole limitant le recours aux pesticides. Les stratégies proposées reposent sur des combinaisons de méthodes physiques, génétiques, biologiques, chimiques, ou culturales (adaptation des pratiques agricoles dont le but premier n'est pas la protection des cultures) et de manipulation d'habitats qui visent à limiter les populations de bioagresseurs à un niveau acceptable afin de réduire la dépendance aux pesticides de différents systèmes de culture européens (Lescourret *et al.*, 2015). PURE repose sur les acquis du Groupe de Recherche Européen ENDURE et se focalise sur un certain nombre de cultures (espèces annuelles : blé, maïs et cultures légumières de plein champ, pérennes : arbres fruitiers et vigne, et cultures sous serres). Le projet exploite des avancées technologiques récentes, des connaissances sur les interactions entre différentes composantes de l'agroécosystème (peuplements cultivés, reste de la biocénose, environnement et pratiques agricoles), l'écologie du sol et du paysage. Le projet a permis de tester l'efficacité, la performance et la faisabilité de la mise en œuvre de solutions basées sur la Protection Intégrée des Cultures dans des agroécosystèmes des principales régions européennes (nordique, centrale, méditerranéenne et atlantique).

Figure 2 Structure du projet européen PURE : 13 workpackages organisés en 4 piliers.



Le projet est organisé en 13 workpackages articulés en 4 piliers : 1) boucle de conception/évaluation ; 2) nouvelles connaissances et innovations technologiques pour la Protection Intégrée des Cultures ; 3) transfert et coinnovation ; 4) gestion du projet (Figure 2). En particulier, le premier pilier repose sur des interactions entre un workpackage méthodologique et 6 workpackages expérimentaux où des systèmes de cultures innovants sont testés dans des domaines expérimentaux et dans des exploitations agricoles. Une des principales originalités du projet est de combiner des approches analytiques et des approches intégratives pour concevoir des solutions de Protection Intégrée des Cultures. Les principaux résultats du projet ont été présentés lors de deux conférences internationales (l'une en 2013 à Riva del Garda en Italie, <http://futureipm.eu>; et la dernière en 2015 à Poznan, Pologne : <http://www.ior.poznan.pl/845.2015-ipm-innovation-in-europe.html>).

Dans trois études de cas, des démarches de coinnovation ont été mises en place afin d'impliquer les acteurs concernés dans le processus de conception. Les solutions de Protection Intégrée testées ont été comparées aux pratiques conventionnelles à l'aide de différents outils conçus ou adaptés durant le projet, tels que DEXiPM (Pelzer *et al.*, 2012) pour évaluer la durabilité des systèmes testés sur la base d'une évaluation multicritères, SYNOPSIS (Strassemeyer *et al.*, 2015), un outil d'évaluation du risque écotoxicologique associé à l'utilisation des pesticides, ou des analyses coûts-bénéfices. Des combinaisons efficaces de méthodes alternatives à l'utilisation des pesticides ont été identifiées : méthodes de contrôle biologique, culturale, physique (e.g. désherbage mécanique),

et génétique (e.g. mélange de variétés). Des résultats prometteurs ont été obtenus, même si les systèmes intégrés n'ont pas toujours permis d'obtenir les meilleures performances sur l'ensemble des différents critères de performance étudiés. Les systèmes innovants identifiés permettent d'atteindre de meilleures performances environnementales par rapport aux systèmes conventionnels, mais leurs performances économiques sont généralement moindres. De plus, des innovations méthodologiques significatives ont été accomplies en modélisation pour la gestion durable de la santé des cultures (e.g. Grechi *et al.*, 2012 ; Holst, 2013 ; Aubertot and Robin, 2013 ; Robin *et al.*, 2013 ; Tixier *et al.*, 2013). Des études d'évolution des populations ont permis de mettre en évidence un risque d'effondrement de l'efficacité d'un agent de biocontrôle utilisé seul et ont permis de progresser dans la conception de stratégies de gestion durable des résistances variétales. En particulier, on a montré que l'utilisation de gènes de résistances uniques dans un matériel végétal pouvait servir de tremplin au contournement de résistances combinées par pyramidage. Les études sur les interactions peuplement végétal-bioagresseurs-auxiliaires ont permis des avancées dans l'identification de produits de biocontrôle et de stratégies pour les rendre plus efficaces. Des stratégies d'ingénierie écologique ont donné des résultats prometteurs quant à l'effet suppresseur de communautés des sols adaptées vis-à-vis de différents agents pathogènes au champ et à la maîtrise de populations de bioagresseurs à l'échelle du paysage via l'agencement d'éléments paysagers (systèmes de culture et espaces interstitiels). Une large gamme d'outils technologiques a été développée ou adaptée aux contraintes des exploitations agricoles, depuis

des systèmes d'épidémiosurveillance à différentes échelles, jusqu'à des techniques d'application de précision. PURE a débouché sur des résultats prometteurs, des modèles, de nouvelles connaissances, des outils et des méthodes pour mettre en place des systèmes de culture mobilisant les concepts de la Protection Intégrée des Cultures. Au-delà de leur application concrète dans les exploitations agricoles, les résultats de PURE dessinent différentes perspectives pour les politiques publiques favorisant l'adoption de systèmes de culture basés sur la Protection Intégrée des Cultures, la diffusion des approches systèmes, le développement des connaissances écologiques et technologiques pour la maîtrise des bioagresseurs, et le développement d'approches de coinnovation et d'outils pour faciliter la mise en œuvre de la Protection Intégrée des Cultures par les acteurs des filières.

L'ERA-NET C-IPM

Les états membres européens doivent mettre en application les principes de la Protection Intégrée des Cultures tels que définis par la Directive 2009/128/EC sur l'utilisation durable des pesticides. La plupart de ces états investissent dans des programmes de recherche/développement pour atteindre cet objectif, réduire la dépendance des systèmes de culture aux pesticides, et limiter les risques toxicologiques et écotoxicologiques associés à leur utilisation. Des synergies peuvent être créées à l'échelle européenne en coordonnant ces programmes nationaux et en mettant en commun les ressources disponibles. C'est dans cet objectif que l'ERA-NET C-IPM a été créé. C-IPM, qui rassemble 32 partenaires de 21 pays (Figure 3), génère une dynamique collective permettant d'identifier les priorités en termes de recherche/développement, de mutualiser les ressources disponibles, d'émettre des recommandations pour les programmes de recherche nationaux et européens, d'articuler les initiatives existantes, et de coordonner les appels à projets internationaux.

Avec l'aide des chercheurs et des porteurs d'enjeux, C-IPM permet de positionner la Protection Intégrée des Cultures au sein du futur paysage européen de l'innovation. Il permet de donner une image globale de la recherche/développement sur la thématique, d'identifier et coordonner les ressources disponibles pour la mise en œuvre de la Protection Intégrée des Cultures. C-IPM définit un agenda de recherche commun sur la Protection Intégrée des Cultures et sur des solutions durables pour les usages mineurs. Il génère des synergies à l'échelle européenne en mettant en commun les sorties de programmes de recherche régionaux et nationaux, afin de permettre le transfert méthodologique en recherche/développement, et le partage d'expériences et d'expertises. Il donne d'ores et déjà accès à une plateforme de connaissances en connectant des ressources en recherche/développement dans le domaine de la Protection Intégrée des Cultures et des usages mineurs. Il développe et met en œuvre des appels d'offres communs transnationaux. Un site web (c-ipm.org) et une newsletter assurent un large rayonnement de l'ERA-NET, qui sera encore renforcé par un séminaire final de restitution. Afin d'assurer un impact durable, il est prévu que C-IPM perdure au-delà de sa période de financement. C-IPM repose

sur l'hypothèse que l'innovation et la durabilité en protection des cultures ne peuvent émerger que si financeurs, chercheurs, et conseillers agricoles sont étroitement associés, et que si toutes les méthodes de contrôle potentielles, qu'elles soient tactiques ou stratégiques, sont considérées lors de la conception de stratégies de protection des cultures intégrées. Cette démarche est primordiale pour enrichir l'éventail des techniques de Protection Intégrée des Cultures et permettre leur adoption large par les agriculteurs européens.

Figure 3 Les 32 partenaires de l'ERA-NET C-IPM répartis dans 21 pays.



Conclusion

On le voit, les efforts passés ont permis une meilleure structuration de l'espace européen de la recherche en ce qui concerne la protection des cultures. La diversité des situations de production, ainsi que la diversité de l'organisation de la recherche au sein des différents états membres engendrent un certain nombre de difficultés structurelles. Il apparaît donc essentiel de pouvoir pérenniser les structures fédératrices afin de permettre la mise en place d'infrastructures partagées à l'échelle européenne, avec notamment la mise en réseau d'essais systèmes, l'harmonisation des dispositifs d'épidémiosurveillance, le partage de diagnostics en parcelles agricoles, la constitution de bases de données communes, le développement de plateformes de modélisation. L'organisation des articulations entre les structures de recherche, le développement, le conseil agricole, la formation et les agriculteurs apparaît comme un élément clé pour la réussite de l'implémentation de stratégies de protection des cultures respectueuses de l'environnement où la prophylaxie

à la protection chimique. Bien qu'éloigné géographiquement du continent européen, le projet Biophyto est en ce sens exemplaire.

The research conducted in the European project PURE has received funding from the European Union Seventh Framework Programme (FP7/ 2007-2013) under the grant agreement n°265865.

Références bibliographiques

- Aubertot J.-N., Robin M.H., 2013. Injury Profile SIMulator, a qualitative aggregative modelling framework to predict injury profile as a function of cropping practices, and abiotic and biotic environment. I. Conceptual bases. *PLOS ONE*.
- Bajoux N., Grogard F., Mailleret L., 2014. Introduction strategies for biological control agents subject to Allee effects. In Proceedings of the *MTNS*, 8 p.
- ENDURE, 2010. Integrated Pest Management in Europe INRA, 132 p.
- Grechi I., Ould-Sidi M. M., Hilgert N., Senoussi R., Sauphanor B., Lescourret F., 2012. Designing integrated management scenarios using simulation-based and multi-objective optimization: application to the peach tree-Myzus persicae aphid system. *Ecological Modelling*, 246, 47-59.
- Holst N., 2013. A universal simulator for ecological models. *Ecological Informatics*, 13, 70-76.
- Lescourret F., Aubertot J.-N., Kudsk P., Sattin M., Hommes M., Heijne B., Pertot I., Poncet C., de Wolf P., van der Werf W., Bruce T., Begg G., Nieuwenhuizen A., Riemens M., Delval P., Brehmer A. and the PURE consortium, 2015. Perspectives on the implementation of IPM in EU: the contribution of PURE. In: IPM innovation in Europe, book of abstracts. January 14-16. Poznan, Poland, 7 p.
- Pelzer E., Fortino G., Bockstaller C., Lamine C., Angevin F., Guérin D., Guichard L., Reau R., Messéan A., 2012. Assessing innovative cropping systems with DEXiPM, a qualitative multi-criteria assessment tool derived from DEXi. *Ecological Indicators*, 18, 171-182.
- Robin M. H., Colbach N., Lucas P., Montfort F., Cholez C., Debaeke P., 2013. Injury Profile SIMulator, a Qualitative Aggregative Modelling Framework to Predict Injury Profile as a Function of Cropping Practices, and Abiotic and Biotic Environment. II. Proof of Concept: Design of IPSIM-Wheat-Eyespot. *PLOS ONE*.
- Strassemeier J., Golla B., Daehmlow D., Horney P., 2015. Synops-web, an easy-to-use online tool to assess environmental risk. In: IPM innovation in Europe, book of abstracts. January 14-16. Poznan, Poland, 155 p.
- Tixier P., Peyrard N., Aubertot J.-N., Gaba S., Radoszycki J., Caron-Lormier G., Vinatier F., Sabbadin R., 2013. Modelling interaction networks for enhanced ecosystem services in agroecosystems. *Advances in Ecological Research*, 49, 437-480.

> Biodiversité des arthropodes dans les vergers de manguiers à La Réunion : suivi des bioagresseurs dans le réseau Biophyto

M. MARQUIER¹ | B. ALBON¹
marlene.marquier@fdgdon974.fr

Résumé

Le projet Biophyto vise à produire des mangues sans insecticide de manière durable à La Réunion en s'appuyant sur la mise en œuvre de pratiques agroécologiques de gestion de la biodiversité végétale.

Un suivi des principaux bioagresseurs a été réalisé de 2012 à 2014 sur les parcelles du réseau afin d'estimer les niveaux d'infestation et d'évaluer l'impact de l'arrêt des traitements insecticides et de la mise en œuvre de techniques agroécologiques.

À la floraison, la Punaise du manguiier *Orthops palus*, la Cécidomyie des fleurs *Procontarinia mangiferae* et les thrips ont fait l'objet de notations hebdomadaires. La Cochenille des Seychelles *Icerya seychellarum* a été suivie mensuellement tout au long de l'année.

La présence de dégâts de la Cécidomyie des fleurs a été systématique sur toutes les parcelles avec des degrés d'infestation variables, qui tendaient à être plus élevés sur les parcelles Biophyto. Ponctuellement, les attaques ont conduit à la destruction complète des inflorescences. Les profils

d'abondance des punaises et des thrips ont été semblables pour les parcelles Témoin et Biophyto, et ceci malgré l'arrêt des traitements insecticides. L'abondance des punaises a varié selon les années, mais est restée la plupart du temps sans incidence sur la floraison. En 2014 toutefois, les niveaux d'infestation ont été ponctuellement élevés et ont entraîné la destruction des inflorescences. L'abondance des thrips est généralement très élevée sans toutefois causer de dégâts aux inflorescences. Sur les 3 années, les attaques d'oïdium ont causé d'importants dégâts sur la plupart des parcelles. La Cochenille des Seychelles était présente sur la quasi-totalité des parcelles du réseau en 2012 à des niveaux d'infestation élevés, mais les populations ont diminué en quelques mois et ceci sans l'application de traitements insecticides sur les parcelles Biophyto.

L'analyse devra être poursuivie afin de comprendre comment les pratiques agroécologiques ont pu influencer les niveaux d'infestation des bioagresseurs.

Mots-clés : *Orthops palus*, *Procontarinia mangiferae*, thrips, *Oidium mangiferae*, *Icerya seychellarum*, floraison, manguiier

Introduction

À La Réunion, la culture du manguiier (*Mangifera indica*) est contrainte par trois bioagresseurs majeurs : la Punaise du manguiier *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) (Amouroux, 2013 ; Duyck, 2005 ; Quilici *et al.*, 2003 ; Vincenot et Normand, 2009). Les punaises et les cécidomyies infligent de gros dégâts aux inflorescences, tandis que les mouches des fruits pondent dans les mangues mûrissantes. Depuis 2011, on assiste à l'augmentation problématique des populations de la Cochenille des Seychelles *Icerya seychellarum* (Westwood) (Hemiptera : Margarodidae) qui était considérée jusqu'alors comme un ravageur mineur (Delpoux *et al.*, 2013). D'autres insectes peuvent ponctuellement causer des dommages importants, mais ils sont en général considérés comme des ravageurs secondaires (thrips, acariens, charançons, cécidomyies des feuilles, papillons ou autres insectes piqueurs suceurs).

Pour les agriculteurs réunionnais, la seule réponse disponible est trop souvent l'application massive de produits phytosanitaires. Actuellement, une seule substance insecticide est homologuée pour protéger les fleurs et, de l'avis même des agriculteurs, son efficacité est plus que limitée.

La stratégie proposée dans le cadre du projet Biophyto relève de la protection agroécologique des cultures (Deguine *et al.*, 2008). Elle repose sur le rétablissement des équilibres bioécologiques dans les agroécosystèmes. Ainsi, plusieurs techniques agroécologiques de gestion de la biodiversité végétale peuvent contribuer à la fois à réduire la pression des insectes ravageurs et à augmenter les populations d'insectes utiles à l'agriculture, en favorisant le développement d'une biodiversité fonctionnelle renouvelée (pollinisateurs,

¹ FDGDON
23 Rue Jules Thirel, 97460 Saint-Paul, La Réunion, France

prédateurs, parasitoïdes), capable de jouer un rôle majeur de régulation dans les agroécosystèmes. Cette stratégie de protection agroécologique s'appuie sur trois piliers : la prévention des infestations, l'insertion de biodiversité végétale et la lutte biologique de conservation.

Un suivi des principaux bioagresseurs du manguier a été réalisé de 2012 à 2014 sur les parcelles du réseau Biophyto afin d'estimer la dynamique des niveaux d'infestation ; et d'évaluer l'impact de l'arrêt des traitements insecticides et de la mise en place de techniques agroécologiques de gestion de biodiversité végétale.

L'enjeu du suivi des bioagresseurs a été d'élaborer un protocole qui parvienne au meilleur compromis entre l'acquisition d'indicateurs les plus précis et représentatifs possibles et les contraintes liées au temps et à la main d'œuvre impartis au projet.

Nous présentons dans cet article les résultats préliminaires de la dynamique des niveaux d'infestation des bioagresseurs à la floraison : Cécidomyie des fleurs, Punaise du manguier, thrips et de la Cochenille des Seychelles.

Matériel et méthodes

Le suivi des bioagresseurs a été réalisé sur l'ensemble des sites pilotes du réseau ; à l'exception du site M pour le suivi des bioagresseurs à la floraison car les arbres bien trop grands ne permettaient pas une observation des inflorescences à hauteur d'homme. Sur chaque site pilote, deux parcelles ont été identifiées correspondant aux modalités :
 - Biophyto, conduite sans traitements insecticides et avec des pratiques agroécologiques ;
 - Témoin, conduite suivant les pratiques habituelles de l'agriculteur.

▼ SUIVI DES BIOAGRESSEURS À LA FLORAISON

Sur la période de floraison, de juin à octobre, le suivi des bioagresseurs a concerné la punaise *Orthops palus*, la Cécidomyie des fleurs *Procontarinia mangiferae* et les thrips (toutes espèces confondues). Les observations ont été réalisées de manière hebdomadaire. Chaque semaine, 10 arbres dont les inflorescences étaient au stade F (floraison : présence de fleurs ouvertes et de boutons floraux sur l'inflorescence) ont été observés au hasard. Pour chaque arbre, 5 inflorescences, situées à hauteur d'homme, ont été observées. Pour chaque inflorescence, l'abondance des bioagresseurs et de leurs dégâts a été estimée par un système de classes d'abondance, dont les échelles de notation ont été adaptées pour chacun d'eux (Tableau 1, Tableau 2, Tableau 3).

▼ SUIVI DE LA CÉCIDOMYIE DES FLEURS, *PROCONTARINIA MANGIFERAE*

La Cécidomyie des fleurs est un petit moucheron (environ 2 mm de long) qui est difficile à observer dans le verger. Par

contre, on observe facilement les déformations (galles) et les nécroses causées par les larves sur les inflorescences. Selon le niveau d'infestation, les attaques conduisent à la destruction partielle ou totale des inflorescences par dessèchement (Amouroux, 2013). Le suivi a consisté à estimer les dégâts occasionnés par la Cécidomyie des fleurs lors d'observations *in situ* (Tableau 1).

Tableau 1 Échelle de notation pour évaluer les dégâts causés par la Cécidomyie des fleurs.

Classe d'abondance	Description de l'inflorescence
0	Saine
1	Quelques galles et/ou déformations visibles
2	Dessèchement partiel
3	Dessèchement \geq 75 %

▼ SUIVI DE LA PUNAISE *ORTHOPS PALUS*

La punaise *Orthops palus* est une Miridae de petite taille (environ 3,5 mm) de couleur jaune ou vert pâle. Les adultes et les larves piquent et sucent la sève des inflorescences, ce qui entraîne leur dessèchement. En cas de forte attaque, la totalité de la floraison peut être détruite en quelques jours. Le cas de la punaise est particulier puisque La Réunion est le seul endroit au monde où cette espèce pose problème sur mangue, ce qui explique le peu de travaux publiés à son sujet. Faute de pouvoir identifier spécifiquement la punaise *Orthops palus* au terrain, c'est l'abondance des Miridées vertes qui a été estimée par un léger battage des inflorescences (Tableau 2). Le suivi de ce ravageur a également été complété par une estimation des dégâts occasionnés.

Tableau 2 Échelle de notation pour évaluer l'abondance de la punaise *Orthops palus*.

Classe d'abondance	Description des populations
0	Absence de punaises
1	\leq 3 punaises
2	\leq 10 punaises
3	> 10 punaises

▼ SUIVI DES THRIPS

Les thrips sont des insectes piqueurs, de très petite taille (environ 1 mm), extrêmement mobiles. De fortes pullulations sont occasionnellement observées. Deux espèces alors peuvent causer de sérieux dommages à la floraison : le thrips Sud-africain des agrumes (*Scirtothrips aurantii*) de couleur claire et le thrips du cacaoyer (*Selenothrips rubrocinctus*) de couleur brun noir (Bournier, 2000 ; Vincenot et Normand,

2009). Ils entraînent un dessèchement des inflorescences et l'apparition de liège sur les jeunes fruits. Les plus petits, inférieurs à 4 cm de diamètre, finissent par chuter et les autres sont le plus souvent déclassés. L'abondance des thrips a été estimée par un léger battage des inflorescences (Tableau 3), complétée à partir de 2013 par une estimation des dégâts occasionnés.

Tableau 3 Échelle de notation pour évaluer l'abondance des thrips.

Classe d'abondance	Description des populations
0	Absence de thrips
1	≤ 10 thrips
2	≤ 30 thrips
3	> 30 thrips

▼ SUIVI DE L'OÏDIUM DU MANGUIER *OÏDIUM MANGIFERAE*

L'oïdium du manguier est un champignon qui se développe principalement pendant l'hiver austral et qui cause principalement des dégâts à la floraison. Un feutrage blanc (mycélium) se développe sur les inflorescences qui se dessèchent.

En 2012, de fortes attaques d'oïdium ont été constatées, avec pour certains sites une destruction importante de la floraison. Un suivi de cette maladie a donc été ajouté au protocole à partir de 2013. La présence / absence de dégâts sur les inflorescences au moyen d'observations *in situ* a été indiquée pour chaque arbre.

▼ SUIVI DES POPULATIONS DE LA COCHENILLE DES SEYCHELLES, *ICERYA SEYCHELLARUM*

La Cochenille des Seychelles est une grosse cochenille farineuse qui peut atteindre 7 mm de long. Elle se nourrit de sève et sécrète un miellat sur lequel se développe la fumagine (moisissure noire due à un champignon). Celle-ci limite la photosynthèse des feuilles et entraîne des tâches à la surface des fruits, qui sont le plus souvent déclassés. À La Réunion, les populations de la cochenille étaient bien contrôlées jusqu'à 2011 grâce à l'action de son complexe d'ennemis naturels : la coccinelle *Rodolia chermesina* et le parasitoïde *Cryptochetum iceryae* (Quilici *et al.*, 2003). La principale hypothèse expliquant la recrudescence des populations de la cochenille serait l'augmentation récente du parasitisme de la coccinelle *R. chermesina* (Delpoux *et al.*, 2014).

Le suivi de la Cochenille des Seychelles a été réalisé mensuellement tout au long de l'année. Chaque mois, les 10 mêmes arbres échantillonnés en début du projet, sont observés. Pour chaque arbre, le feuillage est divisé en 4 quarts : deux parties dans l'inter-rang et deux parties dans le rang. L'abondance

des populations est notée par quart d'arbre selon une échelle d'abondance (Tableau 4).

Tableau 4 Échelle de notation pour évaluer l'abondance de la Cochenille des Seychelles.

Classe d'abondance	Description des populations
0	Absence après recherche
1	Quelques cochenilles observées après recherche
2	Effectif moyen facilement visible sans recherche
3	Effectif important
4	Très forte infestation

Un indice moyen hebdomadaire de la parcelle a été calculé à partir de la moyenne des classes d'abondance attribuées à chaque ravageur. Pour faciliter l'interprétation des résultats un niveau d'infestation globale de la parcelle a été attribué en fonction de l'indice moyen hebdomadaire (Tableau 5, Tableau 6).

Tableau 5 Échelle de notation de l'infestation globale de la parcelle pour les dégâts de la Cécidomyie des fleurs, l'abondance de la punaise, *Orthops palus*, et des thrips.

Indice moyen hebdomadaire	Description de l'infestation
0	Absence du bioagresseur
]0,1]	Faible infestation
]1,2]	Infestation moyenne
]2,3]	Forte infestation

Tableau 6 Échelle de notation de l'infestation globale de la parcelle pour l'abondance des cochenilles.

Indice moyen hebdomadaire	Description de l'infestation
0	Absence de cochenille
]0,1]	Faible infestation
]1,2]	Infestation moyenne
]2,3]	Forte infestation
]3,4]	Très forte infestation

Résultats et discussion

▼ SUIVI DES BIOAGRESSEURS À LA FLORAISON

Nous avons choisi de présenter les résultats du suivi des bioagresseurs à la floraison pour les 9 sites pilotes pour lesquels les relevés ont pu être réalisés sur l'ensemble des trois années (sites B, C, D, F, G, H, K, L et N). Selon les parcelles et l'année, les floraisons ont été plus ou moins hétérogènes.

La présence d'inflorescences au stade F a été plus ou moins groupée, avec une à trois floraisons par parcelle. Ainsi, le nombre de parcelles observées chaque semaine a varié de zéro à seize (Figure 1, Figure 2, Figure 3). Les résultats sont présentés sur la période allant des semaines S28 à S38 (juillet à septembre). Quelques observations ont toutefois été réalisées avant et après cette période en fonction de la précocité et de l'étalement de la floraison sur certains sites pilotes, notamment pour 2014.

▼ SUIVI DE LA CÉCIDOMYIE DES FLEURS

Pour les trois années, nous avons observé de manière systématique des dégâts de la Cécidomyie des fleurs sur toutes les parcelles du réseau avec des niveaux d'infestation variables (Figure 1).

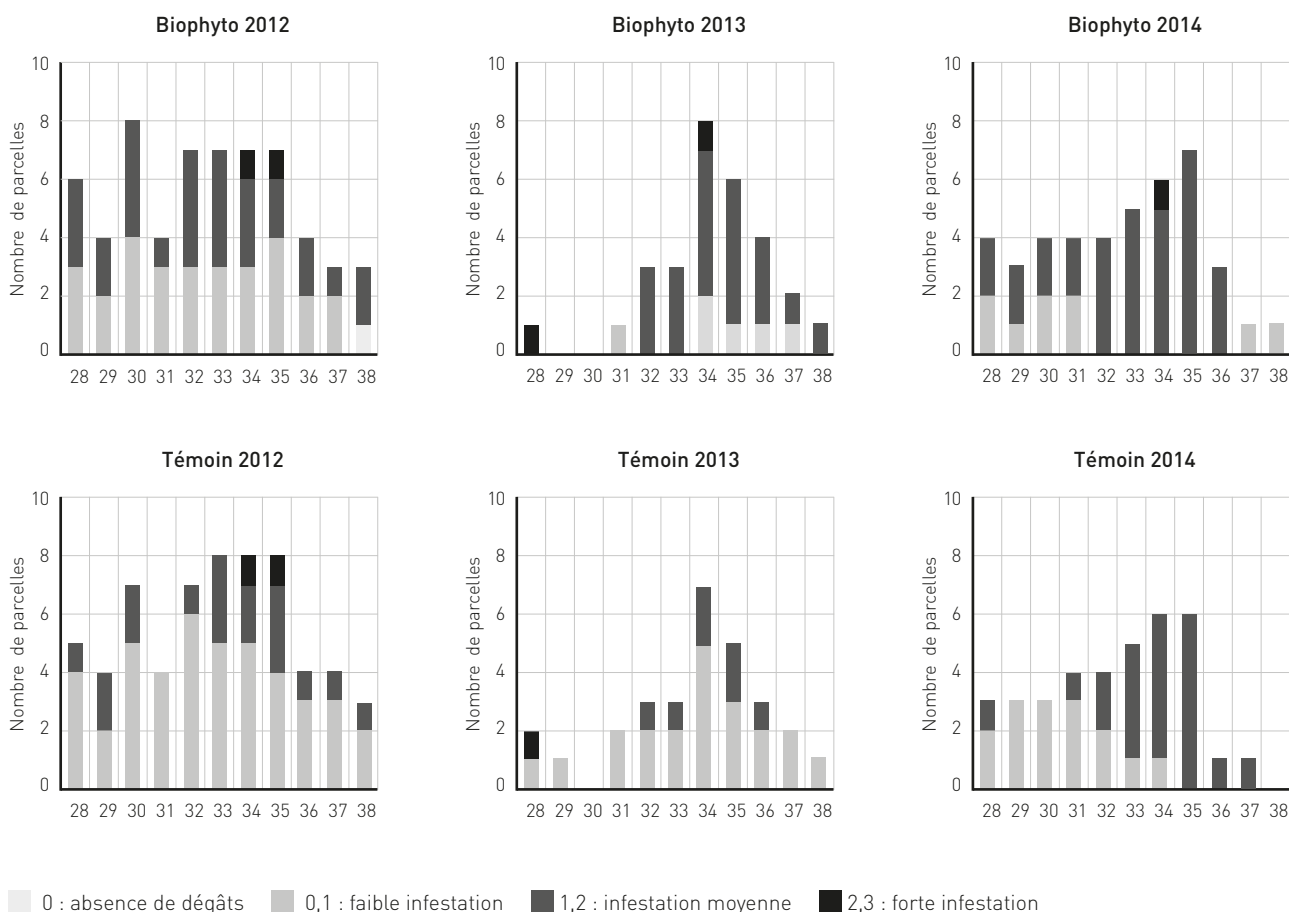
En 2014, les dégâts causés par la Cécidomyie des fleurs ont été plus élevés par rapport aux années précédentes, avec respectivement 83 % et 59 % des indices hebdomadaires compris dans les intervalles de moyenne à forte infestation pour les parcelles Biophyto et Témoin (Figure 1).

Chaque année, sur une à deux parcelles, les indices hebdomadaires ont atteint l'intervalle de forte infestation (Figure 1). Les inflorescences de la parcelle étaient alors en totalité détruites. Ce fût le cas pour les sites F en 2012 (S34 et S35), H en 2013 (S28), C en 2013 (S34) et L en 2014 (S34), uniquement sur la parcelle Biophyto pour les deux derniers sites. Sur le site F, planté avec la variété Cogshall, la floraison était groupée et a totalement été détruite. Sur le site H, planté avec la variété José, la destruction de la première floraison a été plus ou moins compensée par la deuxième floraison.

Pour les trois années, les indices hebdomadaires ont été plus élevés sur les parcelles Biophyto que sur les parcelles Témoin (Anova, $p = 0,000$, $P = 0,99$, Statistica 10.0).

On constate que malgré la mise en place d'un couvert végétal permanent sur les parcelles Biophyto à partir de 2012, les niveaux d'infestation y ont été encore élevés en 2014 et supérieurs aux parcelles Témoin. Il nous apparaît donc nécessaire de compléter les pratiques agroécologiques pour la gestion de ce ravageur. Des travaux sont actuellement menés par l'ArmeFlhor pour mettre au point des méthodes de lutte alternative contre la Cécidomyie des fleurs.

Figure 1 Évolution hebdomadaire des dégâts de la Cécidomyie des fleurs *Procontarinia mangiferae* sur les parcelles Biophyto et Témoin de 2012 à 2014.



▼ SUIVI DES MIRIDÉES VERTES

Les profils d'abondance des miridées vertes ont été semblables sur les parcelles Biophyto et Témoin pour les 3 années (Figure 2) ; et ceci malgré l'arrêt des traitements insecticides sur les parcelles Biophyto.

L'abondance des punaises a été variable selon les années et des dégâts n'ont vraiment été observés sur les parcelles du réseau qu'en 2014.

En 2012, l'abondance des punaises est restée faible sur les parcelles des deux modalités (Figure 2). 23 % des indices hebdomadaires étaient nuls, traduisant l'absence du ravageur ; 74 % appartenaient à l'intervalle de faible infestation et 3 % seulement à l'intervalle de moyenne infestation.

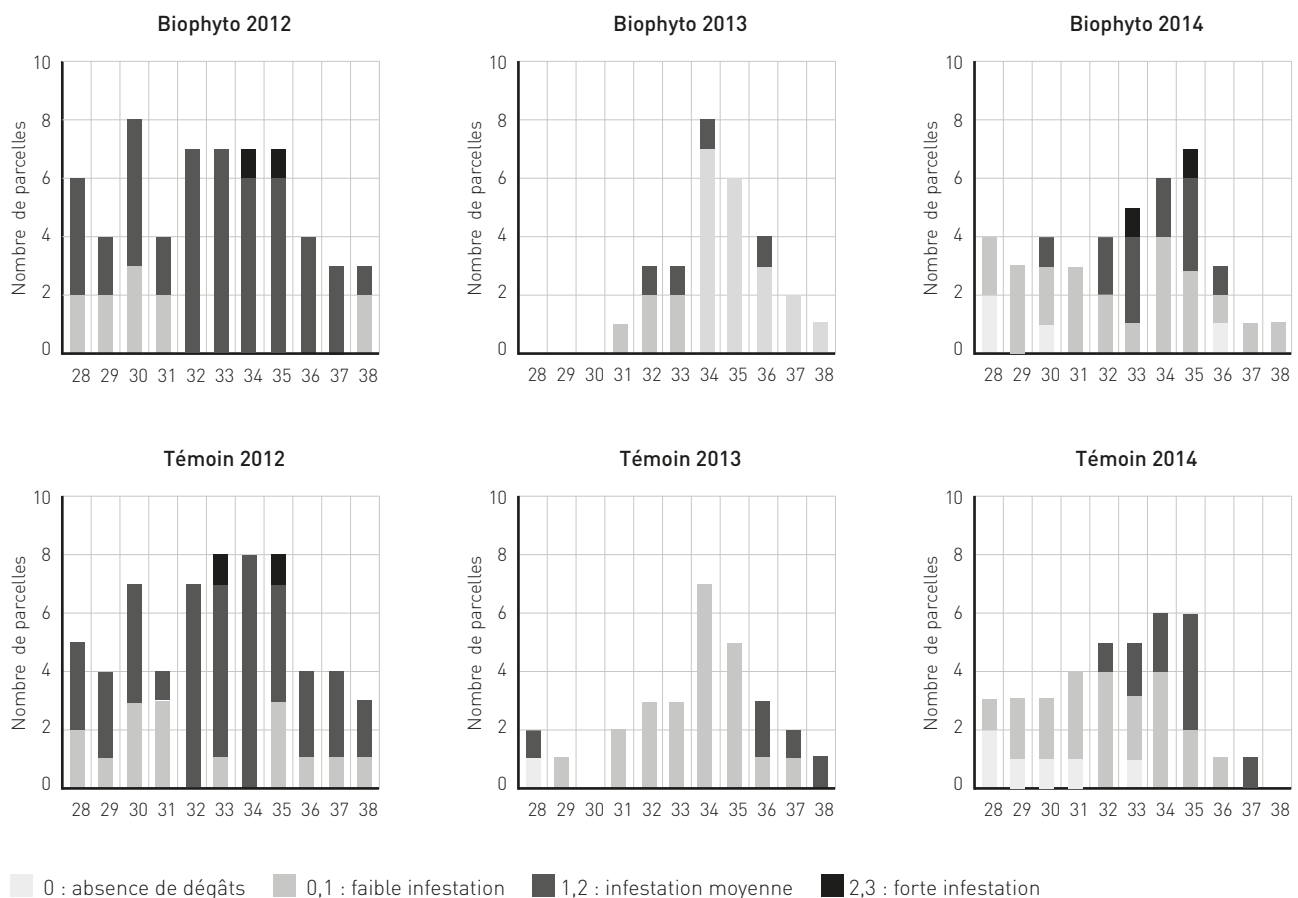
En 2013 et 2014, les punaises ont été plus abondantes sur les parcelles du réseau (Figure 2). Toutefois, les indices hebdomadaires pour les parcelles des deux modalités étaient en majorité compris dans l'intervalle de faible infestation (respectivement 84 % et 56 %) ; ce qui correspond à des battages avec en majorité moins de 3 punaises par inflorescence. Des indices hebdomadaires plus élevés, inclus dans l'intervalle de moyenne infestation, ont été atteints à 14 % en 2013 et 28 % en 2014 ; ce qui correspond à des bat-

tages fréquents avec plus de 3 punaises par inflorescence. En 2014, des indices hebdomadaires inclus dans l'intervalle de forte infestation ont également été atteints.

En parallèle, bien que le seuil de nuisibilité (actuellement usité) d'une moyenne de 3 punaises par inflorescence ait été fréquemment dépassé, nous n'avons pas pour autant observé de manière systématique de dégâts associés sur les inflorescences. En 2013, nous avons observé des dégâts uniquement sur la parcelle Biophyto du site C sur jeunes fruits en S42. En 2014 par contre, l'observation de dégâts a été plus fréquente sur les parcelles du réseau (sites F et L), notamment en fin de la période de floraison.

La punaise *Orthops palus* reste un ravageur peu connu, et les dégâts qu'elle cause n'ont pas été si faciles à caractériser et de ce fait à estimer. Lorsque les punaises prolifèrent, on observe de nombreuses petites piqûres (minuscules points noirs) sur les inflorescences. Toutefois, avec le dessèchement fréquent des inflorescences dû aux attaques d'oïdium, il a été difficile de repérer les dégâts occasionnés par les punaises. Les travaux de thèse débutés par le Cirad, permettront de mieux connaître la bioécologie de ce ravageur.

Figure 2 Évolution hebdomadaire de l'abondance de la punaise *Orthops palus* sur les parcelles Biophyto et Témoin de 2012 à 2014.



▼ SUIVI DES THRIPS

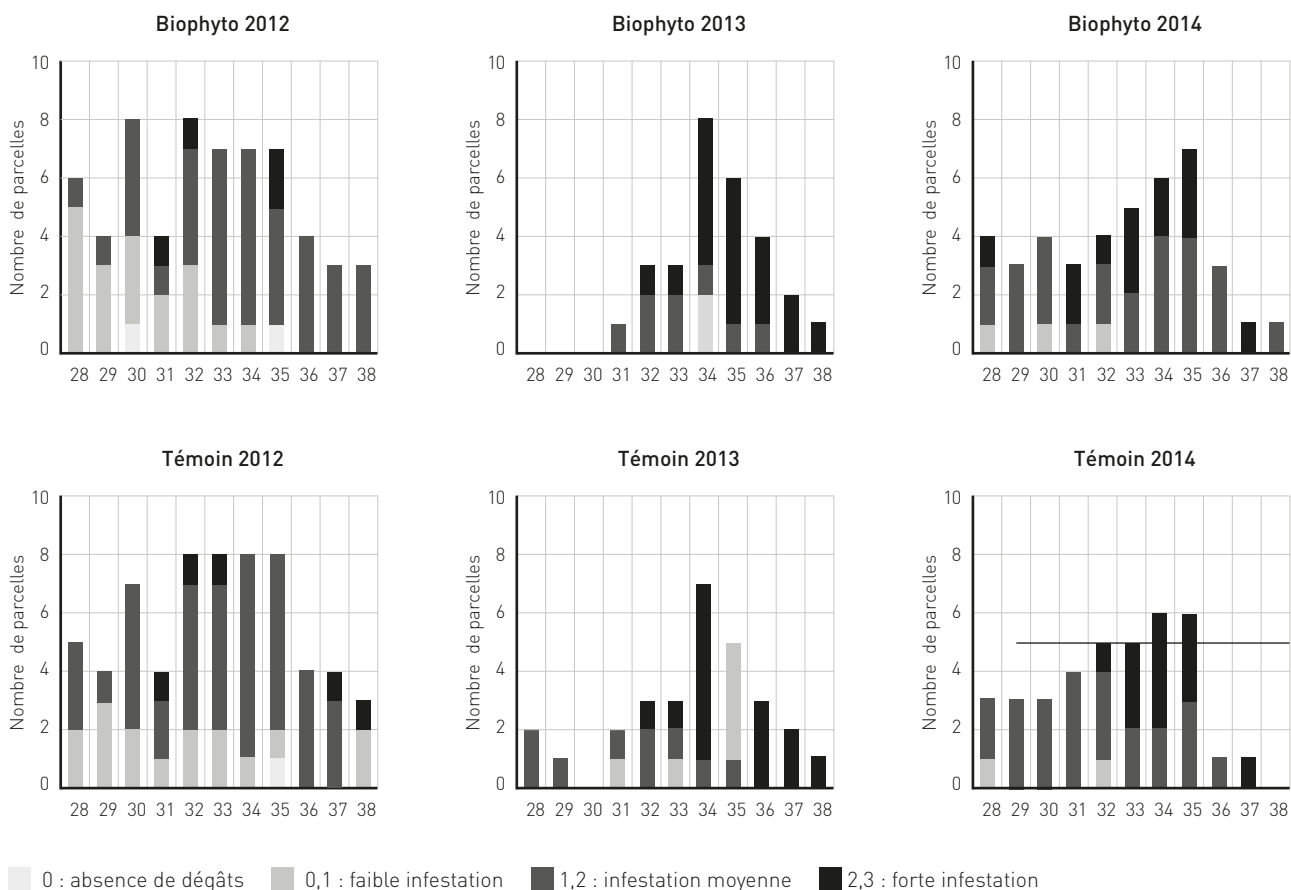
Les profils d'abondance des thrips ont été semblables pour les parcelles Biophyto et Témoin pour les trois années (Figure 3) ; et ceci malgré l'arrêt des traitements insecticides sur les parcelles Biophyto.

Pour les trois années, nous avons observé de manière systématique la présence de thrips dans les inflorescences sur toutes les parcelles du réseau avec des niveaux d'abondance élevés (Figure 3). Les indices hebdomadaires sont majori-

tairement compris dans les intervalles de moyenne et forte infestation, respectivement 54 % et 28 %.

Bien que le nombre de thrips par inflorescence soit fréquemment supérieur à 30 individus, aucun dégât spécifique lié à ce ravageur n'a été observé sur les inflorescences. Néanmoins, avec le dessèchement fréquent des inflorescences dû aux attaques d'oïdium, il a été vraiment difficile de repérer les dégâts occasionnés par les thrips.

Figure 3 Évolution hebdomadaire de l'abondance des thrips (toutes les espèces confondues) sur les parcelles Biophyto et Témoin de 2012 à 2014.



▼ SUIVI DE L'OÏDIUM

En 2013 et 2014, des dégâts d'oïdium ont été observés sur la quasi-totalité des parcelles du réseau ; avec souvent 100 % des arbres infestés ; et ceci aussi bien sur les parcelles Biophyto et Témoin.

La présence d'oïdium tendait à être plus élevée en milieu et fin de période de floraison (août et septembre) (corrélation positive significative entre le pourcentage d'arbres infestés et le numéro de la semaine).

En l'absence d'application préventive de fongicide de nombreuses inflorescences ont été détruites avant nouaison.

Actuellement, une seule spécialité à base de *Bacillus subtilis* str QST 713 homologué sur mangier comme stimulateur des défenses naturelles peut être utilisée pour lutter contre l'oïdium. Des essais d'évaluation sont en cours dans le cadre du programme usages mineurs et orphelins (ÉCOPHYTO 2018, Axe 6) piloté par l'ArmeFlhor afin d'aboutir à l'homologation de produits phytosanitaires efficaces, respectueux de l'environnement et de la santé humaine pour lutter contre l'oïdium du mangier.

▼ SUIVI DES POPULATIONS DE LA COCHENILLE DES SEYCHELLES, *ICERYA SEYCHELLARUM*

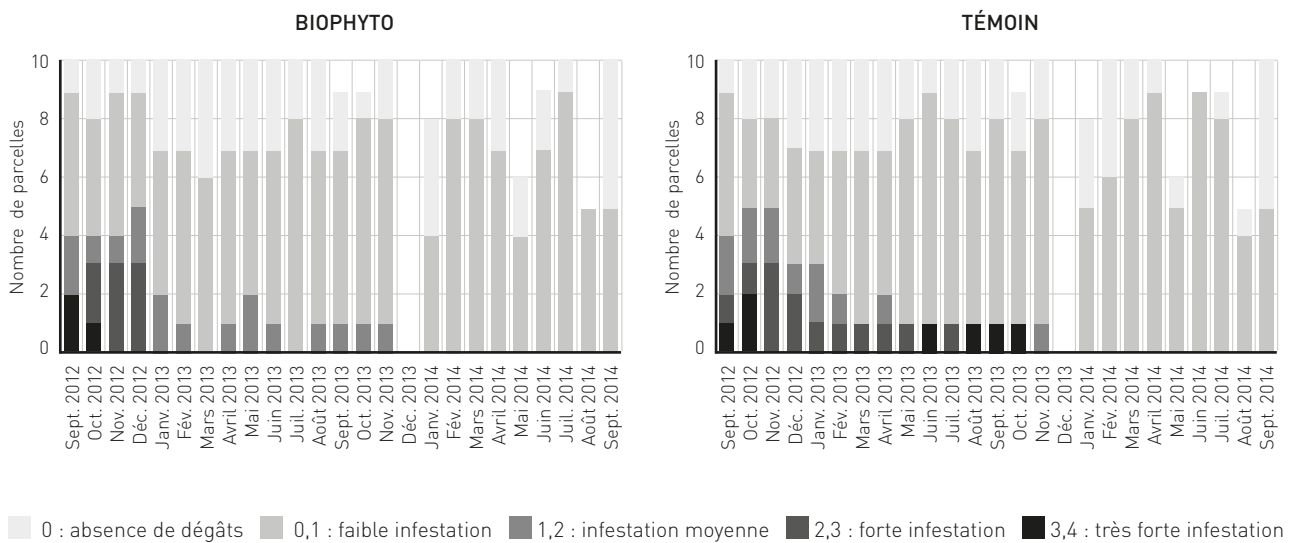
Les résultats du suivi de la Cochenille des Seychelles sont présentés pour les 10 sites pilotes dont le suivi a été réalisé sur l'ensemble des trois années (sites B, C, D, F, G, H, K, L, M et N).

En septembre 2012, au début du suivi, la Cochenille des Seychelles était présente sur la quasi-totalité des parcelles Biophyto et Témoin ; avec des niveaux d'infestation hétérogènes entre les parcelles du réseau (Figure 4). Seules deux parcelles (parcelle Témoin du site B et parcelle Biophyto du site M) étaient dépourvues du ravageur. Jusqu'à fin 2012, le nombre de parcelles avec des niveaux d'infestation moyens à très forts a augmenté. Puis la tendance s'est inversée début 2013. En février 2013, il n'y avait plus qu'une parcelle Biophyto avec un niveau d'infestation moyen et deux parcelles Témoin avec des niveaux d'infestation moyens à forts. Pour le reste de l'année 2013, l'abondance de la Cochenille des Seychelles est restée à un niveau d'infestation faible sur 9 sites. Seul le site G présentait des niveaux d'infestation encore critiques, et supérieurs sur la parcelle Témoin. En 2014, la totalité des parcelles Biophyto et Témoin présentaient un faible niveau d'infestation, voir une absence totale du ravageur.

L'évolution des niveaux d'infestation sur les parcelles du réseau peut être décrite selon 3 profils caractéristiques.

Le profil 1, observé sur les sites B, F et M, pour lequel le niveau d'infestation est resté faible sur les 3 années, même en 2012 au pic de l'infestation de la Cochenille des Seychelles. Ces sites correspondent à des exploitations AB ou ayant des pratiques apparentées (faible emploi de pesticides depuis plusieurs années). Le profil 2, observé sur les sites C, D, H, K, L et N, pour lequel le niveau d'infestation était moyen à très fort lors des premiers mois de suivi en 2012. L'abondance des cochenilles a ensuite diminué début 2013 pour se maintenir à un niveau faible jusqu'en septembre 2014 ; et ceci même sur les parcelles Biophyto exemptes de traitements insecticides. Le complexe d'ennemis naturels de la cochenille semble avoir joué son rôle, malgré l'observation d'un fort taux de parasitisme de la coccinelle *Rodolia chermesina* (Delpoux, 2014). Fin 2012, sur certains sites les corps desséchés des cochenilles attaquées étaient toujours accrochées sur le feuillage et donc comptabilisés. Le passage du cyclone Dumilé, en janvier 2013, a alors « nettoyé » les manguiers. Le profil 3, observé uniquement sur le site G, pour lequel l'infestation a progressé et s'est maintenue à un niveau moyen à très fort tout au long de l'année 2013. Puis en janvier 2014, avec le passage du cyclone Bėjisa, les manguiers ont été « nettoyés ». Les niveaux d'infestation sont alors restés faibles jusqu'en septembre 2014.

Figure 4 Évolution mensuelle de l'abondance de la Cochenille des Seychelles sur les parcelles Biophyto et Témoin de 2012 à 2014.



Conclusion

Le suivi hebdomadaire à la floraison de la punaise *Orthops palus*, de la Cécidomyie des fleurs *Procontarinia mangiferae* et des thrips, ainsi que le suivi mensuel de la Cochenille des Seychelles *Icerya seychellarum* tout au long de l'année ont permis de mieux connaître la dynamique d'infestation de ces bioagresseurs :

- la Cécidomyie des fleurs, ravageur inféodé au manguiers, a causé de manière systématique des dégâts sur toutes les parcelles avec des degrés d'infestation variables, qui tendaient toutefois à être plus élevés sur les parcelles Biophyto. Chaque année, sur une à deux parcelles du réseau, les attaques ont conduit à la destruction complète des inflorescences.

- l'abondance des miridées vertes, incluant la punaise *Orthops palus*, a varié selon les années, mais est restée la plupart du temps sans incidence sur la floraison. En 2014 toutefois, les niveaux d'infestation ont été ponctuellement élevés et ont entraîné la destruction des inflorescences sur quelques parcelles.
- l'abondance des thrips a de manière générale été très élevée sur l'ensemble des parcelles, sans toutefois causés de dégâts significatifs aux inflorescences.
- en l'absence d'application préventive de fongicide, les attaques d'oïdium ont causé d'importants dégâts sur la plupart des parcelles pour les 3 années.
- la Cochenille des Seychelles était présente sur la quasi-totalité des parcelles du réseau en 2012 à des niveaux d'infestation élevés, mais les populations ont diminué en quelques mois sur la plus part des parcelles et ceci sans

l'application de traitements insecticides sur les parcelles Biophyto.

L'arrêt des traitements insecticides ne semble pas avoir entraîné une augmentation significative des niveaux d'infestation des bioagresseurs sur les parcelles Biophyto, hormis pour les dégâts de la Cécidomyie des fleurs. Pour ce ravageur, ainsi que pour l'oïdium, la mise en place des pratiques agroécologiques devra être complétée par la recherche et la mise au point de méthodes de lutte alternative.

Cette première analyse des résultats sera complétée en fin de projet par une analyse multivariée afin de comprendre comment les facteurs abiotiques, les caractéristiques intrinsèques des parcelles, ainsi que les pratiques agroécologiques ont pu influencer spécifiquement les niveaux d'infestation des principaux bioagresseurs.

Remerciements

Nous remercions Camille Delpoux et Paul Amouroux pour leur contribution à la conception des échelles d'abondance de la Cochenille des Seychelles et de la Cécidomyie des fleurs. Merci également à Marie Pierre Paquiry, Kevin Aipar et Yahaïa Soulaïmana Mattoir pour leur collaboration aux notations au terrain.

Ces travaux ont pu être réalisés grâce aux financements du Conseil Général de La Réunion, de l'Europe (financement FEADER) et du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire (financement CASDAR).

Références bibliographiques

- Amouroux P., 2013. Bio-écologie et dynamique des populations de cécidomyie des fleurs (*Procontarinia mangiferae*), un ravageur inféodé au manguier (*Mangifera indica*), en vue de développer une lutte intégrée. Thèse de Doctorat, Université de La Réunion, Saint-Denis, France.
- Bournier J.-P., 2000. Les Thysanoptères de l'île de la Réunion: Terebrantia. Bulletin de la Société entomologique de France, 105, 65-108.
- Deguine J.-P., Ferron P., Russel D., 2008. De l'agrochimie à l'agroécologie. Quae, Versailles, France, 187 p.
- Delpoux C., Germain J.-F., Delvare G., Franck A., Normand F., Quilici S., 2013. Les cochenilles à sécrétions cireuses sur manguiers à La Réunion: *Icerya seychellarum*, ravageur en recrudescence. *Phytoma*, 65, 45-49.
- Delpoux C., Muller L., Quilici S., 2014. Statut de la régulation biologique de la Cochenille des Seychelles, *Icerya seychellarum*, par la coccinelle *Rodolia chermesina* en vergers de manguiers. Séminaire Biophyto, Saint-Pierre, France.
- Duyck P. F., 2005. Compétition interspécifique et capacités invasives. Le cas des Tephritidae de l'île de La Réunion. Thèse de Doctorat, Université de La Réunion, Saint-Denis, France.
- Quilici S., Vincenot D., Franck A., 2003. Les auxiliaires des cultures fruitières à l'île de La Réunion. Ed. Cirad, Montpellier, France, 168 p.
- Vincenot D., Normand F., 2009. Guide de production intégrée de mangues à La Réunion. Cirad- Chambre d'agriculture de La Réunion, Saint Pierre, France, 121 p.

Questions / Réponses

► **J.-N. Aubertot** : Avez-vous pu réaliser une typologie des profils de dégâts observés sur les parcelles de manguier ?

M. Marquier : Pas encore mais c'est une piste d'analyse pour les mois à venir.

► **J.-N. Aubertot** : Comment avez-vous adapté les stratégies d'échantillonnages à la diversité probable des structurations spatio-temporelle des bioagresseurs ?

M. Marquier : Après discussion lors de l'élaboration des protocoles d'échantillonnages, le choix a été fait de garder le même nombre d'échantillons quelles que soient les parcelles. Compromis choisi par rapport aux contraintes en temps et à la main d'œuvre disponibles pour le suivi phytosanitaire.

En ce qui concerne le choix des inflorescences sur les arbres, ce sont celles à hauteur d'homme. Nous n'avons pas pris en compte de gradient de hauteur des inflorescences.

► **A. Ratnadass** : Est-ce que le fait qu'il n'y ait pas de différence notable entre les parcelles Biophyto et les parcelles Témoin en terme d'abondance de punaises mirides peut être due au type de produit appliqué sur les parcelles Té-

moins ? En effet, certains produits sont censés préserver les mirides car ce groupe consiste surtout en des auxiliaires, notamment en Europe.

M. Marquier : À ce jour, je n'ai pas la connaissance au cas par cas de l'utilisation des insecticides. Dans l'étude des impacts des pratiques, il sera évalué au cas par cas si le traitement insecticide a eu un impact sur les punaises.

S. Baud : Sur notre parcelle Biophyto (non traitée), la cochenille est maîtrisée, voire inexistante, alors que depuis 8 ans nous subissons des attaques de cécidomyies et de punaises (2014 : de gros dégâts).

M. Jacquot : Nous avons différents ravageurs dans les vergers de manguier, certains sont peu mobiles comme les cochenilles et peuvent être facilement régulés. Contrairement aux thrips, cécidomyie et punaises qui ont des capacités de dispersion fortes.

C. Gloanec : Effectivement, sur les ravageurs volants, la biodiversité ne peut pas toujours empêcher l'arrivée de l'extérieur. Des recherches complémentaires sont à mener sur des méthodes alternatives.

> Bioécologie de la Punaise du manguier, *Orthops palus*

M. ATIAMA¹ | T. RAMAGE | T. SCHMITT¹ | M.-L. MOUTOUSSAMY¹ | A. MATOCQ | C. AJAGUIN SOLEYEN¹ |
D. MURU¹ | M. JACQUOT¹ | J.-P. DEGUINE¹
morguen.atiama@cirad.fr

Résumé

Décrite pour la première fois en Ouganda en 1947, l'espèce *Orthops palus* (Taylor) n'est jusqu'à maintenant recensée qu'à La Réunion, où elle est considérée comme l'un des principaux ravageurs du manguier (*Mangifera indica* L.). Les adultes et les larves de cet insecte piquent les inflorescences de manguier et entraînent leur dessèchement. Peu de connaissances sont disponibles sur ce ravageur, ce qui rend délicate la gestion de ses populations. La présente étude a pour objectif d'acquérir des connaissances sur le statut, la biologie et l'écologie de cet insecte et sur la structuration génétique de ses populations. Les principaux résultats font état de l'existence de plus d'une dizaine d'espèces de Miridae en verger lors de la pleine floraison du manguier. Dans cette Miridofaune, *O. palus* occupe une place prépondérante. Le suivi des parcelles du réseau Biophyto (www.biophyto.org), effectué de 2012 à 2014, montre d'importants dégâts provoqués par *O. palus* sur certaines parcelles ; pour d'autres, il se révèle très difficile de quantifier l'impact de ce ravageur tant les dégâts sont le résultat d'attaques simultanées de plusieurs bioagresseurs (oidium, Cécidomyie des fleurs,...). La bioécologie de cette punaise est aujourd'hui mieux connue grâce à des données obtenues sur son cycle biologique et sur les interactions qu'elle entretient avec diverses espèces végétales présentes dans et en dehors des vergers de manguiers.

Mots-clés : Miridae, ravageur, clé d'identification, interactions insecte plante, structuration génétique

Introduction

La famille des Miridae (Hemiptera : Heteroptera) est l'une des familles d'insectes les plus riches, avec plus de 1 200 genres et 11 000 espèces décrits (Carvalho, 1952 ; Cassis et Schuh 2012). Cette famille regroupe les punaises phytophages (ou « plant bug ») dont la présence est signalée dans toutes les principales régions biogéographiques mondiales (Schuh, 1995, 2008). Elles sont particulièrement diversifiées dans les écosystèmes tropicaux et méditerranéens (Schuh et Slater 1995 ; Cassis *et al.*, 2007). Certaines espèces peuvent avoir une forte importance économique en agriculture notamment fruitière, de par leur rôle d'auxiliaires (exemple : agent biologique de contrôle) ou de ravageurs (Kelton, 1982). D'autres sont considérées de moindre importance. Néanmoins, le manque de connaissances sur la biologie et la taxonomie (confusions d'espèces) de ces espèces, peut être à l'origine de la sous-estimation de leur impact.

La mangue, sixième production fruitière mondiale (FAO, 2009), est un bon support d'étude pour ces 2 cas de figure. Très peu d'études font état de Miridae générant des dégâts significatifs sur manguier. Certaines espèces des genres *Dagbertus* et *Rhinacloa* se nourrissent de ses inflorescences en Floride (Peña, 1993) et en République dominicaine (Whitwell, 1993) sans que des dommages réels soient observés. Des espèces de *Lygus* sont également référencées au Fidji (Swaine, 1971), ou encore *Campylomma liebcknehti* (Malipatil, 1992) en Australie. D'autres Miridae peuvent impacter la qualité des fruits mais cela se limite à quelques espèces du genre *Helopeltis* : *H. theivora* (Leach, 1935 : Malawi) et *H. schoutedeni* (Leach, 1935 : Malawi ; Harris, 1937 : Afrique de l'Est).

Figure 1 | Adulte de la Punaise du manguier (*Orthops palus*).



À l'échelle mondiale, deux espèces sont considérées comme d'importants ravageurs dans les vergers de manguiers :

- *Campylomma austrina* Malipatil dans le Territoire du Nord en Australie, suscite depuis 2002, une attention particulière. En effet, elle génère la chute prématurée d'importantes quantités de petits fruits (Peng et Christian, 2008).
- À La Réunion, *Orthops palus* Taylor est considérée comme le principal bioagresseur en vergers de manguiers (*Mangifera indica* L.) (Figure 1). Les dégâts sont provoqués par les larves et les adultes polyphages, qui piquent les bourgeons, les jeunes pousses et les inflorescences afin d'en extraire la sève pour se nourrir (Insa *et al.*, 2002 ; Normand *et al.*, 2011).

1. CIRAD
UMR C-53 PVBMT
F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

Toutefois, comme *O. palus* n'a le statut de ravageur qu'à La Réunion, très peu de travaux ont été menés à son sujet. Cette étude présente les avancées actuelles, dans l'acquisition de connaissances sur la bioécologie de ce ravageur. À terme, celles-ci permettront la mise en place de meilleures méthodes de gestion de ses populations.

Statut d'*Orthops palus*

▼ PREMIÈRE DESCRIPTION ET TAXONOMIE

La Punaise du manguier fait partie de la famille des Miridae, de la sous-famille des Mirinae et de la tribu des Mirini (Catalogue of Life, 2011 ; Schuh, 2008). Elle a été pour la première fois décrite sous le nom de *Lygus palus* par T. Taylor en 1947 à partir d'échantillons récoltés dans diverses localités d'Ouganda entre 1942 et 1944. Elle a ensuite également été citée sous le nom *Taylorilygus palus* puis combinée dans le genre *Orthops* par Linnavuori en 1975. Aujourd'hui, le nom qui lui est attribué est *Orthops palus*.

▼ DISTRIBUTION MONDIALE

Avant 2013, cette espèce n'est citée qu'en Ouganda par Taylor (1947) et Linnavuori (1975) et à La Réunion. Son premier recensement dans cette île date de 1974 (Etienne et Roura, 1974). Les travaux récents mettent en évidence la présence d'*O. palus* dans plusieurs îles de l'Océan Indien : Maurice, Mayotte, les Comores. Des investigations sont actuellement en cours pour rechercher sa présence à Madagascar et dans les pays africains frontaliers à l'Ouganda, pays de première description.

▼ STATUT DE RAVAGEUR

Recensée dans seulement 2 pays jusqu'en 2013, *O. palus* n'a le statut de ravageur qu'à La Réunion. Elle y est néanmoins classée comme le premier bioagresseur de la mangue (Classement du Plan ÉCOPHYTODOM 2018). Les dégâts sont provoqués par les piqûres des adultes et des larves qui sucent le contenu cellulaire des inflorescences de manguier et entraînent leur dessèchement. *Orthops palus* présente un fort potentiel de destruction des inflorescences, du débourrement jusqu'à la nouaison. Ces attaques sont soudaines et imprévisibles de l'ordre de quelques jours (Insa *et al.*, 2002 ; Vincenot et Normand, 2009 ; PIP, 2011). Les pertes de récoltes qui en résultent sont importantes, atteignant jusqu'à 100 % sur certaines parcelles. Les attaques sont souvent localisées à une partie d'un bassin de production et ne se reproduisent pas systématiquement chaque année (Insa *et al.*, 2002).

▼ LA PUNAISE DU MANGUIER À LA RÉUNION

Reconnaissance morphologique

À La Réunion, les acteurs de la filière connaissent de nombreuses difficultés dans l'identification de la Punaise du manguier. Ils disposent de très peu d'informations (seules quelques photographies) permettant sa reconnaissance. L'identification de l'insecte à l'état adulte ou larvaire est primordiale car le comptage de ces derniers est à l'origine du déclenchement ou non d'un traitement phytosanitaire. La mise au point d'une clé de reconnaissance d'*O. palus* utilisable sur le terrain demande au préalable d'avoir identifié les espèces de Miridae (« Miridofaune ») présentes en vergers de manguier. Très peu de travaux sont disponibles sur les espèces de Miridae présentes à La Réunion. L'une des principales études réalisée est l'inventaire préliminaire des arthropodes ravageurs et auxiliaires des cultures maraichères (Vayssières, 2001).

Notre étude de la Miridofaune présente en vergers de manguier lors de la pleine floraison fait état d'une quinzaine d'espèces. Ces espèces sont en cours d'identification mais l'on peut d'ores et déjà affirmer la présence de plusieurs genres et d'au moins une douzaine d'espèces différentes.

La ressemblance morphologique entre certaines espèces retrouvées, souligne la nécessité de réaliser une clé de reconnaissance pour les adultes et pour les larves. La reconnaissance spécifique des larves n'est pas chose courante dans la taxonomie des punaises, mais est ici indispensable car ce sont ces stades qui sont en grande partie observés lors des battages, les adultes s'envolant quasi instantanément.

Importance relative d'*O. palus* dans les vergers

L'importance relative d'*O. palus* dans les vergers de manguiers est évaluée à 2 échelles. La première consiste à évaluer cette proportion chez les adultes, et dans un deuxième temps chez les larves.

Les aspirations (DVac) réalisées sur les fleurs de manguiers (pics de floraison (août) des années 2012 et 2013 sur les 24 parcelles du réseau Biophyto) montrent que plus de 80 % des Miridae adultes collectées sont des *O. palus* (800 individus collectés).

L'obtention de ces proportions à l'échelle larvaire est prévue pour 2015. Ces résultats pourraient être particulièrement intéressants car ils offrent l'opportunité d'un réajustement du seuil de nuisibilité basé sur le dénombrement de l'ensemble des punaises.

Orthops palus et les plantes

La polyphagie de l'insecte est suspectée mais aucune étude ne la confirme. Lors de sa première description en Ouganda, Taylor référençait *O. palus* comme se développant sur 5 espèces végétales que sont le manguier (*Mangifera indica*),

l'anacardier (*Anacardium occidentale*), *Caesalpinia sepiaria*, *Entada abyssinica*, *Triumfetta sp.*

À l'heure actuelle, les prospections réalisées à La Réunion et dans une moindre mesure à Maurice montrent la présence d'adultes d'*O. palus* sur une quarantaine d'espèces végétales. Ces plantes appartiennent à près de 21 familles végétales. La préférence marquée d'*O. palus* pour les fleurs, énoncée par Taylor en 1947, se confirme par ces prospections puisque sa présence est constatée quasi-exclusivement sur les organes floraux. Les effectifs collectés varient toutefois énormément. Certaines plantes ne comportent que quelques individus d'*O. palus* alors que d'autres se caractérisent par de forts effectifs d'adultes et/ou de larves.

Biologie et interactions insecte/plante

La gestion d'un ravageur phytophage nécessite de disposer d'un certain nombre de connaissances sur son cycle de vie et sur les interactions qu'il entretient avec les plantes. La bibliographie ne fait état d'aucune connaissance sur le cycle biologique d'*Orthops palus*. Un élevage est primordial pour la réalisation de telles études. Il permet de disposer d'effectifs d'individus conséquent, sur toute l'année, et homogènes vis-à-vis de plusieurs paramètres (nutrition, conditions abiotiques,...).

Les essais de mise au point d'élevage réalisés depuis 2013 soulignent les difficultés qu'il existe pour élever cette famille d'insecte. Au peu de connaissances biologiques disponibles sur cette famille, s'ajoute une large variété de ressources alimentaires engendrant plusieurs régimes alimentaires : phytophagie, zoophagie, et zoophytophagie. Ceci complique la maîtrise de l'élevage qui doit fournir à l'insecte l'ensemble des constituants et des paramètres abiotiques (température, humidité, photophase) nécessaires à sa survie et à son développement. Les résultats obtenus sur la réalisation d'un cycle complet au laboratoire sont aujourd'hui encourageants même si certaines phases du cycle biologique restent complexes à maîtriser (ponte). Les études en cours visent à favoriser ces étapes.

▼ CYCLE BIOLOGIQUE

Nous n'avons pas disposé de forts effectifs d'*Orthops palus* par l'élevage. Aussi, le cycle biologique est-il étudié à partir d'individus prélevés sur le terrain. Ces derniers sont récoltés à différents stades larvaires, par battage, d'inflorescences prélevées sur le terrain. Chaque individu est isolé en boîte de Pétri avec une petite portion de fleurs de la plante étudiée (manguier ou baie rose). Leur développement est suivi quotidiennement par identification de leur stade. Cinq stades larvaires sont identifiés. Les durées de développement larvaire sont aujourd'hui disponibles. Néanmoins, certaines caractéristiques importantes comme la durée de pré-oviposition doivent être déterminées.

▼ STATUT DES PLANTES

Il s'agit ici d'évaluer le statut des principales plantes sur lequel *O. palus* est retrouvé à l'état adulte. Aujourd'hui, aucune connaissance sur la dynamique de l'insecte n'est disponible. Il est juste établi que cette espèce est présente lors de la floraison du manguier (floraison des 2 principales variétés Cogshall et José s'étendant de juillet à octobre) mais aucune donnée n'est disponible sur la présence ou non de la Punaise du manguier en dehors de cette fenêtre de temps. Déterminer les plantes sur lesquelles l'insecte est retrouvé en dehors de cette période et en déterminer le statut (plante hôte, plante refuge,...) permet de caractériser la dynamique temporelle de l'insecte au cours de l'année.

Parmi la quarantaine de plantes identifiées comme abritant des adultes d'*O. palus*, quatre sont des plantes hôtes avec de fortes populations de larves associées à celles d'adultes. Cinq autres espèces sont suspectées d'être des plantes hôtes, car au moins une larve d'*O. palus* y a été recensée (espèce déterminée par barcoding). En s'intéressant aux périodes de floraison des différentes plantes, notamment celles montrant de fortes populations d'adultes *O. palus*, il apparaît que cette espèce de punaise dispose sur toute l'année de ressources malgré le fait qu'elle soit fortement dépendante des organes floraux des plantes sur lesquelles elle se nourrit. L'hypothèse est faite que l'insecte pourrait durant toute l'année trouver des ressources alimentaires pour survivre, et également des plantes hôtes pour se reproduire. Cependant, ceci n'est qu'une hypothèse et l'étude de la structuration génétique des populations nous fournira des éléments de réponse.

▼ SYMPTÔMES

Une meilleure caractérisation des symptômes engendrés sur les inflorescences de manguier par des piqûres de punaises est une avancée nécessaire à la compréhension des interactions entre ce ravageur et la plante. En effet, bien que d'importants dégâts soient attribués à *O. palus*, le dessèchement des inflorescences de manguier peut être le résultat d'attaques, soit de la Punaise du manguier uniquement, soit d'autres bioagresseurs comme l'oïdium du manguier (*Oidium mangiferae* Berthet) ou encore d'attaques simultanées de deux bioagresseurs.

Les dégradations des floraisons 2013 et 2014 des manguiers du réseau Biophyto sont pour la plupart le résultat de coinfestation Punaise du manguier / Oïdium, rendant difficile la caractérisation quantitative et qualitative des dégâts. Néanmoins, certaines parcelles ont permis une caractérisation qualitative fine des symptômes. La figure 2 illustre les symptômes visibles lors d'attaques d'*O. palus*.

Figure 2 Symptômes sur inflorescences de manguier provoqués par des attaques de Punaise du manguier (*Orthops palus*).



Figure 3 Symptômes sur inflorescences de manguier provoqués par des attaques d'Anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*).



La reconnaissance des symptômes sur les inflorescences s'avère très complexe car plusieurs bioagresseurs génèrent des symptômes très proches (Figure 3).

Structuration génétique des populations

L'omniprésence d'*O. palus* à La Réunion dans diverses localités et sur diverses plantes, soulève plusieurs questions : existe-t-il plusieurs populations d'*O. palus* à La Réunion ? Si oui, quels paramètres structurent ces populations ?

Deux paramètres sont pris en compte : la localité et la plante hôte. Un échantillonnage a été mené durant l'année 2013 sur l'ensemble de l'île (2 périodes de collecte). Les individus ont été collectés sur 6 plantes hôtes dans 34 sites répartis sur toute l'île (1 396 individus analysés). L'échantillonnage comprend des sites comportant une espèce végétale seule, et des sites comportant 2 ou 3 espèces végétales en floraison (sites sympatriques). Pour étudier cette structuration génétique, 8 marqueurs microsatellites polymorphes ont été mis au point. Au vu de la présence de l'espèce en forte densité à Maurice, une étude génétique du même type y est menée (15 sites, 547 individus analysés). Cela permettra l'analyse de 2 modèles insulaires, et également de déterminer si des

flux de gènes existent entre les 2 îles. Les analyses sont actuellement en cours.

Références bibliographiques

- Carvalho J. C. M., 1952. On the major classification of the Miridae (Hemiptera). (With keys to subfamilies and tribes and a catalogue of the world genera.). *Annaes da Academia Brasileira de Ciencias*, 24, 31-110.
- Cassis G., Schuh R. T., 2012. Systematics, Biodiversity, Biogeography, and Host Associations of the Miridae (Insecta: Hemiptera: Heteroptera: Cimicomorpha). *Annual Review of Entomology*, 57, 377-404.
- Cassis G., Wall M., Schuh R., 2007. Insect biodiversity and industrializing the taxonomic process: a case study with the Miridae (Heteroptera). In: Hodkinson T., Parnell J. (eds.), *Towards the Tree of Life: Taxonomy and Systematics of Large and Species Rich Clades*, 193-212. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Catalogue of Life (2011) - <http://www.catalogueoflife.org/> - consultation juin 2012
- Etienne J., Roura A., 1974. Note sur l'entomofaune des manguiers à la Réunion, p.89-92. In : *Rapport Annuel de l'IRAT, Ile de La Réunion*.
- FAO, 2009. FAOSTAT - <http://faostat.fao.org/> - consultation juin 2012.
- Harris W. V., 1937. *Helopeltis* bug. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 387-390.
- Insa G., Rossolin G., Vincenot D., 2002. La mangue - Dossier Technico-Economique, 1-32.
- Kelton L. A., 1982. Plant bugs on fruit crops in Canada : Heteroptera: Miridae (Ottawa : Research Branch, Agriculture Canada).
- Leach R., 1935. Insect Injury Simulating Fungal Attack on Plants. *Annals of Applied Biology*, 22, 525-537.
- Linnavuori R., 1975. Hemiptera of the Sudan, with remarks on some species of the adjacent countries. 4. Miridae and Isometopidae. *Annales Zoologici Fennici*, 12, 1-118.
- Malipatil M. B., 1992. Revision of Australian *Campylomma* Reuter (Hemiptera: Miridae: Phylinae). *Australian Journal of Entomology*, 31, 357-368.
- Nelson S. C., 2008. Mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) (University of Hawaii at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Cooperative Extension Service).

- Normand F., Michels T., Lechaudel M., Joas J., Vincenot D., Hoarau I., Desmulier X., Barc G., 2011. Approche intégrée de la filière mangue à La Réunion. *Innovations Agronomiques*, 17, 67-81.
- Peña J. E., 1993. Pests of mango in Florida. *Acta Horticulturae* (ISHS), 341, 395-406.
- Peng R.K., Christian K., 2008. The dimpling bug, *Campylomma austrina* Malipatil (Hemiptera: Miridae): the damage and its relationship with ants in mango orchards in the Northern Territory of Australia. *International Journal of Pest Management* 54, 173-179.
- PIP, 2011. Itinéraire technique mangue (*Mangifera indica*). ColeACP/PIP
- Schuh R. T. 1995. Plant Bugs of the World (Insecta: Hemiptera: Miridae). *Systematic Catalog, Distributions, Host List, and Bibliography*. New York: New York Entomological Society, 1329 p.
- Schuh R. T., 2008. On-line systematic catalog of plant bugs (Insecta: Hemiptera: Miridae). <http://research.amnh.org/pbi/catalog/>
- Schuh R. T., Slater J. A., 1995. True Bugs of the World (Hemiptera: Heteroptera). Classification and Natural History. Ithaca, NY: Cornell Univ. Press. 336 p.
- Swaine G., 1971. Agricultural zoology in Fiji, H. M. Stationery Off, Londres.
- Taylor T. H. C., 1947a. Some East African species of *Lygus*, with notes on their host plants. *Bulletin of Entomological Research*, 38, 233-258.
- Vayssières J. F., Delvare G., Maldes J. M., Aberlenc H. P., 2001. Inventaire préliminaire des arthropodes ravageurs et auxiliaires des cultures maraichères sur l'île de La Réunion. *Insect Science and Its Application*, 21, 1-22.
- Vincenot D., Normand F., 2009. Guide de production intégrée de mangues à La Réunion. Montpellier, Cirad, 121 p.
- Whitwell A. C., 1993. The pest/predator/parasitoid complex on mango inflorescences in Dominica. *Acta Horticulturae* (ISHS), 341, 421-432.

Questions / Réponses

► **D. Vincenot** : A-t-on estimé les plantes hôtes qui attirent le plus la punaise ?

M. Atiama : Oui, de manière qualitative et quantitative. Parmi les 46 espèces végétales contenant de l'*Orthops palus* (adulte), 6 espèces montrent une très forte densité d'individus. Ces 6 espèces sont particulièrement étudiées car elles pourraient être les plus susceptibles à être utilisées en tant que plante-piège. Encore faut-il montrer une préférence marquée pour ces espèces par rapport au manguier, surtout en pic de floraison de celui-ci.

► **J.-N. Aubertot** : 1) Avez-vous identifié les variables climatiques impactant la bioécologie de la Punaise du manguier ? 2) Serait-il possible d'utiliser des espèces proches comme modèle pour formuler des hypothèses quant aux déterminants de la bioécologie de la punaise ?

M. Atiama : 1) Les données météorologiques ont été collectées (analyse en cours) et les données disponibles par la station Margouilla nous permettront de tester nos hypothèses en relation avec les effectifs capturés.
2) Oui, au vu des rares connaissances disponibles à son sujet, et la difficulté de maîtriser certaines étapes de sa bioécologie (ponte des femelles).

► **S. Baud** : Quel est le prédateur de la Punaise du manguier ?

M. Atiama : À La Réunion, il n'est pas référencé de prédateurs connus de la Punaise du manguier, ni même des Miridae en générale. De plus, nos études n'ont pas été réalisées dans ce but et nous n'avons jamais remarqué de données intéressantes sur le terrain. Nous nous basons sur ce qui est dit dans la bibliographie : utilisation d'autres punaises (exemple : *Orius* sp.), utilisation d'entomopathogènes comme des champignons (exemple : *Beauveria* sp.). Des essais pourraient être conduits après le projet Biophyto.

> Statut de la régulation biologique de la Cochenille des Seychelles, *Icerya seychellarum*, par la coccinelle *Rodolia chermesina* en vergers de manguiers

C. DELPOUX¹ | L. MULLER¹ | M. MARQUIER² | S. QUILICI¹
lucile.muller@cirad.fr

Résumé

En 2011, un ravageur considéré jusqu'alors comme mineur : la Cochenille cireuse *Icerya seychellarum*, a vu ses populations augmenter, entraînant des dégâts considérables en vergers de manguiers sur l'île de La Réunion. Son contrôle était jusqu'alors assuré par la coccinelle prédatrice *Rodolia chermesina*. La principale hypothèse pouvant expliquer ce déséquilibre est l'augmentation du parasitisme de *R. chermesina*, entraînant une diminution de ses populations et donc de la régulation biologique qu'elle assurait. Cette étude initiée dans le cadre du projet ECOFRUT, de septembre 2012 à mai 2013 a permis d'acquiescer des résultats montrant que le taux de parasitisme de cette coccinelle prédatrice apparaît élevé (de 67 à 100 %). Au total, cinq espèces de parasitoïdes ont été identifiées, son principal parasitoïde étant l'Encyrtidae *Homalotylus eytelweini*. Les études en cours visent à préciser l'évolution du taux de parasitisme de la coccinelle prédatrice et d'identifier les plantes hôtes de cette dernière afin d'optimiser la régulation naturelle du ravageur.

Mots-clés : *Icerya seychellarum*, *Rodolia chermesina*, taux de parasitisme, vergers de manguiers

Introduction

La culture de manguiers est considérée comme la quatrième production fruitière de l'île de La Réunion, avec une production atteignant 3 500 tonnes par an (Vincenot et Normand, 2009). Les ravageurs de cette culture sont nombreux et divers. Leurs dégâts ont une répercussion à la fois quantitative et qualitative sur la production. Les principaux ravageurs sont : la Mouche des fruits, la Cécidomyie des fleurs et la Punaise du manguiers (Quilici *et al.*, 2003). Cependant, en 2011, les producteurs ont vu les populations de cochenilles à sécrétion cireuse augmenter, en particulier celles de la Cochenille des Seychelles : *Icerya seychellarum*. Le principal dommage engendré par ce ravageur est la diminution de la croissance des arbres, due à la spoliation de la sève, entraînant une sénescence prématurée des arbres et donc limitant le rendement (Salman et Bakry, 2012). De plus, le développement de fumagine sur la surface des feuilles est généralement observé. La fumagine se développant sur le miellat sécrété par les cochenilles limite la photosynthèse des feuilles et entraîne des tâches à la surface des fruits.

Icerya seychellarum était pourtant jusqu'alors considérée comme un ravageur mineur sur les cultures (Chin *et al.*, 2002; Vesey-Fitzgerald, 1953). En effet, son contrôle était assuré de manière naturelle sur l'île grâce à son complexe d'ennemis : la coccinelle prédatrice *Rodolia chermesina* et le parasitoïde *Cryptochetum iceryae* (Quilici *et al.*, 2003). La principale hypothèse expliquant cette évolution de la situation est le déséquilibre au sein de ce complexe d'ennemis. En effet, une augmentation du taux de parasitisme de la coccinelle *Rodolia chermesina*, entraînant une diminution de ses populations, pourrait expliquer la recrudescence des populations de *I. seychellarum* en vergers de manguiers. La présente étude s'est déroulée de septembre 2012 à juillet 2013 dans le cadre du projet ECOFRUT. Elle visait à déterminer le taux de parasitisme de la coccinelle *R. chermesina* sur trois parcelles de manguiers suivant le mode de culture Biophyto, c'est-à-dire sur des parcelles expérimentales, sans apport d'insecticides. L'enjeu était d'améliorer les connaissances sur la biologie des principaux organismes liés à ce réseau trophique pour améliorer la gestion des populations du ravageur et proposer aux producteurs des méthodes de lutte efficaces.

Matériels et Méthodes

▼ ÉTUDE DU PARASITISME DE *R. CHERMESINA*

Les relevés ont été réalisés dans les vergers de manguiers Biophyto (parcelles N, K, D), un prélèvement mensuel de 50 pré-nymphes de *R. chermesina* a été effectué au hasard sur chaque parcelle. Les pré-nymphes ainsi récoltées ont été ensuite placées dans un tube individuel à température ambiante en attendant la nymphose d'un adulte de coccinelle ou au contraire l'émergence d'un parasitoïde. Tous les parasitoïdes récupérés sont par la suite classés par morpho-espèce (avant envoi pour détermination), puis dénombrés. Si aucune émergence n'est observée, la pré-nympe est disséquée afin de déterminer la cause de la mort (parasitoïde ou autre).

1. **CIRAD**
UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

2. **FDGDON**
23 Rue Jules Thirel, 97460 Saint-Paul, La Réunion, France

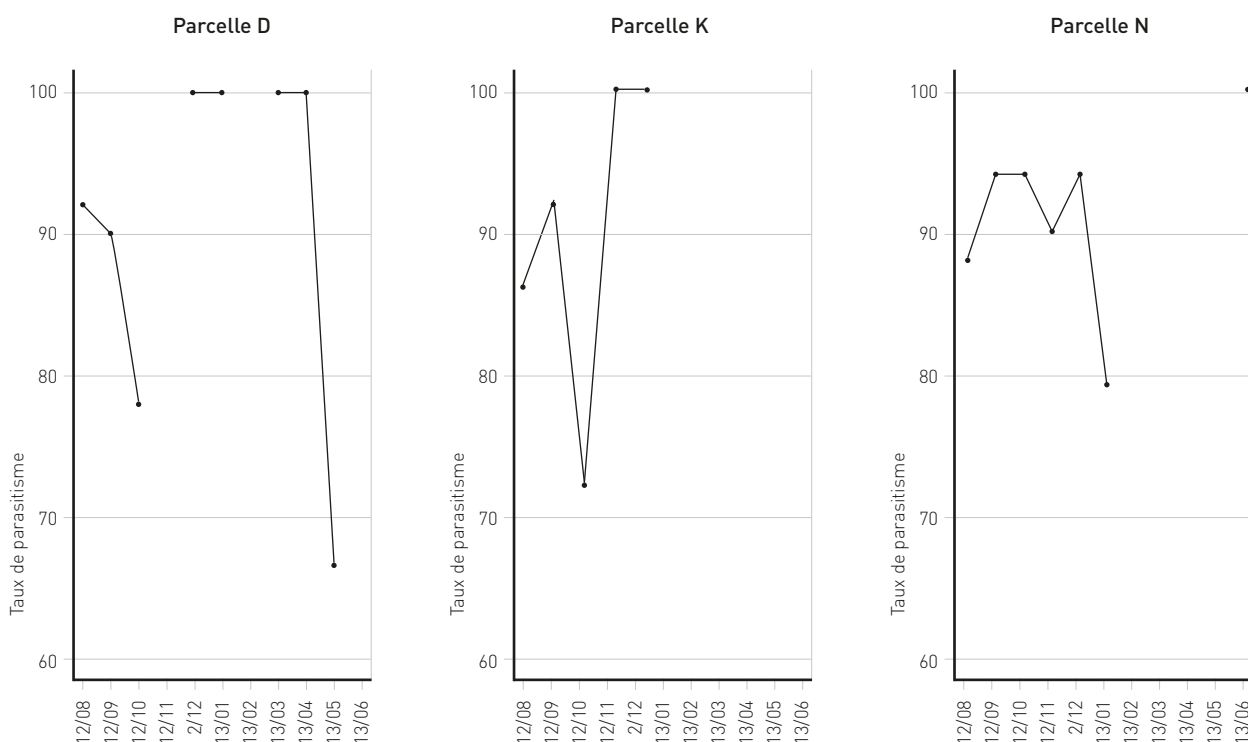
Résultats

▼ TAUX DE PARASITISME DE *RODOLIA CHERMESINA*

La majorité des parasitoïdes émergent du stade pré-nymphal de *R. chermesina* (96 %) mais on observe quelques émergences au stade nymphal (4 %). Quand elle est présente dans les parcelles, *R. chermesina* est très fortement parasitée (Figure 1). Son taux de parasitisme varie de 67 à 100 % selon les échantillons avec un taux moyen de $90,8 \pm 2,2$ %. Sur

les échantillons complets ($n = 50$), l'émergence d'adultes de coccinelle atteint au maximum 8 %. On ne trouve plus assez de pré-nymphes pour avoir des échantillons complets à partir de novembre pour la parcelle D et de janvier pour les parcelles N et K. Cela correspond à une baisse des populations de *R. chermesina*.

Figure 1 Taux de parasitisme des pré-nymphes de la coccinelle *Rodolia chermesina* échantillonnées sur les 3 parcelles (D, K, N).



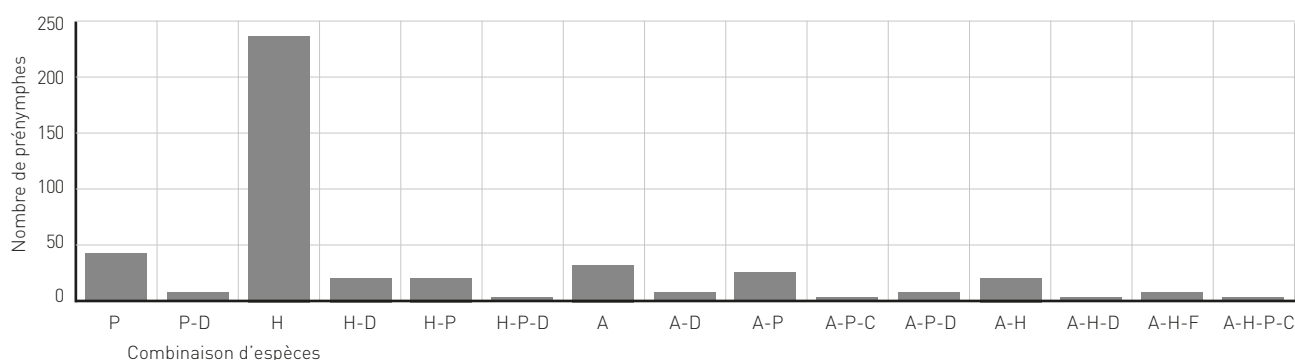
▼ ÉTUDE DES PARASITOÏDES ÉMERGEANT DE *R. CHERMESINA*

Cinq espèces de parasitoïdes issus de *R. chermesina* ont pu être identifiées [détermination par G. Delvare, Cirad] : *Homalotylus eytelweinii* (Ratzeburg, 1844) (Encyrtidae), *Aprostocetus* sp. (Eulophidae), *Pachyneuron longiradius* Silvestri, 1915 (Pteromalidae), *Dendrocercus* sp. (Megaspilidae), et *Chartocercus* sp. (Signiphoridae). *Chartocercus* sp. n'ayant été rencontré qu'une seule fois, les quatre premières espèces sont les espèces principales. *Pachyneuron longiradius* parasite également la cochenille *I. seychellarum*.

Parmi ces espèces on trouve aussi bien des parasitoïdes primaires de *R. chermesina* que des hyperparasitoïdes. *Homalotylus eytelweinii* est connu comme un endoparasitoïde primaire des larves de plusieurs familles de Coccinellidae dont les Novinià à laquelle appartient *R. chermesina*. En revanche, dans la littérature, les genres *Dendrocercus*, *Pachyneuron* et *Chartocercus* sont listés comme étant des parasitoïdes primaires présumés du genre *Homalotylus*

et donc des hyperparasitoïdes de coccinelles (Ceryngier *et al.*, 2012). Le statut d'*Aprostocetus* est plus vague car les espèces appartenant à ce genre peuvent aussi bien être des parasitoïdes primaires que des hyperparasitoïdes de coccinelles. Malgré la présence d'hyperparasitoïdes qui cibleraient *H. eytelweinii* c'est pourtant ce dernier qui représente la part la plus importante du nombre total de parasitoïdes émergés dans tous les échantillons (Figure 2). *Pachyneuron longiradius* et *Aprostocetus* sp. sont présents dans toutes les parcelles. *Dendrocercus* sp. est également observé mais de façon plus épisodique. La plupart des pré-nymphes parasitées récoltées sont parasitées uniquement par *H. eytelweinii*. Plusieurs espèces peuvent cependant pondre dans la même prénymphe. Ces associations s'apparentent à de l'hyperparasitisme ou du multiparasitisme selon les espèces associées.

Figure 2 Répartition des prénymphe de *R. chermesina* parasitées (n=381) en fonction des différentes combinaisons d'espèces de parasitoïdes émergés.



A = *Aprostocetus* sp. H = *H. eytelweinii* P = *P. longiradius* D = *Dendrocercus* sp. C = *Chartocercus* sp.

Conclusion

▼ **RODOLIA CHERMESINA, UN PRÉDATEUR FORTEMENT PARASITÉ**

Le taux de parasitisme de la coccinelle prédatrice était élevé sur les trois parcelles étudiées, la moyenne étant de $90,8 \pm 2,2$ %. Cependant, la diminution des populations de coccinelles dans les parcelles de manguiers n'a pas permis d'évaluer le taux de parasitisme pour une certaine période de l'année. Cette diminution de population peut être due au taux de parasitisme élevé, ou à une émigration des coccinelles vers des environnements plus favorables. En effet, ce phénomène a déjà été observé chez *Rodolia cardinalis*. Cette dernière, quitte sa colonie de proie quand les ressources alimentaires sont trop faibles (Ceryngier et al., 2012).

▼ **HOMALOTYLUS EYTELWEINII, LE PRINCIPAL ENNEMI NATUREL DE R. CHERMESINA**

H. eytelweinii est le principal parasitoïde de *R. chermesina* et c'est lui qui est en grande partie responsable de la mortalité des prénymphe parasitées. Des espèces d'hyperparasitoïdes ont été identifiées mais il semble que leur impact sur *H. eytelweinii* soit quasi inexistant.

Perspectives d'études

Le suivi de ces dynamiques de populations s'inscrit depuis août 2014 dans un nouveau projet ÉCOPHYTO : ORBICO (Optimisation de la Régulation Biologique des Cochenilles à sécrétion cireuses en cultures fruitière). Le premier axe de ce projet a pour objectif de suivre le taux de parasitisme de *R. chermesina* d'août à décembre 2014. Le second axe porte sur l'identification de plantes refuges pour les populations de *R. chermesina*, qui serait moins fréquentées par son principal parasitoïde. Cela permettrait d'optimiser l'aménagement parcellaire des vergers de manguiers en créant des zones

de refuges pour les populations de *R. chermesina* afin de maximiser l'efficacité de la lutte contre *I. seychellarum*

Remerciements

Ce travail a été financé par le programme ECOFRUT (financement européen FEADER, Bilan de Santé de la PAC), il a été coencadré par Frédéric Normand (pour la partie physiologie du manguiers) et par Serge Quilici pour la partie « entomologie ».

Nous tenons à remercier vivement tous les partenaires qui ont permis sa réalisation et notamment l'équipe de la FDG-DON (M. Marquier, et son équipe), qui nous a aimablement communiqué ses données, l'équipe du programme Biophyto qui nous a permis de travailler sur plusieurs vergers de son réseau, ainsi que les producteurs de mangues qui nous ont autorisés à travailler dans leurs vergers. Tous nos remerciements vont également à Gérard Delvare (Cirad, CBGP) pour les déterminations taxonomiques. Merci aussi à Tom Sarraude et Nicolas Xavier, étudiants du M1 BEST, qui ont participé à une partie des enquêtes.

Références bibliographiques

- Ceryngier P., Roy H. E., Poland R. L., 2012. Natural enemies of ladybird beetles, 365-392. Wiley-Blackwell Editions, Chichester, UK
- Chin D., Bajhau H., Baker I., Smith S., Hamilton D., 2002. Pests, Diseases and Disorders of Mangoes in the Northern Territory: An Illustrated Field Guide. Northern Territory horticultural association (NTHA) Northern Territory Government, Department of Business, Industry and Resource, Australia, 98p.
- Quilici S., Vincenot D., Franck A., 2003. Les auxiliaires des cultures fruitières à l'île de La Réunion. Ed. Cirad, Montpellier, France, 168 p.
- Salman A. M. A., Bakry M. M. S., 2012. Relationship between the rate of infestation with the mealybug, *Icerya seychellarum* (Westwood) (Margarodidae: Homoptera) and the yield loss of Seedy Balady mango trees at Luxor Governorate. *World Rural Observations*, 4, 50-56.
- Vesey-Fitzgerald D., 1953. Review of the Biological Control of Coccids on Coconut Palms in the Seychelles. *Bulletin of Entomological Research*, 44, 405-413.
- Vincenot D., Normand F., 2009. *Guide de production intégrée de mangues à La Réunion*. Cirad et Chambre d'agriculture de La Réunion, Saint-Pierre, Ile de La Réunion, 122 p.

> Diversité des arthropodes dans les vergers de manguiers à La Réunion : inventaires et catalogues

D. MURU¹ | M. JACQUOT¹ | M. TENAILLEAU² | B. DEREPA¹ | S. GASNIER³ | J. ROCHAT³ | M. ATIAMA¹ |
M.-L. MOUTOUSSAMY¹ | C. AJAGUIN SOLEYEN¹ | J.-P. DEGUINE¹
jean-philippe.deguine@cirad.fr

Résumé

De 2012 à 2014, dans le cadre d'études visant à caractériser la biodiversité des communautés végétales et animales dans des vergers de manguiers à La Réunion, nous avons dressé des inventaires de différents taxons d'arthropodes. Des échantillonnages ont été réalisés dans les différents habitats : surface du sol, couverture végétale, bandes fleuries et frondaison des manguiers. Plus de 200 000 arthropodes ont été récoltés. Les déterminations, en partenariat avec des spécialistes de chaque groupe, ont permis d'identifier 700 espèces. Des catalogues photographiques de quatre groupes taxonomiques sont en cours de réalisation : Araneae, Coleoptera, Miridae (Heteroptera), Parasitica regroupant respectivement 62, 90, 15, 235 espèces. Parallèlement, nous avons réalisé un inventaire bibliographique préliminaire des 272 espèces de Parasitica (Hymenoptera) répertoriés à La Réunion.

Mots-clés : verger de manguiers, inventaire entomologique, catalogue entomologique, Araneae, Coleoptera, Miridae, Parasitica

Introduction

Les mesures de biodiversité et la compréhension des interactions entre espèces au sein des communautés nécessitent une grande précision dans les déterminations taxonomiques. Nous avons réalisé des inventaires d'arthropodes dans le cadre de trois études.

▼ BIOÉCOLOGIE DE LA PUNAISE DU MANGUIER *ORTHOPS PALUS*

Un inventaire des Miridae (Heteroptera : Miridae) trouvées dans les vergers de manguiers à La Réunion a été effectué pour identifier quelle(s) espèce(s) serai(en)t nuisible(s). L'objectif est de fournir des outils de reconnaissances aux professionnels (agriculteurs et techniciens).

▼ INTERACTIONS PLANTES FLEURIES-ARTHROPODES

L'étude vise à comparer les communautés d'arthropodes présents sur des espèces de plantes représentant des ressources de nectar et de pollen dans des vergers de mangue. Un inventaire a été effectué afin d'établir des liens entre

plantes et l'ensemble des arthropodes. Les arthropodes qui n'ont pas été identifiés à l'espèce, ne sont pas pris en compte dans la réalisation des catalogues.

▼ RÉSEAUX TROPHIQUES DANS LES AGROÉCOSYSTÈMES À BASE DE MANGUIER

Cette approche nécessite de mesurer les caractéristiques des différents groupes trophiques existants. Les identifications de l'ensemble des arthropodes capturés ont permis d'attribuer les espèces à des groupes trophiques. Pour chaque groupe trophique de chaque parcelle, le comptage des individus de chaque espèce a permis d'estimer leur abondance et leur diversité.

Cet article détaille les résultats faunistiques des échantillonnages de ces trois études. Il démontre ainsi le considérable effort d'échantillonnage et de détermination d'arthropodes en vergers de manguiers qui a été réalisé. Nous faisons également état des voies de valorisation pour les groupes suivant : Araneae, Coleoptera, Miridae, Parasitica.

Matériel et méthode

▼ LE PIÈGE À FOSSE

Le piège à fosse permet d'échantillonner les arthropodes se déplaçant à la surface du sol. Chaque piège est constitué d'un pot en plastique de 750 ml disposé verticalement dans le sol et dont l'extrémité apicale ouverte se situe légèrement en dessous de la surface du sol. Les pièges à fosse ont été utilisés dans le cadre de l'étude des réseaux trophiques afin d'échantillonner les arthropodes de la surface du sol.

1. CIRAD

UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

2. ARMEFLHOR

1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

3. INSECTARIUM DE LA RÉUNION

97420 Le Port, La Réunion, France

▼ L'ÉCHANTILLONNAGE PAR ASPIRATION

Dans le cadre de l'étude des réseaux trophiques des aspirations au DVac (Duct Ventilation Air Conditioning, STIHL, BG56) ont été réalisées sur le couvert végétal et sur la frondaison des manguiers. Cette méthode d'échantillonnage a également été utilisée lors des études d'attractivités des bandes fleuries et de la bioécologie de la Punaise du manguiier.

▼ LE BATTAGE

La méthode d'échantillonnage par battage a été utilisée pour collecter des punaises du manguiier.

▼ MÉTHODE DE TRI ET DÉTERMINATION

Dans le cadre des études des réseaux trophiques et d'attractivité des bandes fleuries, les échantillons ont été triés et nettoyés au laboratoire pour ne garder que les arthropodes. Ceux-ci ont ensuite été déterminés à l'aide de clés de détermination. Les déterminations ont été revues et validées par des spécialistes : Jean-Claude Ledoux pour les Araneae, Jacques Poussereau pour les Coleoptera, Armand Matocq et Thibault Ramage pour les Miridae et Gérard Delvare pour les Parasitica.

Résultats

Les études : (1) Bioécologie de la Punaise du manguiier, (2) Interactions plantes fleuries-arthropodes et (3) Réseaux trophiques dans les agroécosystèmes à base de manguiier, ont permis de capturer respectivement ~ 2 000, 13 614 et 174 631 individus. Concernant les études (2) et (3), les groupes taxonomiques qui formeront un catalogue sont représentés par respectivement 6 144 et 9 590 individus.

De plus, le traitement des échantillonnages de l'année 2014 de l'étude des réseaux trophiques (3) est en cours. Les résultats présentés ici ne les prennent donc pas en compte.

▼ ARANEAE

Les araignées sont des arthropodes prédateurs, la grande majorité des espèces sont dites prédateurs généralistes puisqu'elles s'alimentent de plusieurs espèces de proies différentes.

Les araignées ont fait l'objet d'une identification approfondie par Maxime Jacquot et Brice Derepas (Cirad), Sophie Gasnier (Insectarium). En septembre 2013, au cours d'une mission organisée par S. Gasnier et G. Casanove, les identifications (3 062 individus) ont été vérifiées par Jean-Claude Ledoux, spécialiste français de ce groupe. Les inventaires réalisés en vergers de manguiiers ont révélé plus de dix nouvelles références pour La Réunion, ainsi que de potentielles nouvelles espèces pour la Science. Notons l'existence de quelques espèces associées aux fourmis, une espèce myrmécophage et 4 espèces dont le corps a une forme mimétique des fourmis. Les 62 espèces identifiées sont référencées dans un catalogue en cours d'élaboration. Un exemple de planche est présenté en figure 1.

▼ COLEOPTERA

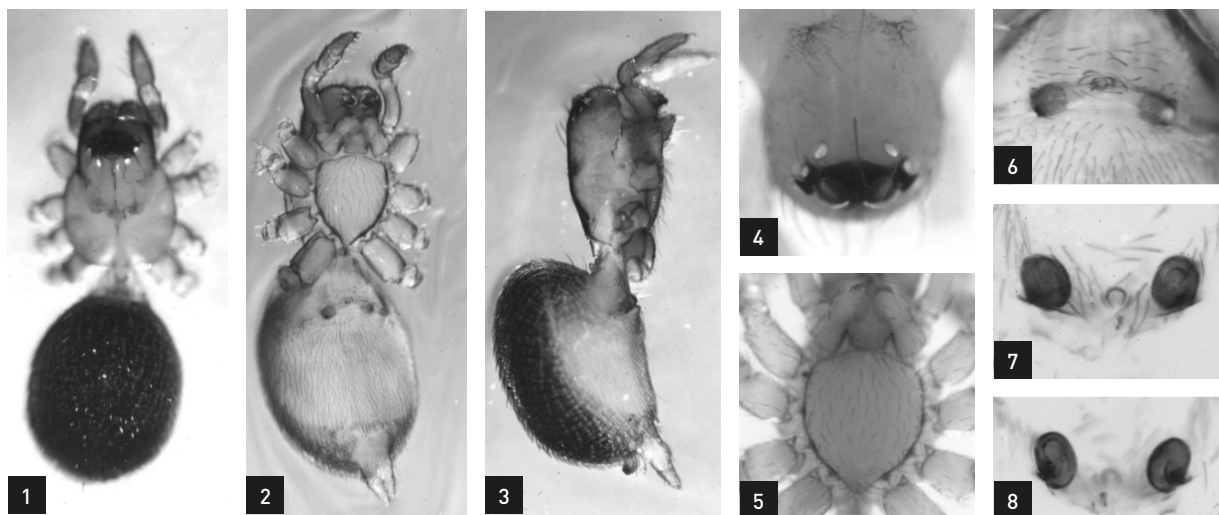
Les coléoptères représentent un groupe très diversifié, comprenant de nombreux groupes fonctionnels dont des espèces d'auxiliaires pour le contrôle des populations des ravageurs.

Les identifications des coléoptères capturés en vergers de manguiiers (2 072 individus) ont permis de recenser 90 espèces différentes. Les déterminations réalisées par Mickaël Te-

Figure 1 Exemple de planche du catalogue des Araignées.

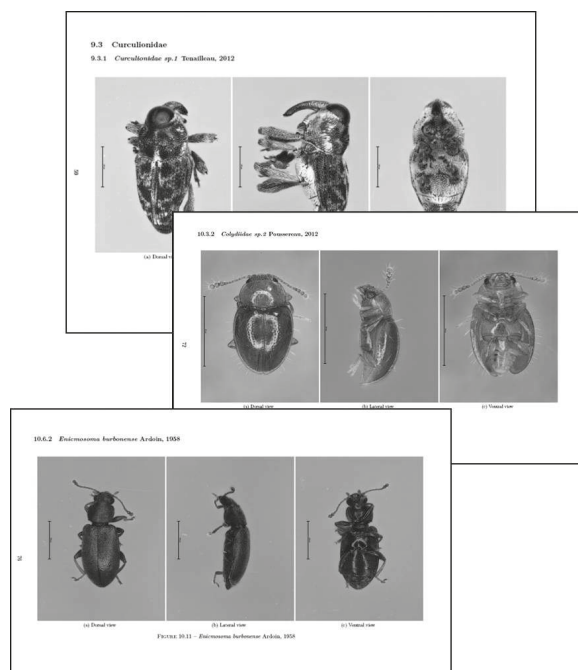
Araneae, nouvelle référence pour La Réunion. ♀ 2.2→3.5 mm.

1. Femelle habitus dorsal 2. Ventral 3. Latéral 4. Position oculaire 5. Sternum 6-7. Epigyne 8. Vulve



nailleau et Maxime Jacquot ont été vérifiées par le coléoptériste français Jacques Poussereau en novembre 2012. La quasi-totalité des espèces identifiées ont été photographiées pour la conception d'un catalogue. Chaque espèce a été photographiée en face ventrale, dorsale et de profil (Figure 2).

Figure 2 Exemple de planche du catalogue des Coléoptères.

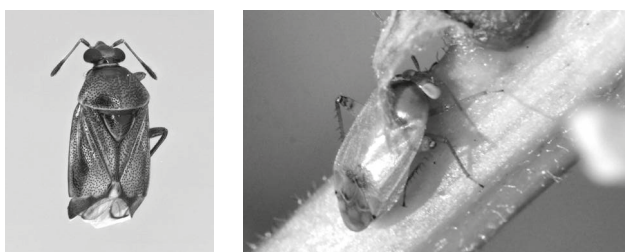


▼ MIRIDAE

Les Miridae forment une famille du sous-ordre des Hétero-
ptères composée à la fois de ravageurs et de prédateurs (Figure 3). C'est pourquoi il est important d'étudier les communautés de Miridae en vergers de manguiers.

Les identifications des Miridae capturés en vergers de manguiers (~2 000 individus) ont permis de recenser 15 espèces. Les déterminations ont été réalisées par M. Atiama et ont été vérifiées par Thibault Ramage et Armand Matocq (Museum national d'Histoire naturelle). Toutes les espèces identifiées feront partie d'un catalogue photographique des Miridae des vergers de manguiers réunionnais en cours d'élaboration. Une clé de reconnaissance des 15 espèces est également en cours de réalisation.

Figure 3 Photos de deux espèces de Miridae.



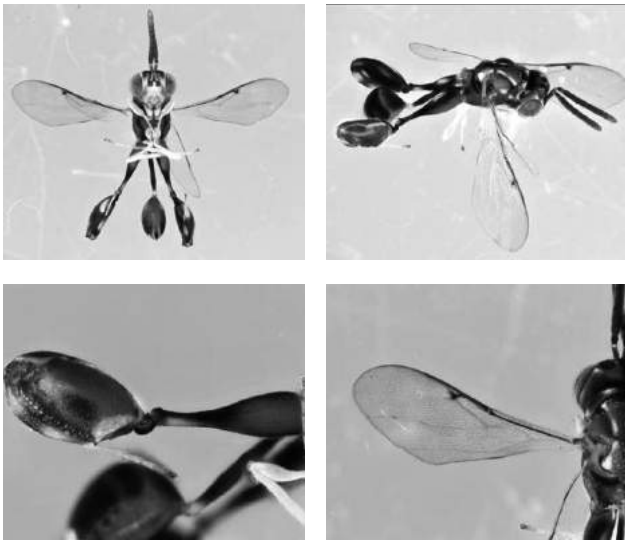
▼ PARASITICA

Ce groupe est l'un des plus diversifié du monde animal, représentant potentiellement 20 % de tous les insectes. Ces arthropodes ont un rôle important dans la régulation des insectes ravageurs et sont alors largement utilisés dans des programmes de lutte biologique à travers le monde. Dans un premier temps, nous avons réalisé un inventaire bibliographique préliminaire des 272 espèces de Parasitica (Hymenoptera) répertoriés à La Réunion (Figure 4). Ce travail de compilation de données avait pour objectif de faciliter le travail de détermination. Dans le cadre de l'étude des réseaux trophiques en vergers de manguiers, ce groupe a fait l'objet d'une identification approfondie par David Muru (Cirad) avec l'aide de Gérard Delvare, spécialiste français de ce groupe. Les déterminations des 4 456 individus échantillonnés en vergers de manguiers ont permis d'identifier 235 espèces avec plus d'une vingtaine de nouvelles références pour La Réunion. Les 235 espèces identifiées seront référencées dans un catalogue en cours d'élaboration. Un exemple de planche est présenté en figure 5.

Figure 4 Extrait de l'inventaire bibliographique des Parasitica de La Réunion.

CHECKLIST OF HYMENOPTERAN PARASITOIDS FROM REUNION ISLAND	
Superfamily : ICHNEUMONOIDEA	
Family : BRACONIDAE	
Subfamily : Agathidinae	
Genus : <i>Bassus</i> (Fabricius, 1804)	
<i>Bassus curticornis</i> (Granger, 1949)	
<u>Recorded from :</u> Quilici <i>et al.</i> 2003	
<u>Host information :</u> <i>Nephopterix beharella</i> (Lepidoptera: Pyralidae) (Quilici <i>et al.</i> 2003 ; Madl, 2007)	
Genus : <i>Disophrys</i> (Foerster, 1862)	
<i>Disophrys lutea</i> (Brullé, 1846)	
<u>Recorded from :</u> Brullé, 1846	
<u>Host information :</u> <i>Condica conducta</i> , <i>Mythimna curvula</i> , <i>Mythimna loreyi</i> (Lepidoptera: Noctuidae) (Madl, 2007)	
Subfamily : Alysiinae	
Genus : <i>Aphaereta</i> (Foerster, 1862)	
<i>Aphaereta</i> sp.	
<u>Recorded from :</u> Quilici <i>et al.</i> 2003	
<u>Host information :</u> Diptera, Cyclorrhapha	
Genus : <i>Dacnusa</i> (Haliday, 1833)	
<i>Dacnusa sibirica</i> Telenga, 1934	
<u>Host information :</u> <i>Liriomyza</i> spp. (Diptera: Agromyzidae) (Vayssières <i>et al.</i> 2001)	
<u>Recorded from :</u> Vayssières <i>et al.</i> 2001	
<i>Dacnusa</i> sp.	
<u>Recorded from :</u> Vayssières <i>et al.</i> 2001	
<u>Host information :</u> Unknown. But <i>Dacnusa</i> are parasitoids of <i>Liriomyza</i> spp. (Diptera: Agromyzidae) (Vayssières <i>et al.</i> 2001).	

Figure 5 Exemple d'une planche du catalogue des hyménoptères.



Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier particulièrement les spécialistes qui ont permis de confirmer les déterminations : Jean-Claude Ledoux (Araneae), Jacques Poussereau (Coleoptera), Gérard Delvare (Parasitica), Thibault Ramage et Armand Matocq (Miridae). Nous tenons aussi à remercier Ségolène Plessix et Tristan Schmitt, respectivement pour leur participation au tri des échantillons des études 3 et 1.

Questions / Réponses

► **J.-N. Aubertot** : La reconnaissance des différentes espèces d'arthropodes nécessite un haut niveau d'expertise. Serait-il possible d'automatiser cette reconnaissance par analyse d'images ou barcoding par exemple ?

D. Muru : Le problème de la reconnaissance par analyse d'images est que les critères à observer sont de tailles très variés. Le barcoding, bien que « sexy », ne peut s'utiliser que pour coder une bête pour la première fois, il faut faire appel à un spécialiste pour la déterminer.

► **J.-P. Deguine** : On a souvent tendance à dire que les parasitoïdes font partie des insectes utiles. Dans une démarche didactique, pouvez-vous préciser que les parasitoïdes ne sont pas tous des insectes utiles ?

D. Muru : Il existe des parasitoïdes de prédateurs (araignées, coccinelles) ou d'autres parasitoïdes. Il ne faut donc pas tous les considérer comme des insectes utiles.

► **E. Roux** : 1) Connaît-on les hôtes des parasitoïdes identifiés ?

2) Existe-t-il des parasitoïdes des ravageurs du manguier ?

3) Quand sera fini et disponible le catalogue des auxiliaires ?

D. Muru : 1) Non, on en connaît que très peu.

2) Il existe bien des parasitoïdes de certains ravageurs du manguier.

J.-P. Deguine : 3) Le catalogue Coléoptères sera disponible à la fin du projet.

> Interactions plantes à fleurs - arthropodes dans les vergers de manguiers à La Réunion

J.-P. DEGUINE¹ | D. MURU¹ | M. TENAILLEAU² | S. LE SQUIN¹ | S. PLESSIX¹ | C. AJAGUIN SOLEYEN¹
jean-philippe.deguine@cirad.fr

Résumé

La lutte biologique de conservation a pour principal objectif de favoriser les ennemis naturels en favorisant leurs habitats. Nous avons sélectionné 12 plantes à fleurs pour introduire des habitats et de la ressource. L'étude de l'attractivité de ces plantes envers les arthropodes a été conduite en deux parties. Nous nous sommes intéressés dans un premier temps à tous les arthropodes et nous avons caractérisé l'entomofaune présente sur 3 de ces plantes. Dans un deuxième temps, nous avons axé notre travail sur un groupe : les Parasitica (Hymenoptera). La plante abritant la plus grande abondance et diversité en Parasitica est *Lobularia maritima* (Brassicaceae). En complément, nous avons vérifié sur une exploitation en 2013, à l'aide de tentes malaises, qu'une parcelle enherbée et abritant des bandes fleuries abrite plus de parasitoïdes qu'une parcelle nue.

Mots-clés : bande fleurie, Parasitica, arthropodes

Introduction

Depuis les années 1970, l'utilisation d'intrants de synthèse dans les parcelles cultivées est devenu un sujet de controverse puisqu'ils s'avèrent être néfastes pour la santé humaine, mais également pour l'environnement (Altieri, 1989 ; Pimentel et al., 1993 ; Wilson et Tisdell, 2001). Ces pratiques actuellement trop intensives pour devenir durables sur le plan écologique (Deguine et Ratnadass, 2013) seraient responsables de la disparition d'espèces non-cibles et d'autres dommages environnementaux (Altieri, 1999 ; Kruess et Tscharrntke, 1994). Soucieux des dégâts occasionnés et désarmés face à des ravageurs de plus en plus résistants à des produits chimiques onéreux, certains agriculteurs tendent à opter pour des solutions alternatives aux produits phytosanitaires (Deguine et Ferron, 2006). Notamment, en adoptant des méthodes de protection plus respectueuses de l'environnement leur permettant de réduire leur consommation d'insecticides, tout en préservant le potentiel et la qualité de leur production.

La protection agroécologique des cultures (PAEC) se décline en trois composantes : la prophylaxie dans les cultures visant à prévenir l'apparition et le développement des infestations, la lutte biologique de conservation et la gestion des habitats des arthropodes utiles (Deguine et al., 2008). Elle est le fruit d'une collaboration entre les agriculteurs et les scientifiques qui tentent ensemble de concevoir des agroécosystèmes présentant un fonctionnement proche des écosystèmes naturels (Altieri, 1986).

La biodiversité est un facteur de production qui rend de nombreux services à l'agriculture (Sarhou, 2006), d'où la nécessité de la préserver. La PAEC vise à protéger et restaurer cette biodiversité dans les agrosystèmes et la lutte biologique de conservation s'intègre dans cette approche en ayant pour principal objectif de favoriser les ennemis naturels indigènes des bioagresseurs dans les cultures en empêchant leur destruction par d'autres pratiques. Elle se fonde sur deux hypothèses : la « *resource concentration hypothesis* » et l'« *enemies hypothesis* » énoncées respectivement par Southwood (1961) et Pimentel (1961). La première hypothèse stipule que l'introduction de diversité végétale au sein d'une culture dite « pure » (monoculture) tend à défavoriser les populations de ravageurs en augmentant leur difficulté à trouver leur ressource. L'effet de dilution de la ressource tend alors à diminuer leur fitness. La deuxième hypothèse suppose qu'en augmentant la diversité végétale au sein d'un agrosystème on favorise l'activité des ennemis naturels dans le milieu ce qui entraîne la diminution des populations de ravageurs puisqu'elles sont interdépendantes.

La gestion des habitats est considérée comme un ensemble de méthodes de lutte biologique de conservation (Deguine et Ratnadass, 2013). Elle consiste en un aménagement des agrosystèmes tout en tenant compte des modalités de dispersion et de colonisation des espèces nuisibles, mais aussi de leurs antagonistes. Les impératifs de la culture industrielle font des cultures modernes un milieu très artificiel dans lequel les auxiliaires ne disposent plus de tous les sites propices aux différentes phases de leur développement (Remaudière et Leclant, 1971). La gestion des habitats a donc pour objectif de créer un environnement à la fois favorable aux auxiliaires de culture et défavorable aux phytophages. Les communautés animales sont sous la dépendance des peuplements végétaux, de leur répartition spatiale, de la topographie et du climat (Chaubet, 1992). Pour favoriser l'installation, le maintien et le développement de la faune auxiliaire dans les cultures, il faut pouvoir répondre à ses besoins écologiques. Cela implique une manipulation de ses habitats afin de lui fournir des abris et des ressources tout au long de l'année. La

1. CIRAD
UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

2. ARMEFLHOR
1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

majorité des auxiliaires de culture ont un régime alimentaire varié selon le stade, le milieu, les conditions de vie, etc. En effet, les pollinisateurs et ennemis naturels (prédateurs et parasites) des ravageurs, ont recours à des ressources riches en acides aminés et hydrates de carbone comme le nectar, le pollen ou le miellat d'homoptères (Altieri et Whitcomb, 1979), notamment pour combler des carences ou lorsque les populations de ravageurs diminuent. Ces ressources, alternatives ou essentielles à leur développement, peuvent être indispensables pour de nombreuses fonctions comme le vol et la maturation des œufs chez les syrphes (Hickman et Wratten, 1994 ; Lyon, 1965) ou le succès parasitaire chez les hyménoptères parasitoïdes (Bianchi et Wäckers, 2008).

Différents aménagements naturels ou semi-naturels peuvent être mis en place au sein des parcelles cultivées à l'échelle de la parcelle, de ses alentours, de l'exploitation ou de l'agroécosystème tout entier (Deguine *et al.*, 2008). Elles dépendent de nombreux paramètres tels que la taille et l'organisation des parcelles, les types de cultures, les pratiques culturales mais aussi les populations de bioagresseurs présents. D'après Duval (1993), on trouve 3 types d'installations qui consistent à fournir un habitat par l'introduction de diversité végétale dans les zones cultivées : les couvre-sols floraux, les plantes compagnes et les zones florales. Les bandes fleuries font partie des zones florales pouvant être mises en place dans les cultures. Cet outil, utilisé en lutte biologique de conservation consiste à semer dans les zones cultivées une bande de taille variable, mono ou hétérosécifique. Ces bandes peuvent être composées d'un mélange floral adapté aux besoins des auxiliaires, pouvant servir de zone refuge ou de zone relais. Cet aménagement vise à fournir à la faune auxiliaire, prédateurs, parasitoïdes ou pollinisateurs, une protection et une ressource de manière ponctuelle ou durable. De cette manière, les auxiliaires peuvent effectuer leur cycle de manière continue (hibernation, estivation, reproduction et ponte) (Sarhou, 2010) pour recoloniser le milieu continuellement.

L'objectif de cette étude est de caractériser, sur les plantes à fleurs sélectionnées leurs interactions avec les arthropodes nuisibles et utiles dans les vergers de manguiers à La Réunion.

Matériel et Méthode

▼ CHOIX DES ESPÈCES VÉGÉTALES

Une recherche bibliographique, axée sur l'attractivité d'espèces florales ou de mélanges floraux sur les arthropodes utiles, a permis de présélectionner 149 espèces végétales réparties en 28 familles botaniques. Parmi ces dernières, 106 ont été écartées car elles n'étaient pas recensées à La Réunion par le Conservatoire Botanique National de Mascarin (CBNM). Une vingtaine ont été éliminées pour leur caractère envahissant ou parce qu'anecdotiques dans les études scientifiques. Douze espèces vivaces ou annuelles, appartenant respectivement à 7 familles différentes ont été choisies pour être implantées dans les bandes fleuries et testées sous un climat tropical insulaire.

Les critères de sélection sont basés sur leur cycle de vie, leur période et durée de floraison, leurs exigences environnementales et leur attractivité vérifiée dans des études scientifiques. Les espèces attractives possédant une période de floraison estivale assez longue et connues pour pousser et se développer sur le sol Réunionnais ont été privilégiées.

Parmi les espèces sélectionnées, trois espèces appartiennent à la famille des Astéracées ; le Souci officinal (*Calendula officinalis*), le Coreopsis lancéolé (*Coreopsis lanceolata*), la Tanaisie (*Tanacetum vulgare*). Deux Apiacées ont également été choisies : l'Aneth (*Anethum graveolens*) et la Coriandre (*Coriandrum sativum*). La Phacélie (*Phacelia tanacetifolia* ; Boraginaceae), le Sarrasin (*Fagopyrum esculentum* ; Polygonaceae), l'Alysse maritime (*Lobularia maritima* ; Brassicaceae), le Thym commun (*Thymus vulgaris* ; Lamiaceae), le Mélilot officinal (*Melilotus officinalis* ; Fabaceae), la Bourrache officinale (*Borago officinalis* ; Boraginaceae) font aussi partie des espèces présélectionnées. Le Tournesol (*Helianthus annuus*) a été également retenu. Alors qu'elle était dans la bibliographie considérée comme une espèce intéressante pour son attractivité d'arthropodes auxiliaires, l'achillée millefeuille (*Achillea millefolium*) n'a pas été retenue, en fonction des informations disponibles auprès de la DEAL (Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) (espèce envahissante). De la même manière, le Bleuet (*Centaurea Cyanus*), souvent cité comme attractif d'auxiliaires dans la bibliographie n'a pas été retenu.

▼ INSTALLATION DES BANDES FLEURIES

L'étude a été menée sur trois exploitations agricoles appartenant au projet Biophyto (www.agriculture-biodiversite-oi.org/Biophyto) situées dans le Sud et l'Ouest de l'île de La Réunion (France). Les exploitations 1 et 2 sont respectivement situées à Ravine Blanche et Montvert Les Bas qui sont des quartiers de Saint-Pierre et l'exploitation 3 est située à Saint-Gilles-les-bains. Les essais ont été réalisés sur des parcelles produisant de la mangue José.

Dans chaque exploitation, deux bandes fleuries ont été placées en inter-rang (6-7 m) dans un verger de manguiers situé sur la parcelle Biophyto. Chaque bande fleurie est constituée respectivement de 3 blocs (correspondant à 3 répétitions) séparés par des patchs de maïs de 1m². Au total, sur un site, il y a 6 répétitions des douze espèces. Chacune des espèces est semée sur une surface de 30 x 100 cm. Ainsi, la totalité de la surface d'une bande fleurie correspond à 13,7 m². Les 12 espèces florales ont été placées aléatoirement dans chaque bloc.

▼ CARACTÉRISATION DE LA DIVERSITÉ EN ARTHROPODES

Les prélèvements d'arthropodes sont effectués à l'aide d'une machine à souffle inversé (Duct Ventilation Air Conditioning (DVAC) STIHL, BG56) munie de filets constitués de mailles fines. Des aspirations sont réalisées chaque semaine sur les

espèces végétales dont la floraison a été estimée supérieure à 30 %. Ces prélèvements sont réalisés durant un créneau horaire fixe (8 h - 12 h), lorsque la météo est favorable (absence de pluie).

Chaque aspiration est limitée à 10 à 15 secondes maximum (Hogg *et al.*, 2011 ; Rebek *et al.*, 2005) sur les inflorescences. Les échantillons sont placés à une température de -4 °C pour tuer et conserver les arthropodes, stoppant net la prédation dans l'échantillon. En laboratoire, un premier tri est effectué afin d'éliminer les déchets végétaux et séparer les arthropodes par grands groupes. Un deuxième tri est réalisé sur

les échantillons afin de pousser la détermination jusqu'à la super-famille, la famille, la sous-famille, le genre ou l'espèce quand cela est possible. Les arthropodes sont conservés dans de l'alcool à 70°.

L'indice de diversité en familles « S » a été calculé avec la fonction « specnumber » du package « vegan » du logiciel de statistiques R (R Core Team, 2014). Il a été calculé pour chaque prélèvement à partir des familles d'intérêt plutôt qu'avec les espèces d'arthropodes car la majorité des insectes sont restés indéterminés plus précisément qu'à la famille.

▼ FOCUS SUR LES PARASITICA

Un focus a été apporté sur le groupe des Parasitica sur une exploitation du réseau Biophyto avec 6 répétitions et 12 espèces florales par répétition. Les récoltes d'arthropodes sont effectuées suivant le protocole établi ci-dessus.

Sur la même exploitation, une étude complémentaire a été faite en utilisant des tentes Malaises. Six tentes ont été installées (4 Biophyto et 2 Témoins) pour une durée d'échantillonnage d'une semaine (octobre 2013).

Résultats

▼ PLANTES SÉLECTIONNÉES

L'étude bibliographique couplée aux données disponibles auprès de la DEAL, a permis de dégager une liste des 12 plantes les plus intéressantes d'un point de vue entomologique et étant déjà présentes et non invasives à La Réunion : le Souci, le Tournesol, le Coréopsis, la Tanaisie, l'Aneth, la

Coriandre, la Phacélie, le Sarrasin, l'Alysse, le Thym, le Mélilot, la Bourrache. La liste est donnée dans le Tableau 1.

Parmi ces plantes, 4 n'ont pas été utilisées au sein de mélanges fleuris : la Tanaisie, la Phacélie, le Mélilot, le Thym.

Tableau 1 Liste des plantes sélectionnées.

Nom vernaculaire	Nom latin
Souci	<i>Calendula officinalis</i>
Tournesol	<i>Helianthus annuus</i>
Coréopsis	<i>Coreopsis lanceolata</i>
Tanaisie	<i>Tanacetum vulgare</i>
Aneth	<i>Anethum graveolens</i>
Coriandre	<i>Coriandrum sativum</i>
Phacélie	<i>Phacelia tanacetifolia</i>
Sarrasin	<i>Fagopyrum esculentum</i>
Alysse	<i>Lobularia maritima</i>
Thym	<i>Thymus vulgaris</i>
Mélilot	<i>Melilotus officinalis</i>
Bourrache	<i>Borago officinalis</i>

▼ CARACTÉRISATION DE LA DIVERSITÉ EN ARTHROPODES

Dans cette partie, les analyses de diversité et d'abondance sont uniquement descriptives et permettent uniquement de dégager des tendances. En effet, des difficultés dues au caractère nouveau de l'implantation de bandes fleuries dans

les exploitations agricoles ont causé une importante baisse du nombre de prélèvements effectués. Ces difficultés sont principalement de l'ordre de l'irrigation et de l'entretien.

Effectif des taxons échantillonnés

Les résultats concernent essentiellement trois espèces qui ont correctement levé et poussé: l'Alysse, la Bourrache et le Sarrasin. En effet, les neuf autres espèces candidates semées fin 2012 n'ont pas suffisamment levé ou fleuri pour pouvoir y réaliser des échantillonnages.

Les prélèvements réalisés sur l'Alysse maritime ont regroupé 817 insectes dont 9 araignées, 9 coléoptères, 88 diptères,

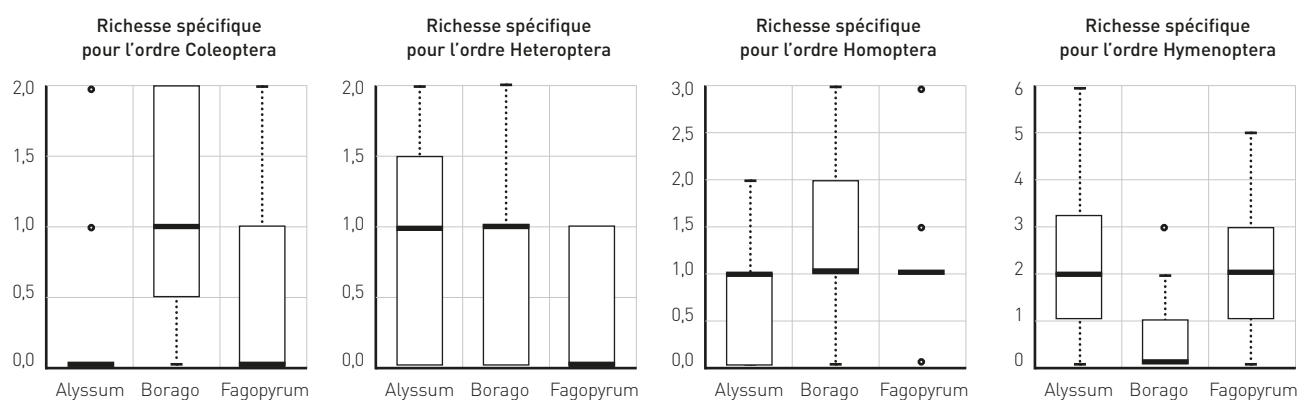
250 hétéroptères, 59 d'homoptères et 402 d'hyménoptères dont 229 formicidés. Parmi les 549 insectes prélevés sur la Bourrache officinale il y avait 7 araignées, 32 de coléoptères, 45 de diptères, 53 d'hétéroptères, 86 d'homoptères et 326 d'hyménoptères dont 306 formicidés. Les prélèvements sur Sarrasin ont réuni 2738 insectes dont 9 araignées, 34 coléoptères, 57 diptères, 39 hétéroptères, 212 homoptères et 2 387 hyménoptères dont 2 269 formicidés (Tableau 2).

Tableau 2 Abondance des taxons d'intérêt.

Taxon	<i>L. maritima</i>	<i>B. officinalis</i>	<i>F. esculentum</i>	Total
Araneae	9	7	9	25
Coleoptera	9	32	34	75
Diptera	88	45	57	190
Heteroptera	250	53	39	342
Homoptera	59	86	212	357
Hymenoptera (hors Formicidae)	173	20	118	311
Formicidae	229	306	2269	2804
TOTAL	817	549	2738	4104

Diversité en familles par ordre sur chaque espèce végétale

Figure 1 Diversité en familles par ordre pour chaque genre végétal à fleurs.



Dans cette étude, 36 familles d'arthropodes ont été identifiées. Les résultats sont représentés sous la forme de box-plots. Cette représentation permet d'observer la dispersion des données. Ici, la dispersion sur l'axe « Y » représente toutes les valeurs de « S » pour les prélèvements sur une espèce végétale donnée. L'ordre des diptères est le seul à ne pas avoir été étudié en termes de diversité. En effet, les échantillons de diptères n'ont pas été identifiés plus précisément qu'à l'ordre.

Nos résultats montrent que l'Alysse accueillerait une diversité moins importante en coléoptères mais semblerait en contrepartie accueillir d'avantage d'hyménoptères que la Bourrache et le Sarrasin. La Bourrache quant à elle semble être la plante qui abrite le moins d'hyménoptères. Cependant, elle semble se démarquer par une diversité plus importante en homoptères. En ce qui concerne l'ordre des hétéroptères, on peut voir que le Sarrasin abriterait une diversité plus faible que l'Alysse (Figure 1).

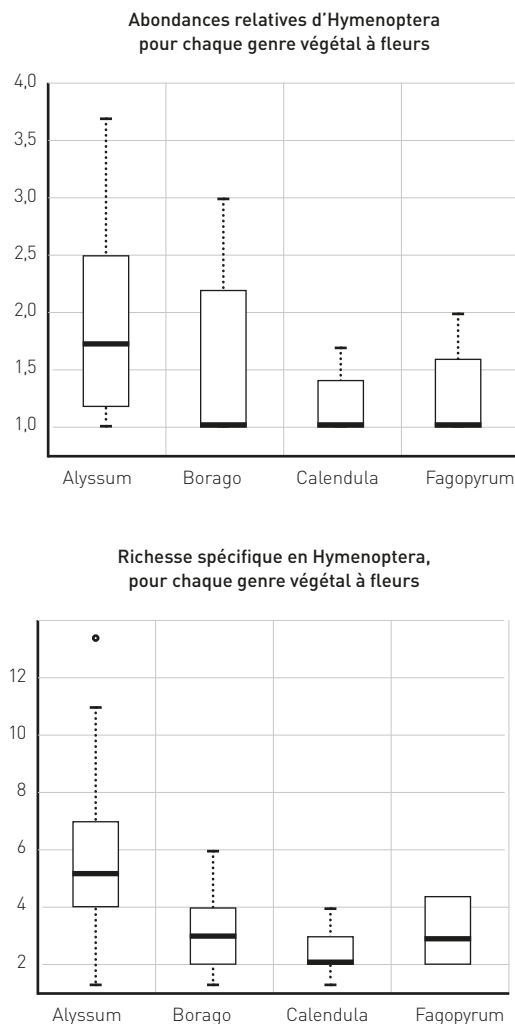
Abondance par ordre sur chaque espèce végétale

Ces résultats montrent que l'Alysse semble accueillir moins de diptères que les autres espèces végétales. En ce qui concerne les autres ordres l'abondance montre les mêmes tendances que les résultats de diversité. Les coléoptères sont plutôt échantillonnés sur la Bourrache, les hétéroptères et les hyménoptères sur l'Alysse, et enfin les homoptères sur la Bourrache et le Sarrasin.

▼ FOCUS SUR LE GROUPE DES PARASITICA

Diversité en familles et abondance totale pour chaque espèce végétale

Figure 2 Abondance et Richesse spécifique en Parasitica pour chaque genre végétal à fleurs.

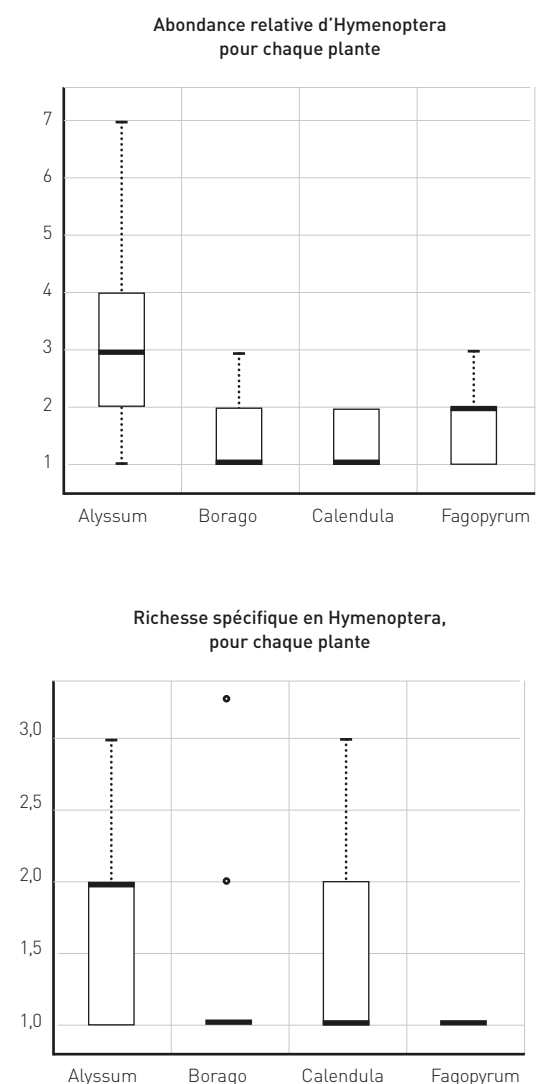


La diversité en familles a été calculée en de la même façon que précédemment. L'abondance a été pondérée par le nombre de prélèvement sur chaque espèce végétale pour obtenir l'abondance relative. Cela permet d'avoir une vision plus réaliste des effectifs de chaque groupe associé à chaque espèce végétale (Figure 2).

On peut observer dans la figure 3 la richesse spécifique et l'abondance relative en hyménoptères pour chaque espèce végétale. C'est-à-dire, toutes les valeurs existantes de diversité et d'abondance relative pour les prélèvements sur une espèce végétale donnée. Dans un premier temps, on constate que l'Alysse est l'espèce qui accueille le plus d'hyménoptères tant en diversité (kruskal.test ; p.value = 2,236e⁻⁰⁸) qu'en quantité (kruskal.test ; p.value = 0,001046). Ce résultat confirme la tendance observée pour les hyménoptères dans la première partie de l'étude (Figure 1).

Diversité et abondance par superfamille sur chaque espèce végétale

Figure 3 Diversité en familles de Chalcidoidea et en sous-familles d'Ichneumonoidea pour chaque plante.



La diversité et l'abondance ont été calculées uniquement pour les superfamilles dont l'effectif total dans les piègeages est supérieur ou égal à 30. C'est-à-dire, les Ichneumonoidea, les Chalcidoidea, les Platygastroidea. La diversité cependant n'a été calculée que pour les Chalcidoidea et les Ichneumonoidea (Figure 3). En effet, les Apoidea et les Platygastroidea sont représentés respective-

ment par 1 et 2 familles. La diversité des Ichneumonoidea est basée sur la diversité en sous-familles présentes.

En termes d'abondance l'Alysse abrite d'avantage de Platygastroidea que la Bourrache (pairwise.wilcox.test ; p.value = 0,034) et le Souci (pairwise.wilcox.test ; p.value = 0,063). On ne constate aucune différence significative entre plantes pour les Chalcidoidea (kruskal.test ; p.value = 0,04082 mais p.value des Wilcoxonranksum test toujours supérieure à 0,05) et les Ichneumonoidea (kruskal.test ; p.value = 0,7664).

La diversité des familles de Chalcidoidea et sous-familles d'Ichneumonoidea est représentée dans la figure 3. Les Chalcidoidea semblent côtoyer préférentiellement l'Alysse (kruskal.test ; p.value = 2.055e⁻⁰⁵). En ce qui concerne la diversité en familles d'Ichneumonoidea on constate une tendance non significative. En effet, il semble que l'Alysse ait tendance à abriter une diversité en famille d'Ichneumonoidea plus importante que la Bourrache (pairwise.wilcox.test ; p.value = 0,088).

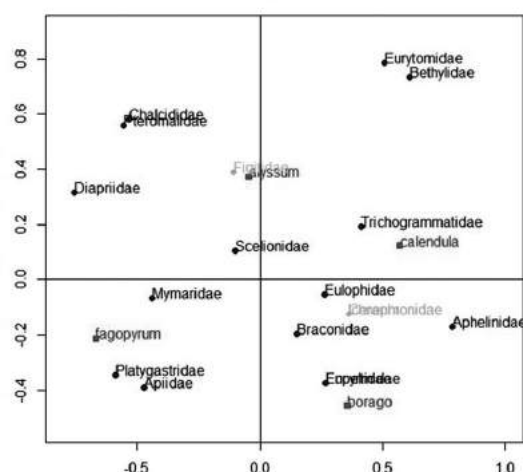
Analyse spatiale des parasitoïdes dans la bande fleurie

L'analyse spatiale des familles de Parasitica offre une vision plus précise de la structure des populations d'hyménoptères dans notre dispositif (Figure 4). Il nous permet entre autre de déterminer quelles familles sont préférentiellement associées avec quelle espèce végétale. Pour ce faire nous avons réalisé une série d'Analyses Factorielles des Correspondances (AFC) avec la fonction « CA » du package « FactoMineR » du logiciel de statistiques R (R Core Team, 2014).

Nos résultats montrent la structuration spatiale des familles d'hyménoptères au sein des quatre espèces végétales. Les deux axes de cette AFC expliquent les résultats à hauteur de 76 % (Figure 4). En d'autres termes, la dispersion des données sur nos deux dimensions est fiable. Ici les espèces végétales sont relativement éloignées les unes des autres, ce qui signifie qu'elles sont caractérisées par des cortèges de Parasitica différents. Nos résultats suggèrent que le Sarrasin (*Fagopyrum esculentum*) se caractérise par la présence de Platygastriidae. La Bourrache (*Borago officinalis*) quant à elle, semble abriter plus d'Encyrtidae et Eupelmidae que les autres espèces végétales.

Concernant la structuration spatiale des sous-familles de Braconidae, les deux axes principaux expliquent les résultats à hauteur de 92 %. En d'autres termes, la dispersion des données sur nos deux dimensions est très fiable. Sur cette AFC, nous pouvons observer que le Souci se démarque des autres espèces végétales grâce à la présence d'Euphorinae. De même, la Bourrache et le Sarrasin semblent être privilégiés respectivement par les Alysiinae et les Braconinae. L'Alysse quant à elle se tient au milieu des trois autres, confirmant son caractère plus « généraliste ».

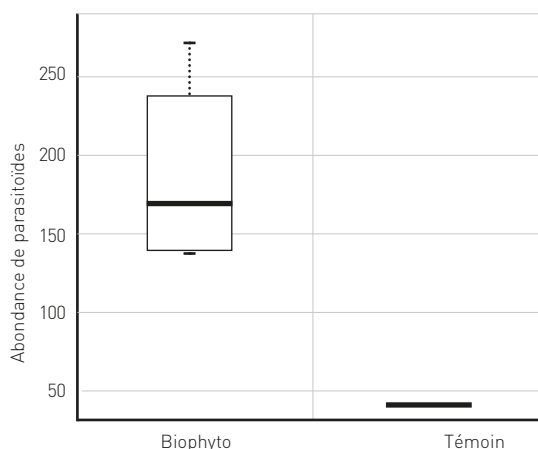
Figure 4 Analyse spatiale des familles d'Hyménoptères.



Tentes Malaises

On constate une abondance de Parasitica beaucoup plus élevée dans la parcelle Biophyto que dans la parcelle Témoin. En effet, la moyenne des prélèvements sur la parcelle Biophyto est de 198 individus, alors qu'elle est seulement de 20 sur la parcelle Témoin (Figure 5). Soit une abondance dix fois plus importante de parasitoïdes sur la parcelle Biophyto que sur la parcelle Témoin.

Figure 5 Abondance des Parasitica piégés dans les tentes Malaise sur les parcelles Biophyto et Témoin.



Discussion

▼ RAPPEL DES RÉSULTATS

Sur 12 espèces végétales, quatre espèces se distinguent des autres : l'Alysse maritime, la Bourrache officinale, le Souci officinal et le Sarrasin. Le fait qu'elles aient suffisamment fleuri montre qu'elles sont adaptées aux conditions pédo-climatiques réunionnaises, contrairement aux autres espèces qui ont plus de difficultés à pousser et à fleurir. Ces quatre plantes attirent de nombreux auxiliaires de culture, mais aussi des insectes

pouvant servir de proies alternatives pour ces derniers, comme les hétéroptères et les homoptères, lorsque les populations de ravageurs diminuent. Ces espèces n'attirent pas les ravageurs du manguier, condition indispensable pour faire partie d'une bande fleurie. D'après les résultats d'abondance d'arthropodes, l'Alysse maritime attire significativement plus d'auxiliaires que la Bourrache et le Souci, mais pas significativement plus que le Sarrasin (Figure 2). D'après Chaney (1992), l'Alysse peut attirer plus de 200 insectes bénéfiques. De plus, Fiedler et Landis (2007) soutiennent que l'Alysse maritime, mais aussi le Sarrasin, sont très attractifs pour les ennemis naturels des ravageurs. Nos résultats de diversité montrent quant à eux un plus grand nombre de familles d'hyménoptères sur l'Alysse que sur les trois autres plantes (Figure 2). L'analyse spatiale de la deuxième partie de notre étude montre le caractère complémentaire des quatre espèces végétales suivies (Figure 4).

▼ DIFFICULTÉS ET LIMITES DE L'ÉTUDE

Pour mesurer l'attractivité des arthropodes par des espèces végétales, de nombreuses données ont dû être exclues. Le fait qu'il s'agisse d'une expérimentation inédite en milieu tropical, peut expliquer que certains résultats ne soient pas exploitables. De plus, l'exclusion des données issues de l'exploitation 3 et de la bande fleurie 2 de l'exploitation 1 est notamment due à des facteurs environnementaux, comme le passage de cyclones en 2013 causant des dégâts sur les bandes fleuries, la chaleur excessive (températures supérieures à 30 °C) et la forte pluviométrie à cette période de l'année (venant les assécher ou les inonder). Des problèmes de gestion de l'irrigation des bandes fleuries, qui doit être plus abondante que celle du verger puisqu'ils n'ont pas les mêmes besoins, ont également engendré des difficultés. De plus, le climat à cette période de l'année favorise la croissance des adventices adaptées aux conditions environnementales, comme le fatique (*Megathrysus maximus* J. ; Poaceae) envahissant plus rapidement les bandes fleuries malgré un désherbage régulier. Cela peut expliquer le fait que certaines espèces ont moins bien levé ou se sont moins bien développées. De plus, de nombreux arthropodes ont été piégés lors des prélèvements, demandant un important travail de tri et de détermination ainsi que des compétences entomologiques conséquentes. De ce fait, de nombreux insectes n'ont pas pu être déterminés jusqu'à l'espèce. De plus, certains arthropodes, notamment les plus petits, étaient plus difficiles à conserver que d'autres, comme les araignées souvent en trop mauvais état pour être identifiées. Un certain nombre d'arthropodes n'a donc pas pu être comptabilisé dans les effectifs.

▼ RECHERCHES À VENIR

Un premier axe de recherche porte sur l'intégration d'espèces végétales fleuries endémiques dans la liste des plantes qui pourront être utilisées en milieu producteur. Maintenant que les méthodologies d'observation des interactions plantes-insectes ont été mises au point, il y a lieu d'identifier les plantes locales d'intérêt. Un premier inventaire des connaissances sur ces plantes locales, sur la base d'une enquête et d'une

revue bibliographique, peut être envisagé. Ensuite, les observations sur les interactions de ces plantes avec les communautés d'arthropodes pourront être effectuées.

Un deuxième axe de recherche porte sur l'élaboration d'un mélange de fleurs. En effet, l'insertion de bandes fleuries dans les agroécosystèmes peut se faire de deux manières: à l'aide d'une seule espèce ou d'un mélange d'espèces végétales. Cependant, le choix d'un mélange plurispécifique n'élargit pas nécessairement les ressources pour les insectes cibles. Ces derniers vont préférentiellement sélectionner une espèce particulière, malgré la présence d'alternatives (Pontin *et al.*, 2006 ; Carreck & Williams, 1997). De plus, lorsqu'un mélange plurispécifique est implanté, il est important de diminuer les phénomènes de compétition entre plantes et d'augmenter ceux de facilitation. Les facteurs induisant une compétition peuvent être l'espace, la lumière, l'eau ou encore les nutriments. Par exemple pour optimiser l'arrangement foliaire et limiter la compétition pour la lumière, Trenbath (1974) propose de sélectionner, en mélange plurispécifique, une espèce de taille importante présentant des feuilles dressées et une espèce de taille réduite avec des feuilles prostrées. Dans le choix des espèces à semer, il est aussi déterminant de prendre en compte la durée de floraison et la longévité des espèces sélectionnées au sein d'un mélange floristique (Pfiffner & Wyss, 2004).

Un troisième axe de recherche concerne l'étude des caractéristiques de la plante intervenant dans l'attractivité des arthropodes. En effet, une espèce florale peut avoir un intérêt entomologique par plusieurs aspects : son attractivité (Kopta *et al.*, 2012 ; Fitzgerald & Solomon, 2004 ; Fiedler & Landis, 2007a), sa capacité à améliorer la fécondité (Winkler *et al.*, 2009 ; Baggen & Gurr, 1998 ; Baggen *et al.*, 1999) ou la survie de l'espèce cible (Baggen & Gurr, 1998). Cette dernière est notamment liée à la disponibilité en nourriture (supplémentaire et / ou complémentaire) et en sites de ponte et / ou d'hivernation (Pumariño *et al.*, 2012 ; Pfiffner & Wyss, 2004). Une bande fleurie apporte aussi un refuge en cas de perturbations et un microclimat intéressant pour les insectes (Pfiffner & Wyss, 2004). En lutte biologique, il peut aussi être intéressant de cibler des espèces florales qui tendent à réduire la durée de développement larvaire des parasitoïdes (Begum *et al.*, 2006). À ce jour, seul un nombre limité de plantes a déjà été testé (Fiedler & Landis, 2007b ; Pfiffner & Wyss, 2004 ; Landis *et al.*, 2000). Certaines grandes tendances se démarquent néanmoins : la diversité spécifique des parasitoïdes est plus élevée sur les Apiaceae et les Asteraceae (Tooker & Hanks, 2000) et l'abondance des auxiliaires augmente avec la superficie de la surface florale (Fiedler & Landis, 2007b). Les espèces florales indigènes présentent aussi généralement des abondances en auxiliaires des cultures plus élevées que les espèces florales non-indigènes (Isaacs *et al.*, 2009).

Un quatrième axe de recherche porte sur la conception et la mise en place d'aménagements spatiaux (forme, disposition, etc...), dans ou autour de l'agrosystème, de dispositifs fleuris. Ils pourraient en effet influencer les communautés d'auxiliaires des cultures à différentes échelles spatiales (Landis

et al., 2000). Bugg et Waddington (1994) préconisent de semer des couverts de compositions floristiques différentes sur différentes bandes pour diversifier les phénologies et les ressources pour les ravageurs et les auxiliaires des cultures. Idéalement, les habitats naturels et semi-naturels doivent être connectés (Pfiffner & Wyss, 2004). Les bandes fleuries peuvent être disposées en bordure ou au sein d'une parcelle (Pfiffner & Wyss, 2004).

▼ APPLICATIONS POSSIBLES

Alors que l'insertion de bandes fleuries peut se faire dans un cadre purement esthétique (agrotourisme) elle peut se faire dans l'optique de favoriser les arthropodes utiles (lutte biologique de conservation). Par exemple, une fois les auxiliaires bien identifiés, une série d'études pourrait avoir pour objectifs de rechercher une ou des plantes les favorisant. Les Cecidomyiidae ravageurs du manguier et leurs auxiliaires pourraient faire l'objet d'une telle étude. Sur l'île, un para-

sitoïde est bien connu pour avoir des cécidomyies comme hôtes : *Chrysonotomyia pulcherrina* (Chalcidoidea : Eulophidae). Cependant, sont présents sur l'île d'autres parasitoïdes de cécidomyies tels que des Platygasteridae (*Platygaster* sp. et *Fidobia* sp., Muru et Delvare 2014, données non publiées) et d'autres Eulophidae spp. (*Aprostocetus ootetrastichus*, Muru et Delvare 2014, données non publiées). Dans la même perspective, *Ceranisis* sp. (Chalcidoidea : Eulophidae) est un parasitoïde de thrips présent à La Réunion (Muru et Delvare 2014, données non publiées). Une fois l'hôte de ce parasitoïde bien défini, il serait possible d'envisager un moyen d'augmenter son action en introduisant des bandes fleuries.

Ces deux exemples nécessiteraient cependant une batterie d'études visant à étudier la compatibilité entre les parasitoïdes et les plantes. On notera que dans tous les cas d'implantation d'une bande fleurie il est important d'étudier la compatibilité entre la plante et le ravageur contre lequel on lutte afin d'éviter un effet inverse non attendu.

Références bibliographiques

- Altieri M. A., Whitcomb W. H., 1979. The potential use of weeds in the manipulation of beneficial insects. *Hortscience*, 14 (1), 12-17.
- Altieri M. A., 1986. L'agro-écologie – bases scientifiques d'une agriculture alternative. Edition Debard, Paris, 237 p.
- Altieri M. A., 1989. Agroecology: A new research and development paradigm for world agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 27, 37-46.
- Altieri, M. A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 19-31
- Baggen L. R., Gurr G. M., 1998. The influence of food on *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae), and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biological Control*, 11, 9-17.
- Baggen L. R., Gurr G. M., Meats A., 1999. Flowers in tri-trophic systems: mechanisms allowing selective exploitation by insect natural enemies for conservation biological control. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 91, 155-161.
- Begum M., Gurr G. M., Wratten S. D., Hedberg P. R., Nicol H. I., 2006. Using selective food plants to maximize biological control of vineyard pests. *Journal of Applied Ecology*, 43, 547-554.
- Bianchi F. J. J. A., Wäckers F. L., 2008. Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. *Biological Control*, 46, 400-408.
- Bugg R. L., Waddington C., 1994. Using cover crops to manage arthropod pests of orchards: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 50, 11-28.
- Carreck N. L., Williams I. H., 1997. Observations on two commercial flower mixtures as food sources for beneficial insects in the UK. *Journal of Agriculture Science*, 128, 397-403.
- Chaubet B., 1992. Diversité écologique, aménagement des agroécosystèmes et favorisation des ennemis naturels des ravageurs : cas des aphidiphages. *INRA Courrier de l'environnement*, 18, 45-63.
- Deguine J.-P., Ferron P., 2006. Protection des cultures, préservation de la biodiversité, respect de l'environnement. *Cahiers Agricultures*, 15, 307-11.
- Deguine J.-P., Ferron P., Russel D., 2008. Protection des cultures. De l'agrochimie à l'agroécologie. Edition Quae, 187p.
- Deguine J.-P., Ratnadass A., 2013. Gestion des habitats. In: Thiery D., Calatayud P.-A., Sauvion N., Marion-Poll F. (eds.), Des insectes et des plantes. Publibook et Editions IRD, sous presse.
- Duval J., 1993. Plantes compagnes et couvre-sol floraux pour la lutte biologique des ravageurs en verger. AGRO-BIO – 330-09.
- Fiedler A. K., Landis D.A., 2007a. Attractiveness of Michigan native plants to arthropod natural enemies from herbivores. *Environmental Entomology*, 36 (4), 751-765.

- Fiedler A. K, Landis D. A., 2007b. Plant characteristics associated with natural enemy attractiveness to Michigan native plants. *Environmental Entomology*, 36, 878-886.
- Fitzgerald J. D, Solomon M. G., 2004. Can Flowering Plants Enhance Numbers of Beneficial Arthropods in UK Apple and Pear Orchards? *Biocontrol Science and Technology*, 14 (3), 291-300.
- Hickman J. M., Wratten S. D., 1994. Use of *Phacelia tanacetifolia* (Hydrophyllaceae) as a pollen resource to enhance hoverfly (Diptera: Syrphidae) populations in sweetcorn fields. *IOBS Bulletin WPRS*, 17, 156-167.
- Hogg B. N., Bugg R. L., Daane K. M., 2011. Attractiveness of common insectary and harvestable floral resources to beneficial insects. *Biological Control*, 56, 76-84.
- Isaacs R., Tuell J., Fiedler A., Gardiner M., Landis D., 2009. Maximizing arthropods-mediated ecosystem services in agricultural landscapes: the role of native plants. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7 (4), 196-203.
- Kopta T., Pokluda R., Psota V., 2012. Attractiveness of flowering plants for natural enemies. *Horticultural Science* (Prague), 39 (2), 89-96.
- Kruess A., Tscharncke T., 1994. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science*, 264, 1581-1584.
- Landis D. A., Wratten S. D., Gurr G. M., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45, 175-201.
- Lyon J. P., 1965. Influence de quelques facteurs sur l'expression du potentiel de multiplication des syrphides aphidiphages. *Annales des Epiphytes*, 16 (4), 397-398.
- Pfiffner L., Wyss E., 2004. Use of sown wildflower strips to enhance natural enemies of agricultural pests. Chapter 11: 167-188. In: Gurr G.M., Wratten S. D., Altieri M. A., 2004. Ecological engineering for pest management. Advances in habitat manipulation for arthropods. CSIRO Publishing, Melbourne (Australasian publisher)/ CABI International, Wallingford (European Publisher)/ Cornell University Press, Ithaca (Americas publisher), 244 p.
- Pimentel D., 1961. Species diversity and insect population outbreaks. *Annals of the Entomological Society of America*, 54, 76-86.
- Pimentel D., Mc Laughlin L., Zepp A., Lakitan B., Kraus T., Kleinman P., Vancini F., Roach W.J., Graap E., Keeton W.S., Selig G., 1993. Environmental and economic effects of reducing pesticide use in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 46, 273-288.
- Pontin D. R., Wade M. R., Kehrli P., Wratten S. D., 2006. Attractiveness of single and multiple species flower patches to beneficial insects in agroecosystems. *Annals of Applied Biology*, 148, 39-47.
- Pumariño L., Alomar O., Lundgren J. G., 2012. Effects of floral and extrafloral resource diversity on the fitness of an omnivorous bug, *Orius insidiosus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 145, 181-190.
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.
- Rebek E. J., Sadof C. S., Hanks L. M., 2005. Manipulating the abundance of natural enemies in ornamental landscapes with floral resource plants. *Biological Control*, 33, 203-216.
- Remaudière G., Leclant F., 1971. Le complexe des ennemis naturels des aphides du pêcher dans la moyenne vallée du Rhône. *Entomophaga*, 16 (3), 255-267
- Sarthou J. P., 2006. Dossier : la biodiversité dans tous ses états. *Alter Agri*, 76, 4-14.
- Sarthou V., 2010. Lutte biologique par conservation et gestion des habitats. Formation Ecologie par la Syrphys, ADASEA 32.
- Southwood T. R. E., 1961. The evolution of insect host tree relationship - a new approach. In Proceedings of the 11th International Congress on Entomology: 1960, Vienna, Austria, 1, 651-654.
- Tooker J. F., Hanks L. M., 2000. Flowering plant hosts of adult hymenopteran parasitoids of Central Illinois. *Annals of the Entomological Society of America*, 93(3), 580-588.
- Trenbath B. R., 1974. Biomass productivity of mixtures. *Advances in Agronomy*, 26, 177-209.
- Wilson C., Tisdell C., 2001. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics*, 39, 449-462.
- Winkler K., Wäckers F. L., Kaufman L.V., Larraz V., Van Lenteren J. C., 2009. Nectar exploitation by herbivores and their parasitoids is a function of flower species and relative humidity. *Biological Control*, 50, 299-306.

Questions / Réponses

► **J.-N. Aubertot** : Les causes de non levée de certaines espèces végétales dans les bandes enherbées ont-elles été identifiées ?

J.-P. Deguine : Des critères de bonne/mauvaise levée sont pris en compte lors de suivi et sont encore à l'étude.

> Richesse spécifique et recouvrement des couvertures végétales en période de floraison des manguiers à La Réunion

M. JACQUOT¹ | F. CHIROLEU¹ | J.-P. DEGUINE¹
jean-philippe.deguine@cirad.fr

Résumé

L'implantation d'une couverture végétale diversifiée et abondante est une voie privilégiée de lutte biologique de conservation. La couverture fournirait en effet des habitats et des ressources pour les herbivores non nuisibles et leurs prédateurs. De plus, elle pourrait constituer une barrière physique dans le cycle biologique de certains insectes nuisibles. En période de floraison des manguiers (août 2012, 2013 et 2014), nous avons effectué un suivi de la richesse spécifique et du recouvrement des plantes adventices dans différentes parcelles commerciales à La Réunion. Les pratiques « Biophyto » – irrigation par micro-aspiration, arrêt des traitements herbicides et semis d'espèces herbacées – permettent le développement de couvertures végétales plus riches en espèces que les pratiques habituelles. Concernant le taux de recouvrement par les plantes, les résultats de ces pratiques ne sont pas aussi nets, notamment parce que les pratiques des parcelles « Témoin » du dispositif expérimental ont rejoint les pratiques « Biophyto ».

Mots-clés : pratiques agroécologiques, communautés, couvertures végétales, floraison, manguiers

Introduction

La lutte biologique de conservation (LBC) vise à favoriser l'abondance et la diversité des ennemis naturels des organismes nuisibles dans les agroécosystèmes (Eilenberg *et al.*, 2001). Ce principe est corroboré par les résultats de la méta-analyse de Cardinale *et al.* (2006) qui démontrent que plus un groupe trophique est riche en espèces, plus son abondance et sa biomasse sont importantes et peuvent ainsi conduire à l'épuisement de sa ressource. Autrement dit, plus les ennemis naturels sont représentés par un grand nombre d'espèces, plus les populations de leurs proies, les insectes nuisibles, sont régulées.

La LBC repose notamment sur les techniques de gestion des habitats, telles que l'implantation d'une couverture végétale, à la fois abondante (taux de recouvrement important) et riche en espèces. En effet la diversité et l'abondance des plantes auraient des effets ascendants sur les niveaux trophiques (Scherber *et al.*, 2010). La diversité des végétaux favoriserait l'abondance et la diversité des herbivores et, en cascade, de leurs prédateurs (Dyer, 2008). Les prédateurs bénéficieraient de proies, permettant une coexistence de plusieurs espèces

prédatrices en leur fournissant des ressources et en limitant la prédation intra-gilde (e.g. prédation entre prédateurs) (Rickers *et al.*, 2006). La structure complexe d'une communauté végétale diversifiée pourrait elle aussi réduire la prédation intra-gilde en offrant des refuges (Finke & Denno, 2002, 2004 et 2006).

En parallèle, la majorité des insectes nuisibles en vergers de manguiers réalisent une partie de leur développement dans les couches superficielles du sol (cécidomyies, Mouches des fruits, thrips). Nous supposons que la réalisation de leur cycle pourrait être entravée par la présence d'une couverture végétale, les empêchant de rejoindre l'habitat leur servant à passer au stade adulte.

Dans le cadre de l'installation de couvertures végétales dans les vergers de manguiers à La Réunion, nous cherchons au final à comprendre l'influence de l'abondance et de la diversité des communautés végétales sur les communautés d'arthropodes à une période où la régulation des insectes nuisibles est attendue : la floraison des manguiers. Les données recueillies dans cette étude nous permettent d'observer l'évolution des couvertures végétales en période de floraison des manguiers. Ce qui est une étape préalable avant de caractériser leurs interactions avec les arthropodes.

Matériel et méthodes

▼ PÉRIODE ET LOCALISATION DE L'ÉTUDE

Les échantillonnages ont eu lieu pendant 3 ans, de 2012 à 2014, dans les vergers de 10 exploitations agricoles appartenant au réseau Biophyto (www.biophyto.org). Pour chacune de ces exploitations, les suivis de la diversité végétale sont effectués sur deux parcelles voisines de taille semblable.

Sur les 10 couples de parcelles étudiées :
- 2 couples de parcelles en agriculture biologique (exploitations F et M), qui n'ont pas fait l'objet de changement de

¹. CIRAD
UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

pratiques de gestion de l'enherbement. Elles constitueront donc un témoin quant à la fiabilité des méthodes utilisées. - dans les 8 autres exploitations (B, C, E, G, H, K, L et N), chaque couple est composé de : (1) une parcelle « Biophyto » où les pratiques visant à favoriser l'abondance et la diversité des couvertures végétales sont mises en place. Des systèmes d'irrigations par micro-aspersion y sont également mis en place et le semis d'espèces herbacées. Notons que dans ces parcelles aucun traitement insecticide et herbicide n'est appliqué. (2) une parcelle « Témoin » dans laquelle l'agriculteur est libre de ses pratiques de gestion de l'enherbement. Les exploitations B et E n'ont pas été prises en compte dans l'analyse puisqu'elles présentent : soit des problèmes d'irrigation dans la parcelle Biophyto (E), soit un problème de gestion agronomique de la parcelle Témoin (B).

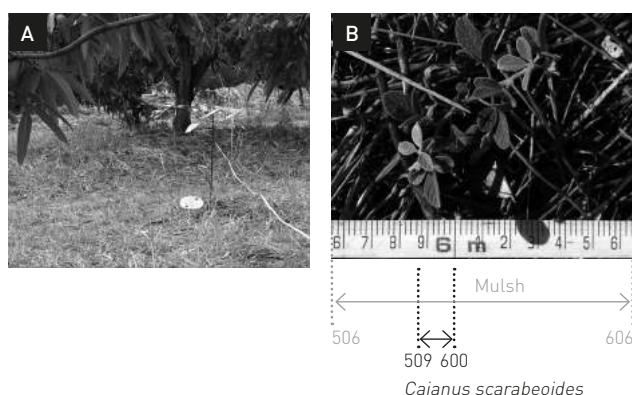
Le changement de pratiques dans les parcelles Biophyto a été opéré dans le dernier trimestre 2012. Le relevé d'août 2012 constitue donc une mesure de l'état initial des caractéristiques des couvertures végétales.

▼ CARACTÉRISATION DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES

L'identification des espèces de plantes vasculaires a été effectuée le long de segments perpendiculaires aux rangs de plantation des manguiers, afin de prendre en compte l'hétérogénéité parcellaire. Chaque segment a la longueur de l'espace inter-rang. La longueur totale et le nombre de segment échantillonnés par parcelle sont proportionnels à la taille de la parcelle. Les segments sont matérialisés par la mise en place d'un décimètre entre deux repères fixes (Figure 1A). Les bornes des distances occupées par chaque espèce de plantes composant sont référencées, pour une largeur augmentée de 1cm de part et d'autre du décimètre, (Figure 1B).

Figure 1 Méthodes d'échantillonnage de la communauté de plantes vasculaires en vergers de manguiers.

A = Disposition du segment entre deux manguiers
B = Mesure des bornes occupées par une espèce



Les échantillonnages ont été réalisés sur une période d'une semaine, aux mois d'août des années 2012, 2013 et 2014. Un échantillonnage supplémentaire est réalisé un mois avant la floraison pour compléter les données en cas de

fauche pendant la floraison des manguiers (pratique culturelle habituelle). Ainsi plus de 2 000 m de segments ont été échantillonnés et 117 espèces de plantes vasculaires ont été inventoriées dans l'ensemble du réseau de l'étude.

L'ensemble des données a été analysé avec le logiciel R (version 3.1.0).

▼ CALCUL DU RECOUVREMENT DES COUVERTURES VÉGÉTALES

Pour chaque segment, le cumul des intervalles occupés par des plantes, quelle que soit l'espèce, permet de mesurer le taux de recouvrement par les plantes sur le segment. La moyenne des recouvrements des différents segments échantillonnés dans chaque parcelle permet d'estimer un recouvrement moyen.

▼ ESTIMATION DE LA RICHESSE SPÉCIFIQUE DES COUVERTURES VÉGÉTALES

Pour chaque segment, le cumul des intervalles occupés par chaque espèce de plantes permet de calculer leur abondance respective. Sur la base de ces données, nous avons estimé la richesse spécifique de chaque parcelle à l'aide de la fonction *specpool* (module *vegan*, Oksanen *et al.*, 2013). Un sous-échantillonnage aléatoire est réalisé parmi l'ensemble des segments d'une parcelle. La richesse spécifique extrapolée est calculée sur la base des sous-échantillons. Le sous-échantillonnage et les calculs sont répétés plusieurs fois (bootstrap) par parcelle afin d'obtenir la richesse spécifique extrapolée moyenne et leurs erreurs types.

▼ ANALYSES STATISTIQUES

L'effet de l'appartenance à une parcelle sur la richesse spécifique et le taux de recouvrement par les plantes a été étudié via une analyse de variance. En cas d'effet significatif de l'appartenance à un groupe, un test de comparaison des moyennes multiples (Tukey) a été réalisé.

Résultats

▼ TAUX DE RECOUVREMENT PAR LES PLANTES

Le taux de recouvrement des parcelles des exploitations F et M, dont les pratiques de gestion de l'enherbement n'ont pas changé, n'est pas significativement différentes d'une d'année à l'autre. Il est également similaire entre les deux parcelles de l'exploitation F pour lesquelles les pratiques sont strictement identiques.

Pour les 6 exploitations dans lesquels le dispositif expérimental Biophyto a été mise en place. On distingue trois cas

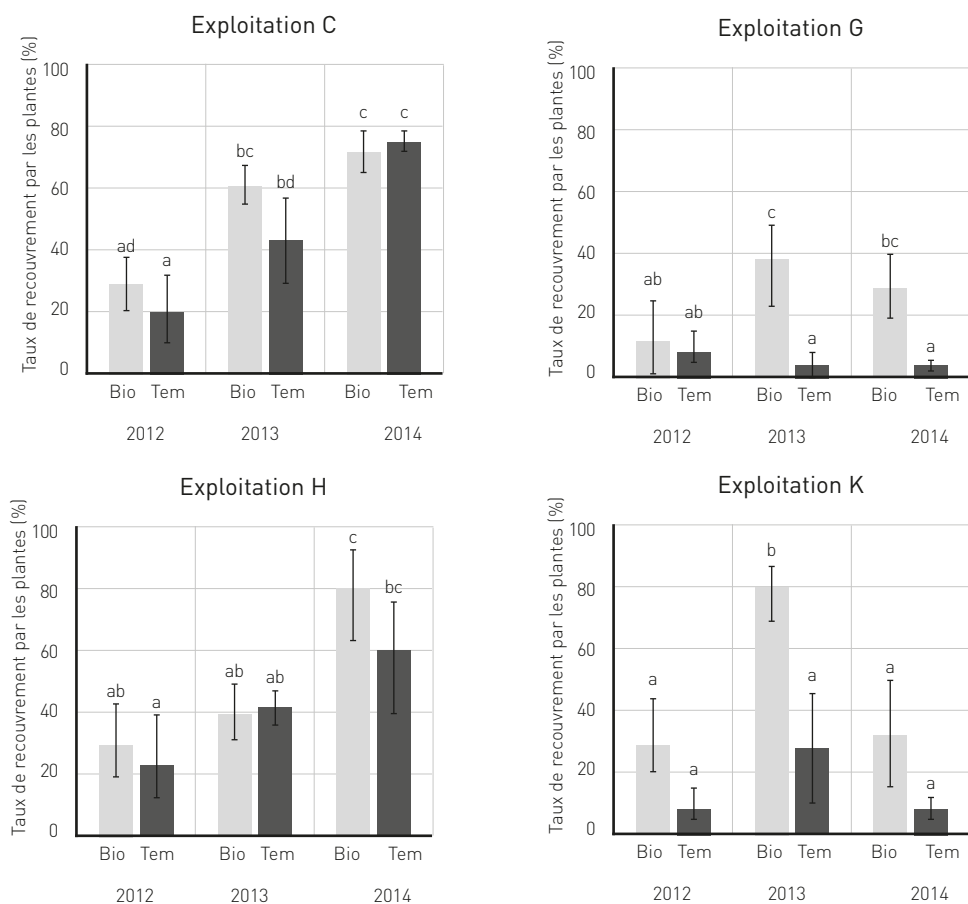
de figure quant à l'évolution du recouvrement en plantes sur les 3 années :

- en 2012, les exploitations G (Figure 2), K et L présentent un taux de recouvrement par les plantes équivalent entre les deux parcelles. Puis on observe un taux de recouvrement, par les plantes significativement supérieur dans la parcelle

Biophyto par rapport à la parcelle Témoin en 2013 et en 2014 pour l'exploitation G, et uniquement en 2013 pour les exploitations K et L.

- quelle que soit l'année, les exploitations C, H (Figure 2) et N présentent un taux de recouvrement équivalent entre leurs deux types parcelles.

Figure 2 Moyennes \pm erreurs-types et résultats des tests de comparaison des moyennes multiples du taux de recouvrement par les plantes pour les parcelles de 4 vergers de manguiers de 2012 à 2014. Les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes au seuil $\alpha = 5\%$ pour le test de comparaison de moyennes multiples de Tukey. Bio = parcelle Biophyto ; Tem = parcelle Témoin



▼ RICHESSE SPÉCIFIQUE

La richesse spécifique des parcelles des exploitations F et M, dont les pratiques de gestion de l'enherbement sont identiques, ne sont pas significativement différentes d'une année à l'autre. Elles sont également similaires entre les deux parcelles de l'exploitation F pour lesquelles les pratiques sont strictement identiques.

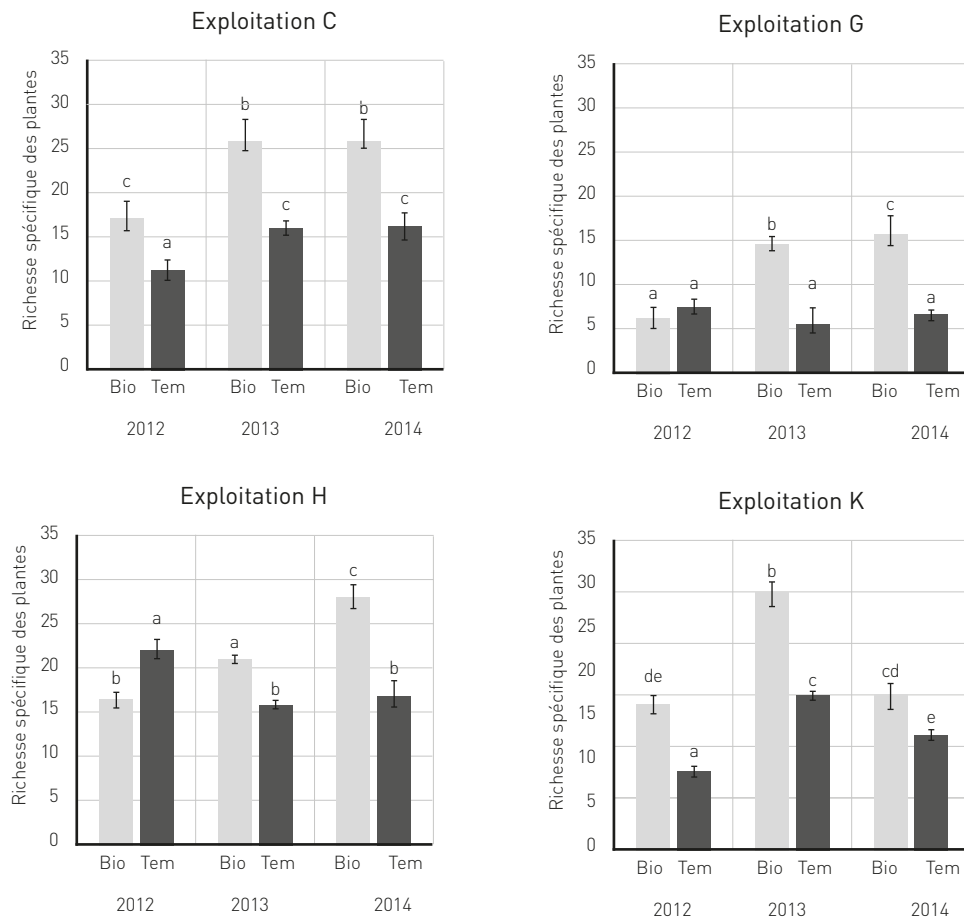
Pour les 6 exploitations dans lesquels le dispositif expérimental Biophyto a été mis en place, on distingue deux cas de figure quant à l'évolution de la richesse spécifique en plantes sur les 3 années :

- en 2012, les exploitations G (Figure 3), H et N présentaient une richesse spécifique en plantes équivalente entre les deux parcelles ou inférieure dans la parcelle Biophyto. On observe dans les exploitations une richesse spécifique significativement supérieure dans la parcelle Biophyto par rapport à la parcelle Témoin en 2013 et en 2014.

- les exploitations C, K (Figure 3) et L présentent en 2012, 2013 et 2014 une richesse spécifique végétale significativement supérieure dans la parcelle Biophyto par rapport à la parcelle Témoin. L'écart de richesse spécifique entre les deux parcelles est le plus grand en 2013 (K et L) ou en 2013 et 2014 (C).

Figure 3 Moyennes \pm erreurs-types et résultats des tests de comparaison des moyennes multiples de la richesse spécifique des plantes pour les parcelles de 4 vergers de manguiers de 2012 à 2014. Les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes au seuil $\alpha = 5\%$ pour le test de comparaison de moyennes multiples de Tukey.

Bio = parcelle Biophyto ; Tem = parcelle Témoin



Discussion

La richesse spécifique végétale et le taux de recouvrement similaires entre les deux parcelles des exploitations F et M, dans laquelle les pratiques n'ont pas différé d'une année à l'autre, confirmant que la méthode de mesure et d'estimation permet une comparaison entre les parcelles.

Les pratiques de gestion des couvertures végétales des parcelles Biophyto ont permis un taux de recouvrement supérieur aux pratiques témoins dans seulement 3 cas sur 6. On notera dans le cas de l'exploitation K, un taux de recouvrement très important en 2013, causé par une grande quantité d'irrigation par micro-aspersion et le semis de *Cynodon dactylon*. Dans trois autres cas, les taux de recouvrement des deux parcelles pour chaque année sont équivalents. Malgré cela on constate une augmentation significative des taux de recouvrement au cours des années (Figure 2, exploitations C et H). Les agriculteurs ont adopté des pratiques favorisant l'enherbement dans les deux types de parcelles.

Concernant l'évolution de la richesse spécifique en plantes, les résultats sont plus marqués. Dans les 6 parcelles, les pratiques de gestion des couvertures végétales de type « Biophyto »

permettent le développement d'un enherbement plus riche en espèces que les pratiques « Témoin » (ou augmentent la différence déjà existante).

Le taux de recouvrement et la richesse spécifique des couvertures végétales n'évoluent pas de la même façon. En effet un taux de recouvrement élevé peut être synonyme d'une richesse spécifique en plante faible. Si le fort recouvrement d'une parcelle est dû seulement à une ou quelques espèces de plantes très concurrentielles, alors, d'autres espèces ne peuvent s'implanter. C'est le cas de la parcelle Témoin de l'exploitation C, dans laquelle le développement en 2013 d'espèces de plantes lianescentes permet un fort taux de recouvrement mais n'engendre pas une bonne diversité, contrairement à la parcelle Biophyto dans laquelle le recouvrement est permis par de nombreuses espèces de plantes différentes. L'autre exemple est la parcelle Témoin de l'exploitation M dans laquelle le développement du Chiendent-de-bœuf (*Stenotaphrum dimitianum*) permet un recouvrement quasi-total du sol, mais une richesse spécifique faible.

En période de floraison des manguiers, les pratiques « Bio-phyto » – irrigation par micro-aspersion, arrêt des traitements herbicides et semis d'espèces herbacées – permettent le développement de couvertures végétales plus riches en espèces que les pratiques habituelles. Concernant le taux de recouvrement par les plantes, les résultats de ces pratiques ne sont pas aussi nets, notamment parce que les pratiques des parcelles

« Témoin » du dispositif expérimental ont rejoint les pratiques Biophyto.

La gestion d'un enherbement abondant et diversifié, conjointement à l'arrêt des traitements insecticides favorisent l'existence de communautés d'arthropodes abondantes et riches en espèces, en vergers de manguiers à La Réunion (Jacquot *et al.*, 2014 b).

Références bibliographiques

- Eilenberg J., Hajek A., Lomer C., 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biological Control*, 46, 387-400.
- Cardinale B. J., Srivastava D. S., Duffy J. E., Wright J. P., Downing A. L., Sankaran M., Jousseau C., 2006. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature*, 443, 989-992.
- Dyer L. A., 2008. Tropical Tritrophic interactions: Nasty Hosts and Ubiquitous Cascades. In: Carson, W. P., Schnitzer, S. A., 2008, Tropical Forest Community Ecology, p 275.
- Finke D. L., Denno R. F., 2002. Intraguild predation diminished in complex-Structured vegetation: implications for prey suppression. *Ecology*, 83 (3), 643-652.
- Finke D. L., & Denno R. F., 2004. Predator diversity dampens trophic cascades. *Nature*, 429, 407-410.
- Finke D. L., Denno R. F., 2006. Spatial refuge from intraguild predation: implications for prey suppression and trophic cascades. *Oecologia*, 149 (2), 265-275.
- Oksanen J., F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens, H. Wagner., 2013. Vegan: community ecology package. R package version 2.0-8. The R Project for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rickers S., Langel R., Scheu, S., 2006. Stable isotope analyses document intraguild predation in wolf spiders (Araneae: Lycosidae) and underline beneficial effects of alternative prey and microhabitat structure on intraguild prey survival. *Oikos*, 114, 471-478.
- Scherber C., Eisenhauer N., Weisser W. W., Schmid B., Voigt W., Fischer M., Schulze E. D., Roscher C., Weigelt A., Allan E., Bessler H., Bonkowski M., Buchmann N., Buscot F., Clement L. W., Ebeling A., Engels C., Halle S., Kertscher I., Klein A. M., Koller R., König S., Kowalski E., Kummer V., Kuu A., Lange M., Lauterbach D., Middelhoff C., Migunova V. D., Milcu A., Müller R., Partsch S., Petermann J. S., Renker C., Rottstock T., Sabais A., Scheu S., Schumacher J., Temperton V. M., Tscharnkte T., 2010. Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature*, 468, 553-556.

Questions / Réponses

► **F. Le Bellec** : Sur le plan qualitatif des communautés végétales : quelles sont les espèces ? Y a-t-il des différences entre les traitements ?

M. Jacquot : On observe des changements dans les espèces présentes. On passe de couvertures composées de peu d'espèces (exemple euphorbiacées) à des couvertures très riches à dominante de poacées et de fabacées.

► **T. Atiama-Nurbel** : Est-ce que les couvertures végétales utilisées sont des couvertures implantées sur les parcelles Biophyto ou des couvertures spontanées ?

M. Jacquot : On mesure objectivement les couvertures qu'elles soient implantées ou favorisées par l'irrigation. Ceci dans l'ensemble des parcelles Biophyto et Témoin.

► **S. Penvern** : 1) Avez-vous regardé la hauteur de l'enherbement ? Celle-ci peut affecter la colonisation des prédateurs dans la canopée.

2) Quelle variabilité observez-vous le long du segment, en fonction de la distance à l'arbre ?

M. Jacquot : 1) Non, nous n'avons pas mesuré la hauteur de l'enherbement directement. Elle est quand même exprimée par la complexité des couvertures.

2) Oui, le long des segments on observe une variabilité. Dans les pratiques témoins, on observe un rang peu enherbé avec un inter-rang enherbé.

> Effet des pratiques agroécologiques sur l'évolution des communautés d'arthropodes en vergers de manguiers à La Réunion

M. JACQUOT¹ | D. MURU¹ | F. CHIROLEU¹ | M. TENAILLEAU² | S. GASNIER³ | J. ROCHAT³ | S. PLESSIX¹ | M.-L. MOUTOUSSAMY¹ | C. AJAGUIN SOLEYEN¹ | P. TIXIER⁴ | J.-P. DEGUINE¹
jean-philippe.deguine@cirad.fr

Résumé

Les pratiques agroécologiques mises en place dans les vergers de manguiers du réseau Biophyto ont pour objectif d'augmenter la biodiversité fonctionnelle. Afin de vérifier cette influence, nous avons effectué un échantillonnage des arthropodes en période de floraison des manguiers (2012 et 2013). L'échantillonnage et la détermination de ces arthropodes présents dans chaque parcelle, nous ont permis d'estimer la richesse spécifique et l'abondance de deux niveaux trophiques : i) les herbivores et détritivores, ii) les prédateurs et parasitoïdes. En 2012, les différences entre les deux types de parcelles sont faibles, l'ensemble des pratiques agroécologiques ayant été mises en place ultérieurement. En 2013, La gestion d'un enherbement abondant et diversifié, conjointement à l'arrêt des traitements insecticides favorisent donc l'existence de communautés d'arthropodes abondantes et diversifiées pour les deux niveaux trophiques.

Mots-clés : pratiques agroécologiques, communautés, arthropodes, floraison, manguiers

Introduction

Dans un contexte de réduction de l'usage des produits phytosanitaires (Plan ÉCOPHYTO 2018), les services potentiels de la biodiversité dans la gestion des organismes nuisibles deviennent cruciaux. En effet, de nombreuses productions végétales se retrouvent dans des impasses sanitaires et techniques.

La culture du manguiers (*Mangifera indica* L.) à La Réunion n'échappe pas à la règle, avec une seule molécule active homologuée (lambdacyhalotrine) alors que des insectes de quatre ordres différents causent des pertes économiques importantes : mouches des fruits et cécidomyies (Diptera), punaise des fleurs (Heteroptera), cochenilles (Hemiptera) et thrips (Thysanoptera). Les agroécosystèmes doivent évoluer pour favoriser la diversité biologique, gage d'écosystèmes plus stables et résilients (Yachi et Loreau, 1999). Ainsi, des techniques relatives à lutte biologique de conservation (LBC) ont été appliquées dans les agroécosystèmes à base de manguiers : arrêt des traitements insecticides et gestion des habitats (couvertures végétales, bandes fleuries, etc.). La LBC vise à favoriser l'abondance et la diversité des ennemis naturels des organismes nuisibles dans les agroécosystèmes (Eilenberg *et al.*, 2001). Pour vérifier cette influence

des pratiques agroécologiques sur les communautés d'arthropodes, il est nécessaire de les comparer aux pratiques agrochimiques.

Dans les vergers de manguiers à La Réunion, comme dans de nombreux écosystèmes terrestres, on peut discerner 4 groupes fonctionnels dans les communautés d'arthropodes. Ils rassemblent les espèces qui consomment le même type de ressources. (1) Les arthropodes détritivores : ils se nourrissent de débris organiques. (2) Les arthropodes herbivores : ils se nourrissent de plantes, seuls les herbivores s'alimentant du manguiers sont qualifiés de ravageurs. (3) Les carnivores primaires, qui s'alimentent des herbivores et des détritivores. Ces arthropodes prédateurs et parasitoïdes sont qualifiés d'auxiliaires lorsqu'ils se nourrissent des ravageurs de la culture. (4) Les arthropodes prédateurs supérieurs et hyperparasitoïdes mangent des prédateurs et parasitoïdes. En vergers de manguiers, la grande majorité des espèces de fourmis sont considérées comme omnivores puisqu'elles peuvent s'alimenter de plantes et d'autres arthropodes, qu'ils soient herbivores, détritivores ou prédateurs.

L'évolution de deux de ces groupes fonctionnels est intéressante dans une perspective de lutte biologique de conservation. Les arthropodes prédateurs et parasitoïdes représentent des auxiliaires potentiels. Les herbivores non nuisibles constituant des proies alternatives pour les prédateurs. Nous supposons que la richesse spécifique et l'abondance de ces deux communautés d'arthropodes seraient supérieures dans les parcelles avec les pratiques agroécologiques que dans les parcelles avec les pratiques agrochimiques.

- CIRAD**
UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France
- ARMEFLHOR**
1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France
- INSECTARIUM DE LA RÉUNION**
97420 Le Port, La Réunion, France
- CIRAD**
Persyst UPR GECO, CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica

Matériel et méthodes

▼ PÉRIODE ET LOCALISATION DE L'ÉTUDE

Les échantillonnages ont eu lieu pendant 2 ans, de 2012 à 2013, dans les vergers de 10 exploitations agricoles appartenant au réseau Biophyto (www.biophyto.org). Pour chacune de ces exploitations, les suivis des communautés d'arthropodes sont effectués sur deux parcelles voisines de taille semblable.

Sur les 10 couples de parcelles étudiés :

- 2 couples de parcelles en agriculture biologique (exploitations F et M), qui n'ont pas fait l'objet de changement de pratiques de gestion de l'enherbement et de contrôle des organismes nuisibles.
- dans les 8 autres exploitations (B, C, E, G, H, K, L et N), chaque couple est composé de : (1) une parcelle « Biophyto » où les pratiques visant à favoriser l'abondance et la diversité des couvertures végétales sont mises en place. Des systèmes d'irrigations par micro-aspersion y sont également mis en place et le semis d'espèces herbacées. De plus, dans ces parcelles aucun traitement insecticide et herbicide n'est appliqué. (2) une parcelle « Témoin » dans laquelle l'agriculteur est libre de ses pratiques de gestion de l'enherbement. Les exploitations B et E n'ont pas été prises en compte dans l'analyse puisqu'elles présentent : soit des problèmes d'irrigation dans la parcelle Biophyto (E), soit un problème de gestion agronomique de la parcelle Témoin (B).

Le changement de pratiques de gestion de l'enherbement dans les parcelles Biophyto a été opéré dans le dernier trimestre 2012. L'arrêt des traitements insecticides a été effectué dès début 2012.

Nous discuterons des résultats pour les 6 couples de parcelles présentant un dispositif expérimental Biophyto (C, G, H, K, L et N).

▼ ÉCHANTILLONNAGES DES ARTHROPODES

Arthropodes de la surface du sol

Les pièges à fosse permettent d'échantillonner les arthropodes se déplaçant à la surface du sol. Chaque piège est constitué d'un pot en plastique de 750 ml disposé verticalement dans le sol et dont l'extrémité apicale ouverte se situe légèrement en dessous de la surface du sol. Le liquide de piégeage (300 ml) est constitué de 70 % d'eau salée à une concentration proche de la saturation et de 30 % de glycérol. Le nombre de pièges est proportionnel à la taille de la parcelle (de 900 à 3 000 m²). Les pièges sont disposés dans le verger de manguiers (espacement minimum de 5 m), en tenant compte de l'hétérogénéité intraparcélaire, soit avec distinction de deux zones : l'inter-rang et le rang.

Arthropodes des couvertures végétales

L'ombre des arbres et l'application de glyphosate sur le rang des manguiers (dans les pratiques habituelles) créent une hétérogénéité dans l'enherbement parallèle au rang. L'inter-rang est enherbé, tandis que le rang (sous les manguiers) l'est pas ou peu. Pour prendre en compte cette hétérogénéité, des aspirations au DVac sont réalisées sur segments perpendiculaires à l'axe des rangs, sur la surface du sol (avec présence ou non de plantes). La moitié des segments ont pour origine et fin le pied des arbres et l'autre moitié l'espace inter-arbre. L'expérimentateur aspire sur la longueur de ce segment à une vitesse régulière correspondant à 10 s pour 10 mètres linéaires. La longueur de chaque segment correspond à l'écartement inter-rang. L'unité d'échantillonnage est le segment. Les arthropodes et les débris aspirés sont récupérés dans des filets individualisés. La longueur totale échantillonnée est proportionnelle à la taille de la parcelle.

▼ ESTIMATION DE LA RICHESSE SPÉCIFIQUE ET L'ABONDANCE DES NIVEAUX TROPHIQUES

L'identification des arthropodes capturés permet la quantification des individus de chaque espèce, pour chaque échantillon élémentaire issu des 2 types d'échantillonnages. L'estimation de la richesse spécifique et l'abondance des arthropodes à l'échelle de la parcelle, selon leur niveau trophique, prennent en compte cette particularité. D'après la méthode utilisée par Longino *et al.* (2002), (1) nous réaliserons un sous-échantillonnage aléatoire parmi l'ensemble des échantillons d'une parcelle, avec le même nombre de sous-échantillons tirés pour chaque technique. Ainsi la proportionnalité de la représentation des méthodes d'échantillonnage ne change pas avec l'augmentation de l'effort d'échantillonnage ; (2) la richesse spécifique extrapolée sera calculée sur les sous-échantillons avec l'estimateur Chao2. Le sous-échantillonnage et les calculs seront répétés plusieurs fois par parcelle afin d'obtenir la richesse spécifique extrapolée moyenne, l'effectif moyen et leurs erreurs types.

Résultats

Les analyses sont basées sur les 34 738 arthropodes récoltés, de 469 espèces différentes. Les résultats présentés concernent uniquement les 6 exploitations du réseau Biophyto comprenant le dispositif « normal » (C, G, H, K, L et N).

▼ ARTHROPODES HERBIVORES

Abondance

On distingue trois cas de figure quant à l'évolution de l'abondance des arthropodes herbivores sur les deux années :

- en 2012, dans l'exploitation G (Figure 1), l'abondance des arthropodes herbivores est significativement supérieure dans la parcelle Biophyto que dans la parcelle Témoin. Puis, en 2013, l'abondance des arthropodes herbivores est significativement supérieure dans la parcelle Témoin que dans la parcelle Biophyto.
- exploitations C, H (Figure 1), K et L: il n'existe pas de différence d'abondance en herbivores entre les parcelles

Biophyto et Témoin en 2012. Puis, en 2013, l'abondance des herbivores en parcelle Biophyto est significativement supérieure à celle en parcelle Témoin.

- en 2012, dans l'exploitation N (Figure 1), l'abondance des arthropodes herbivores est significativement plus élevée en parcelle Témoin. Puis, en 2013, la parcelle Biophyto présente une abondance significativement plus grande.

Figure 1 Moyennes \pm erreurs-types et résultats des tests de comparaison des moyennes multiples pour l'abondance des arthropodes herbivores pour les parcelles de 3 vergers de manguiers en 2012 et 2013.

Les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes au seuil $\alpha = 5\%$ pour le test de comparaison de moyennes multiples de Tukey. Bio = parcelle Biophyto ; Tem = parcelle Témoin

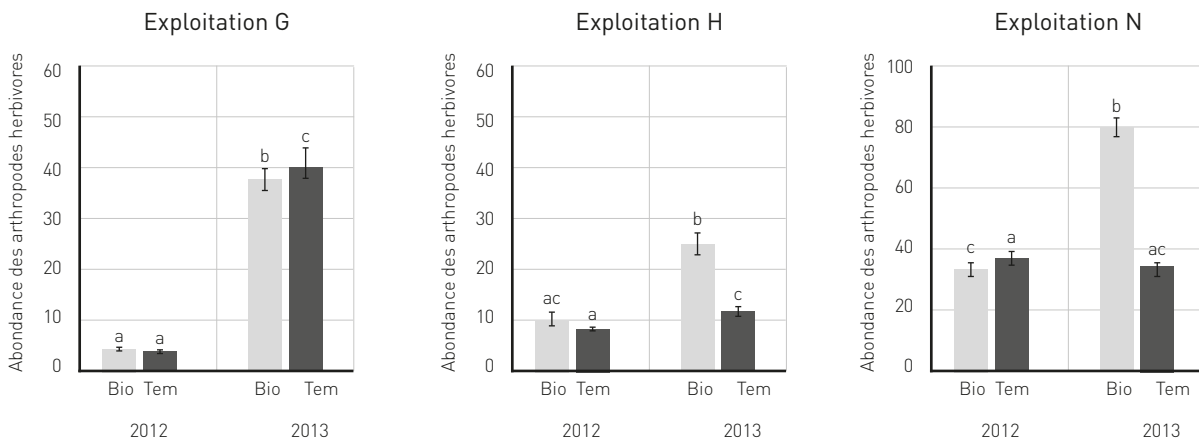


Figure 2 Moyennes \pm erreurs-types et résultats des tests de comparaison des moyennes multiples pour la richesse spécifique des arthropodes herbivores pour les parcelles de 3 vergers de manguiers en 2012 et 2013.

Les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes au seuil $\alpha = 5\%$ pour le test de comparaison de moyennes multiples de Tukey. Bio = parcelle Biophyto ; Tem = parcelle Témoin

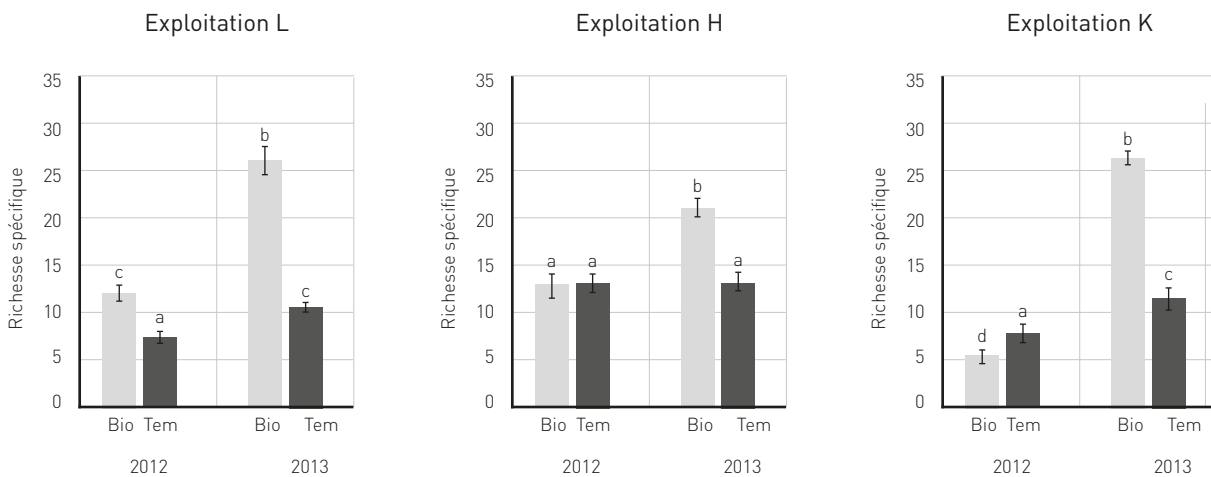
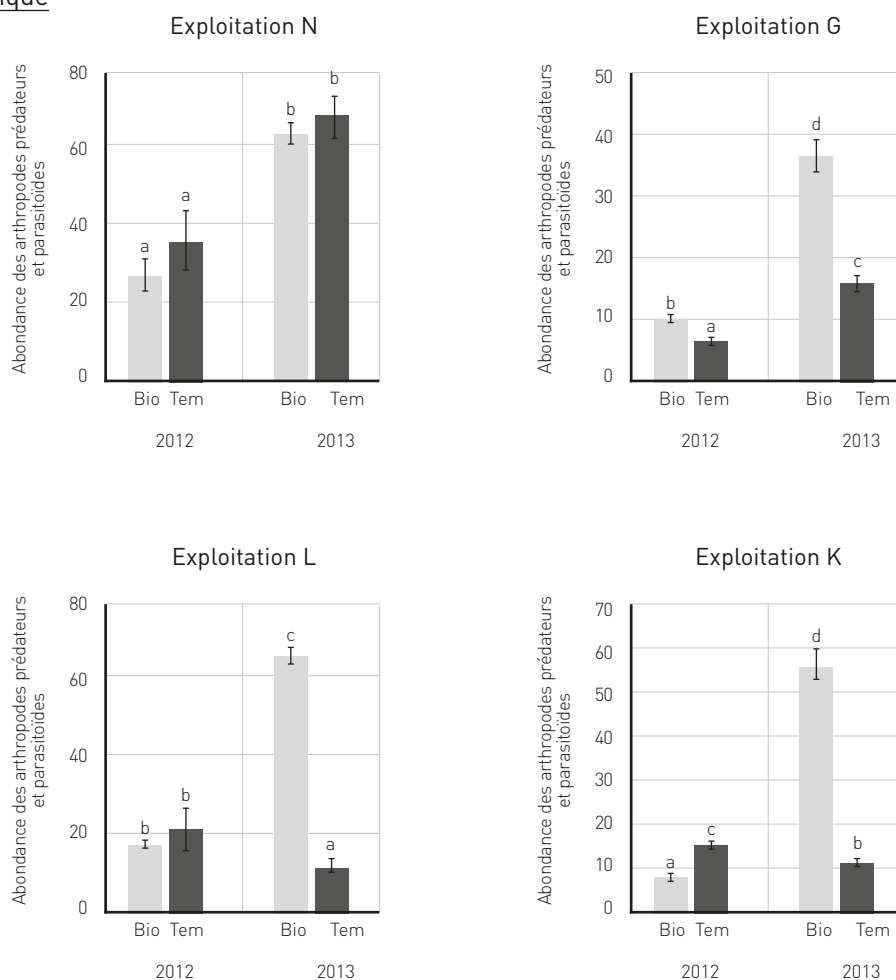


Figure 3 Moyennes \pm erreurs-types et résultats des tests de comparaison des moyennes multiples pour l'abondance des arthropodes prédateurs et parasitoïdes pour les parcelles de 4 vergers de manguiers en 2012 et 2013.

Les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes au seuil $\alpha = 5\%$ pour le test de comparaison de moyennes multiples de Tukey. Bio = parcelle Biophyto ; Tem = parcelle Témoin

Richesse spécifique



On distingue trois cas de figure quant à l'évolution de la richesse spécifique en arthropodes herbivores sur les deux années :

- exploitation L (Figure 2) : la parcelle Biophyto présente une richesse spécifique en herbivore significativement supérieure en 2012, supériorité confirmée et accrue en 2013 (Figure 1).
- exploitations C, G (Figure 2), H et N : il n'existe pas de différence dans la richesse spécifique en herbivores entre

- les parcelles Biophyto et Témoin en 2012. Puis, en 2013, la richesse spécifique en herbivores dans la parcelle Biophyto est significativement supérieure à celle en parcelle Témoin.
- en 2012, dans l'exploitation K (Figure 2), la richesse spécifique en arthropodes herbivores est significativement plus élevée en parcelle Témoin. Puis, en 2013, la parcelle Biophyto présente une richesse spécifique plus grande.

▼ ARTHROPODES PRÉDATEURS ET PARASITOÏDES

Abondance

On distingue quatre cas de figure quant à l'évolution de l'abondance des arthropodes prédateurs et parasitoïdes sur les deux années :

- exploitation N (Figure 3) : l'abondance des arthropodes prédateurs et parasitoïdes est similaire en parcelle Biophyto et en parcelle Témoin pour chacune des deux années.
- exploitation G (Figure 3) : la parcelle Biophyto présente déjà une abondance en prédateurs et parasitoïdes significativement supérieure en 2012, supériorité confirmée et accrue en 2013.

- exploitation C et L (Figure 3) : il n'existe pas de différence d'abondance en prédateurs et parasitoïdes entre les parcelles Biophyto et Témoin en 2012. Puis, en 2013, l'abondance des prédateurs et parasitoïdes en parcelle Biophyto est significativement supérieure à celle en parcelle Témoin.
- en 2012, dans les exploitations H et K (Figure 3), l'abondance des arthropodes prédateurs et parasitoïdes est significativement plus élevée en parcelle Témoin. Puis, en 2013, les parcelles Biophyto présentent une abondance plus grande.

Richesse spécifique

On distingue trois cas de figure quant à l'évolution de la richesse spécifique en arthropodes prédateurs et parasitoïdes sur les deux années :

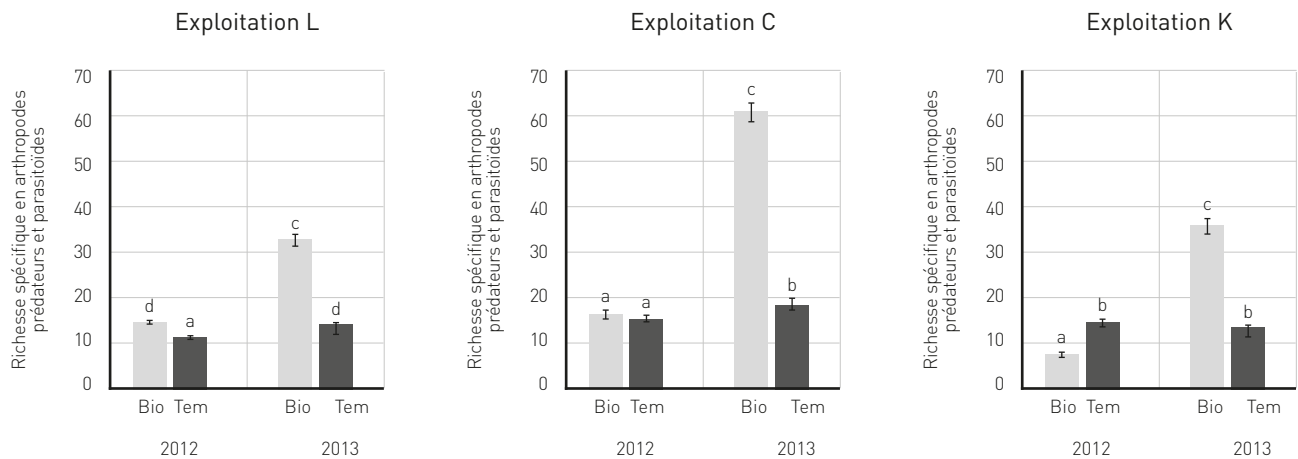
- exploitation L (Figure 4) : la parcelle Biophyto présente une richesse spécifique en prédateurs et parasitoïdes significativement supérieure en 2012, supériorité confirmée et accrue en 2013.
- exploitation C, G (Figure 4) et N : il n'existe pas de différence dans la richesse spécifique en prédateurs et parasitoïdes entre les parcelles Biophyto et Témoin en 2012. Puis, en

2013, la richesse spécifique en prédateurs et parasitoïdes dans la parcelle Biophyto est significativement supérieure à celle en parcelle Témoin.

- en 2012, dans les exploitations H et K (Figure 4), la richesse spécifique en arthropodes prédateurs et parasitoïdes est significativement plus élevée en parcelle Témoin. Puis, en 2013, les parcelles Biophyto présentent une richesse spécifique plus grande.

Figure 4. Moyennes \pm erreurs-types et résultats des tests de comparaison des moyennes multiples pour la richesse spécifique des arthropodes prédateurs et parasitoïdes pour les parcelles de 3 vergers de manguiers en 2012 et 2013.

Les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes au seuil $\alpha = 5\%$ pour le test de comparaison de moyennes multiples de Tukey. Bio = parcelle Biophyto ; Tem = parcelle Témoin



Discussion

En 2012, dans les parcelles Biophyto, l'abondance et la richesse spécifique des deux niveaux trophiques étudiés ne semblent pas bénéficier de l'arrêt des traitements insecticides ayant eu lieu quelques semaines auparavant. En 2013, dans les 6 couples de parcelle étudiés, les pratiques agroécologiques mises en place permettent le développement d'une plus grande richesse spécifique en arthropodes herbivores et en arthropodes prédateurs et parasitoïdes que les pratiques « habituelles » des producteurs. Concernant l'abondance des arthropodes herbivores et des arthropodes prédateurs et parasitoïdes, les pratiques agroécologiques permettent une augmentation dans 5 cas sur 6.

La gestion d'un enherbement abondant et diversifié, conjointement à l'arrêt des traitements insecticides, favorisent donc l'existence de communautés d'arthropodes plus abondantes et diversifiées que les pratiques conventionnelles. 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).

L'étude des communautés d'arthropodes à l'échelle de groupes fonctionnels aussi large reste d'une faible précision. Ces résultats, intéressants pour comprendre le fonctionnement des agroécosystèmes, ne permettent pas de mettre en évidence un contrôle biologique. Les confirmations des déterminations par les spécialistes et la réalisation d'étude des réseaux trophiques (par isotopes stables) nous permettront de classer toutes les espèces dans des groupes trophiques. Nous pourrions ainsi rassembler les espèces biologiques qui ont les mêmes types de consommateurs et de ressources (Briand et Cohen, 1984). La distinction des différents groupes d'auxiliaires et de ravageurs, nous permettra d'évaluer plus précisément l'effet des pratiques agroécologiques sur la biodiversité fonctionnelle. En parallèle, la mesure du taux de prédation par des expériences de proies sentinelles dans les parcelles, nous donnera des indications sur le potentiel de régulation des organismes nuisibles.

Références bibliographiques

- Briand F., Cohen J. E., 1984. Community food webs have scale-invariant structure. *Nature*, 307,264-267.
- Eilenberg J., Hajek A., Lomer C., 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biological Control*, 46, 387-400.
- Longino J., Coddington J. A., Colwell R. K., 2002. The ant fauna of a tropical rainforest: estimating species richness three different ways. *Ecology*, 83, 689-702.
- 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 (3), 746-755.

Questions / Réponses

► **L. Le Jeanne** : Avez-vous évalué l'impact du mode de gestion du couvert végétal (exemple les fauches) sur les abondances de communautés d'arthropodes et de parasitoïdes ?

M. Jacquot : On teste l'impact de la constitution des couvertures végétales sur les communautés d'arthropodes. On ne teste pas directement l'impact de la fauche dans les analyses présentées. Mais nous le testerons ultérieurement.

> Effet des couvertures végétales, des pratiques culturales et du paysage sur les arthropodes prédateurs épigés dans les vergers de manguiers à La Réunion

M. JACQUOT¹ | M. TENAILLEAU² | F. CHIROLEU¹ | C. GIRAUD-CARRIER¹ | M.-L. MOUTOUSSAMY¹ | C. AJAGUIN SOLEYEN¹ | J.-P. DEGUINE¹
jean-philippe.deguine@cirad.fr

Résumé

Connaître les facteurs régissant la biodiversité des agroécosystèmes est nécessaire pour mieux évaluer ses services potentiels. L'étude vise à mettre en relation la diversité végétale intra-parcellaire, le mode de pratiques culturales et le contexte paysager, avec la diversité des arthropodes prédateurs terrestres. Cette étude a été menée en vergers de manguiers à La Réunion en période de récolte (mars 2012). Les résultats montrent que la diversité des prédateurs est influencée par des facteurs à trois échelles différentes : (1) la richesse spécifique végétale intra-parcellaire favorise l'équité des communautés de prédateurs ; (2) les pratiques agricoles les plus modérées, dont celles de l'Agriculture Biologique, engendrent une richesse spécifique plus élevée que les pratiques « conventionnelles » à base d'applications de pesticides ; (3) un contexte paysager hétérogène et fragmenté assure une richesse spécifique élevée.

Mots-clés : lutte biologique de conservation, communautés de prédateurs, pratiques culturales, paysage, manguiers, La Réunion

Introduction

Dans les écosystèmes cultivés, les pratiques culturales évoluent pour favoriser la biodiversité, pour qu'elle contribue à assurer ses différents services, comme dans les écosystèmes naturels. La technique de lutte biologique par conservation exploite l'un des services les plus attendus : le contrôle des organismes nuisibles à l'espèce cultivée. Son principe est d'augmenter le contrôle des nuisibles en favorisant la diversité et l'abondance de leurs ennemis naturels : arthropodes prédateurs et parasitoïdes (Eilenberg *et al.*, 2001). Ce principe est corroboré par les résultats de la méta-analyse de Cardinale *et al.* (2006) qui démontrent que plus un groupe trophique est riche en espèces, plus son abondance et sa biomasse seront importantes et pourront ainsi conduire à l'épuisement de sa ressource.

Des facteurs à différentes échelles sont connus pour influencer la diversité des organismes prédateurs et parasitoïdes. À l'échelle des communautés, ils se situent aux troisièmes niveaux trophiques, au-dessus des herbivores, eux même au-dessus des producteurs primaires : les plantes. L'augmentation de la

richesse spécifique (RS) en plantes a des effets ascendants sur les niveaux trophiques supérieurs. Elle augmente l'abondance et la RS des groupes trophiques des niveaux supérieurs (Scherber *et al.*, 2010). À l'échelle de l'agroécosystème, les pratiques culturales ont également des effets sur les communautés, dont celles des prédateurs et parasitoïdes. La majorité des études compare les effets des pratiques de l'agriculture « conventionnelle », à celles de l'agriculture biologique où l'usage des produits biocides est limité. La méta-analyse de Tuck *et al.* (2014) montre que dans les parcelles conduites en Agriculture Biologique (AB), la RS des groupes fonctionnels augmente en moyenne de 30 % (10 % pour les prédateurs). Cette méta-analyse intègre aussi l'effet du contexte paysager dans lequel l'agroécosystème est situé. Elle montre que cet effet positif des pratiques AB est plus fort lorsque le contexte paysager présente une grande proportion de cultures. Lorsque l'effet du paysage est considéré séparément, Chaplin-Kramer *et al.* (2011) ont montré par leur méta-analyse que les ennemis naturels des nuisibles répondent à la complexité du paysage en fonction de leur degré de généralisme. La diversité et l'abondance des prédateurs et parasitoïdes généralistes sont positivement influencés par cette complexité, à toutes les échelles de paysage (200-3 000 m autour des parcelles).

À La Réunion, la lutte biologique de conservation est mise en place dans les agroécosystèmes à base de manguiers. Elle nécessite d'identifier des leviers d'actions adaptés au contexte local. Compte tenu de cette problématique, l'objectif de la présente étude est de mettre en relation la diversité des arthropodes prédateurs épigés avec différents facteurs. Nous avons donc focalisé nos travaux selon l'hypothèse que la richesse et la diversité des communautés d'arthropodes prédateurs seraient favorisées par : i) la richesse spécifique de la végétation adventice des vergers, ii) le niveau d'intensité des pratiques agricoles dans l'agroécosystème (pratiques phytosanitaires, gestion de la végétation adventice) et iii) l'hétérogénéité et la fragmentation du paysage dans lequel est situé chaque verger.

1. CIRAD
UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France
2. ARMEFLHOR
1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

Matériels et Méthodes

▼ LOCALISATION DE L'ÉTUDE

L'étude a été conduite sur la côte Ouest de l'île de La Réunion, côte sous le vent, offrant un climat relativement propice à la culture de la mangue (Vincenot et Normand, 2009). La région d'étude intègre les communes de Saint-Paul, principale zone de production, et celles des Avirons et de Saint-Pierre, localités plus urbanisées et dominées par la culture de la canne à sucre. Les vergers de douze exploitations agricoles ont été sélectionnés. Pour chacune de ces exploitations, les suivis de la diversité végétale et animale sont effectués sur deux parcelles voisines de taille semblable. La surface des parcelles est comprise entre 900 et 2 000 m².

▼ INVENTAIRE DES ARTHROPODES ÉPIGÉS

Le piégeage de la faune a été réalisé pendant la période de maturité des fruits des manguiers, entre le 1^{er} et le 14 mars 2012. Dans chaque parcelle suivie, 12 pièges à fosses (pitfall traps) ont été répartis selon 4 emplacements : dans le rang sous la canopée, dans le rang entre deux arbres, dans l'inter-rang entre 4 arbres et dans l'inter-rang entre 2 arbres. Chaque piège est constitué d'un pot disposé verticalement dans le sol et dont l'extrémité apicale ouverte se situe légèrement en dessous de la surface du sol pour que le bord du piège ne constitue pas un obstacle pour les arthropodes épigés. L'ouverture est de 12 cm de diamètre et ils sont protégés des précipitations météorologiques par un toit circulaire transparent en polypropylène alimentaire. Le liquide de piégeage est constitué de 70 % d'eau concentrée à saturation de sel et de 30 % de glycérol.

▼ INVENTAIRE FLORISTIQUE

La richesse spécifique des espèces végétales présentes a été mesurée courant mars 2012 pour chaque parcelle, à l'aide de la clé d'identification AdvenRun (Le Bourgeois *et al.*, 1999). Afin que l'effort d'échantillonnage soit similaire entre les parcelles, les déterminations ont été réalisées dans 4 zones circulaires de 1 m² disposés aléatoirement (Stohlgren, 2007), pour chacune des deux modalités rang et inter-rang.

▼ PRATIQUES CULTURALES

Les interventions culturales en vergers de manguiers visent à gérer les organismes adventices (plantes) et nuisibles (insectes, bactéries...). Selon les exploitants, la gestion de la végétation adventice diffère en termes de surface traitée (de 0 à 100 % de la parcelle) et de fréquence d'application de glyphosate, ainsi que de la fréquence de fauchage. Les traitements phytosanitaires insecticides et fongicides varient eux aussi, en fonction de la fréquence et de la nature des substances actives utilisées. La mesure de l'ensemble de ces variables sur l'année de production 2011-2012 a été effectuée pour regrouper les parcelles selon leur mode de gestion agricole.

▼ HÉTÉROGÉNÉITÉ ET FRAGMENTATION DU PAYSAGE

L'utilisation du logiciel de système d'information géographique ArcGis et des photographies aériennes IGN de 2008 a permis de cartographier le paysage, avec une vérification *in situ* (mars et avril 2012). Les polygones attribuant les différents types d'habitats ont été dessinés dans une zone tampon de 400 m de diamètre.

Les données recueillies ont ainsi permis de calculer les caractéristiques de la matrice paysagère : l'hétérogénéité par la richesse et la diversité des patches, le pourcentage de chacune de ces 3 catégories d'habitat et les zones de transition écologique. Ces dernières correspondent au milieu existant entre deux habitats et ont été calculées comme la somme des périmètres de tous les polygones d'une zone tampon, divisée par deux, car les périmètres sont comptés 2 fois. La fragmentation de l'habitat que nous étudions, c'est-à-dire l'ensemble des vergers de manguiers, a été évaluée avec quatre mesures (Bogaert *et al.*, 2000) : la surface totale, la surface moyenne et le périmètre total des vergers, et la distance moyenne au verger de manguiers le plus proche.

▼ ANALYSES STATISTIQUES

L'ensemble des analyses ont été réalisées avec le logiciel R (R core Team, 2014). Tous les tests statistiques ont été effectués au seuil de 5 %.

Mesures de la diversité

Nous avons utilisé deux mesures pour comparer les communautés : la richesse spécifique et l'équitabilité. La richesse spécifique est a priori la description la plus simple : le nombre total d'espèces présentes (May, 1975). Dans la présente étude, nous avons évalué la richesse spécifique à l'aide de l'estimateur de Chao de deuxième ordre (Magurran, 2004). L'indice d'équitabilité indique la distribution du nombre d'individus selon les espèces. L'indice d'équitabilité de Pielou, utilisé dans la présente étude, peut varier de 0 à 1 : plus il tend vers 1, plus les espèces ont une abondance identique au sein de l'échantillon étudié.

Relation entre diversité végétale et diversité des arthropodes

L'effet de la richesse spécifique florale sur la richesse spécifique et l'équitabilité des communautés de prédateurs ont été testés par régression linéaire.

Partitionnement des données agronomiques et paysagères

À partir des variables définissant les pratiques agricoles ou le paysage, des distances euclidiennes entre les parcelles ont été calculées pour permettre leur regroupement. Pour

chacun des 2 ensembles de variables, un partitionnement a été effectué par une « analyse floue ».

Caractérisation des groupes de paysages ou de pratiques culturelles

Pour chaque partition, la description des groupes a été réalisée en mesurant l'effet de l'appartenance à un groupe sur chacune des variables utilisées pour le partitionnement, via une analyse de variance. En cas d'effet significatif de l'appartenance à un groupe, un test de comparaison des moyennes multiples de Tukey a été réalisé.

L'effet de l'appartenance à un groupe sur la richesse spécifique et l'équitabilité de la communauté ont été étudiés via une analyse de variance. En cas d'effet significatif de l'appartenance à un groupe, un test de comparaison des moyennes multiples (Tukey) a été réalisé.

Résultats

▼ COMPOSITION DE LA COMMUNAUTÉ D'ARTHROPODES PRÉDATEURS

Sur les 83 181 individus récoltés, 65 124 ont été identifiés comme appartenant à ces familles prédatrices. La diversité de la communauté des arthropodes prédateurs terrestres épi-gés piégés a été évaluée pour les espèces de Formicidae, Coccinellidae, Carabidae et les morphotypes des différentes familles d'Araneae.

Les communautés de prédateurs terrestres sont dominées en termes d'individus par les fourmis avec les deux espèces les plus capturées : *Pheidole megacephala* Fabricius et *Solenopsis geminata* Fabricius. Les araignées ont été capturées en moins grand nombre, mais ce sont les plus diversifiées avec 37 morphotypes appartenant à 12 familles : Agelenidae, Corinnidae, Gnaphosidae, Lycosidae, Mimetidae, Oxyopidae, Oonopidae, Pholcidae, Salticidae, Scytodidae, Theridiidae et Zodariidae. Deux espèces de Carabidae et trois espèces de Coccinellidae ont pu être identifiées.

▼ RELATION ENTRE DIVERSITÉ VÉGÉTALE ET DIVERSITÉ DES ARTHROPODES

La régression linéaire réalisée dans le but de mettre en évidence la relation entre la richesse spécifique du peuplement végétal intra-parcellaire avec la diversité de la communauté de prédateurs ne révèle pas de corrélation significative entre richesse spécifique végétale et richesse spécifique des prédateurs terrestres. Par contre, il existe une corrélation positive entre richesse des espèces végétales adventices en vergers de manguiers et l'équitabilité de la communauté étudiée ($P = 0,002$, $r^2 = 0,316$).

▼ EFFET DES PRATIQUES AGRICOLES

Partitionnement et description des groupes

L'application de la méthode de regroupement des données sur les 13 variables explicatives a permis de distinguer 4 groupes de parcelles. Trois d'entre eux ont un effectif suffisant pour effectuer l'analyse statistique. On peut classer ces groupes en allant des pratiques agricoles les plus modérées aux plus intensives : « Agriculture Biologique (AB) et pratiques modérées », « Agriculture avec insecticide AB et fongicide conventionnel » et « Agriculture avec insecticide conventionnel et fongicide AB ». Le groupe « Agriculture Biologique et pratiques modérées » rassemble les parcelles certifiées en Agriculture Biologique et celles présentant des fréquences de traitement modérées. Le groupe « Agriculture avec insecticide AB et fongicide conventionnel » est considéré d'intensité intermédiaire puisque la majorité des insecticides utilisés est homologuée en AB, malgré l'utilisation d'une famille de fongicides, non homologués en AB. En dernier lieu, le groupe « Agriculture avec insecticide conventionnel et fongicide AB » est classé comme le plus intensif, compte tenu de l'utilisation d'insecticides non homologués en AB, malgré l'utilisation du cuivre comme fongicide.

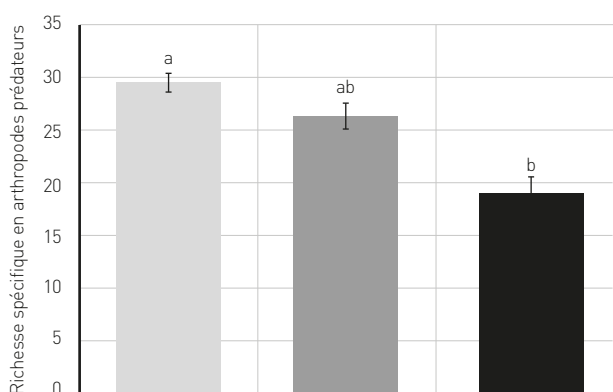
Pratiques agricoles et diversité des arthropodes

L'analyse de variance montre un effet significatif de l'appartenance à un groupe sur la richesse spécifique de la communauté ($F = 4,94$, $P = 0,019$). La réalisation du test de Tukey (Figure 1) selon les 3 groupes définis ci-dessus, révèle que les parcelles en « Agriculture Biologique et pratiques modérées » ont une richesse spécifique significativement supérieure à celles en « Agriculture avec insecticide conventionnel et fongicide AB » ($t = -3,141$, $P = 0,014$). Il n'existe pas de différences significatives en termes de richesse spécifique des communautés de prédateurs entre les autres groupes de pratiques culturelles.

Figure 1 Moyennes \pm erreurs-types et résultats des tests de comparaison des moyennes multiples de la richesse spécifique des arthropodes prédateurs pour chacun des types de pratiques culturales.

Les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes au seuil $\alpha = 5\%$ pour le test de comparaison de moyennes multiples de Tukey. n = nombre de parcelles ; AB = Agriculture Biologique.

- Agriculture Biologique et agriculture avec pratiques modérée (n=11)
- Agriculture avec insecticide homologué en AB et fongicide conventionnel (n=5)
- Agriculture avec insecticide conventionnel et fongicide homologué en AB (n=6)



L'analyse de variance n'a montré aucun effet significatif de l'appartenance à un groupe sur l'équitabilité de la communauté.

▼ EFFET DU CONTEXTE PAYSAGER

Partitionnement des données

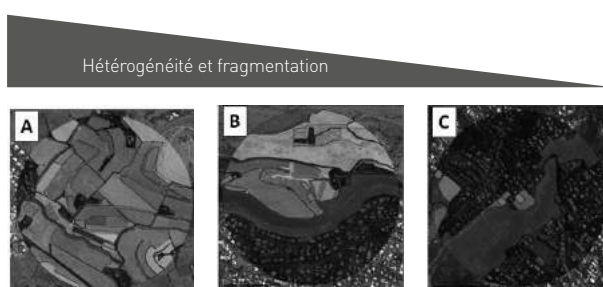
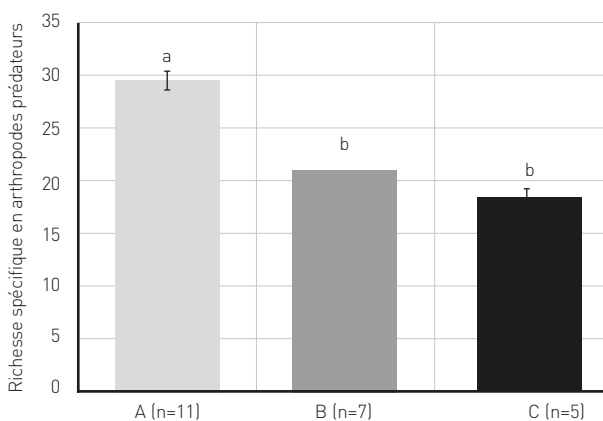
Les données des 15 variables ont permis de répartir les parcelles suivies en trois groupes. Les parcelles du groupe A ont en moyenne un contexte paysager plus riche en habitats et plus fragmenté, avec des écotones plus importants que les deux autres. Outre ces deux variables, le groupe B diffère du groupe A par une surface moyenne des vergers de manguiers plus grande, correspondant à une fragmentation plus faible de l'habitat étudié et le groupe C diffère du groupe A par une plus forte proportion de bâtis et une moins grande proportion de cultures. Le groupe C diffère des deux autres groupes par une plus faible richesse en habitats semi-naturels.

Paysage et diversité des arthropodes

Les analyses statistiques montrent que la richesse spécifique des arthropodes prédateurs est différente selon les types de paysage ($F = 14,00$, $P < 0,001$), alors que l'équitabilité de la communauté n'est pas influencée. La richesse spécifique moyenne des parcelles du groupe A est significativement supérieure à celle du groupe B ($t = -4,675$, $P < 0,001$) et du groupe C ($t = -3,880$, $P = 0,002$) (Figure 2).

Figure 2 Moyennes \pm erreurs-types et résultats des tests de comparaison des moyennes multiples de la richesse spécifique des arthropodes prédateurs pour chaque type de contexte paysager.

Les moyennes avec une lettre différente de groupe sont significativement différentes au seuil $\alpha = 5\%$ pour le test de comparaison de moyennes multiples de Tukey. n = nombre de parcelle.



Discussion

▼ LA RICHESSE SPÉCIFIQUE DES PLANTES FAVORISE L'ÉQUITABILITÉ DES COMMUNAUTÉS DE PRÉDATEURS

La présence d'une végétation adventice peu diversifiée dans les vergers de manguiers réduit l'équitabilité dans la communauté de prédateurs terrestres. Une étude en agroécosystèmes de caféiers a montré des résultats similaires : une baisse significative de la diversité des espèces de fourmis accompagnant une baisse de la diversité végétale (Perfecto et Snelling, 1995). Dans notre étude, il est intéressant de noter que la richesse en espèces végétales influence significativement l'équitabilité entre espèces arthropodes et non la richesse spécifique. En effet, une végétation diversifiée offre une structure plus complexe qui limiterait les interactions intra-communautés ou permettrait aux prédateurs les moins compétitifs de trouver des ressources alternatives, autant de processus limitant la présence d'espèces dominantes. À l'inverse, la présence d'une espèce fortement compétitrice pourrait exclure des espèces prédatrices efficaces dans le contrôle du ou des herbivores, réduisant ainsi la communauté végétale aux espèces les plus compétitives. Dans les vergers de manguiers réunionnais, ce phénomène pourrait être imputable à deux espèces de fourmis invasives : *P. megacephala* et *S. geminata*. Leur dominance dans les habitats qu'elles envahissent est attribuée à leurs

capacités exceptionnelles de prédation (Dejean *et al.*, 2007). Elles ont alors un impact sur la diversité des autres prédateurs (Vanderwoude *et al.*, 2000), par la compétition directe et la prédation intra-communautaire (Holway *et al.*, 2002). L'abondance de la « fourmi de feu », *S. geminata*, est même connue pour être négativement corrélée à l'abondance des autres espèces de fourmis (Perfecto et Vandermeer, 1996).

▼ L'INTENSITÉ DES PRATIQUES AGRICOLES AFFECTE LA RICHESSE SPÉCIFIQUE DES PRÉDATEURS

Dans notre étude, les vergers de manguiers en « Agriculture Biologique et pratiques modérées » possèdent une richesse spécifique de prédateurs terrestres épigés supérieure aux parcelles en « Agriculture avec insecticide conventionnel et fongicide AB ». Ce résultat concorde avec les connaissances concernant les principaux membres de la communauté étudiée : araignées et fourmis. L'intensification des pratiques agricoles dans les agroécosystèmes tropicaux (cacaoyer, caféier) est connue pour diminuer la richesse et la diversité des espèces de fourmis fourrageant au sol (Philppott et Armbrrecht, 2006). Les résultats sont plus contrastés dans les études ciblant les araignées, composante importante de la richesse de notre communauté, alors que des effets positifs sur la richesse spécifique sont connus dès lors que l'on prend en compte différentes cultures (Batary *et al.*, 2012 ; Downie *et al.*, 1998). Au sein d'un même type d'agroécosystème tempéré, une intensité agricole croissante aurait des effets positifs (Tahir *et al.*, 2009) sur la diversité des prédateurs, ou une absence d'effet (Clough *et al.*, 2005).

▼ UN PAYSAGE HÉTÉROGÈNE ET FRAGMENTÉ EST FAVORABLE À LA RICHESSE SPÉCIFIQUE DES PRÉDATEURS

Les paysages hétérogènes et fragmentés, comportant donc des zones importantes de transition écologique (type A), sont bénéfiques à la richesse spécifique des arthropodes prédateurs terrestres épigés dans les vergers suivis. Ils présentent en moyenne 30,7 espèces de prédateurs, alors que les localités où l'utilisation anthropique de l'espace engendre un paysage plus homogène, avec de grands patches, ont une richesse spécifique moyenne significativement plus faible (21,4 et 18,2). Cet effet est concordant avec la méta-analyse de Bianchi *et al.* (2006), révélant que dans 74 % des études, la plupart des populations d'arthropodes prédateurs sont fortement influencées par un paysage complexe, fragmenté et possédant une grande proportion d'habitats non cultivés. L'effet est connu plus en détail pour les ordres d'arthropodes que l'on retrouve dans les vergers de manguiers. Par exemple, Schmidt *et al.* ont montré en 2008 qu'un paysage hétérogène, avec une forte proportion d'habitats non cultivés, assurait une richesse spécifique élevée des araignées en culture tempérée comme Perfecto et Vandermeer (2002) pour les fourmis en cultures de caféier. Dans notre cas, cette importance des habitats non cultivés (friches et habitats naturels) n'est pas discernable de l'influence des autres variables à partir desquelles le partitionnement a été conduit.

▼ PERSPECTIVES : AUGMENTER LA RÉOLUTION ET ÉTUDIER LES RÉSEAUX TROPHIQUES

Mieux comprendre comment les communautés végétales affectent la diversité des prédateurs, par les ressources nutritives et structurelles qu'elles représentent, nécessite une caractérisation plus fine de ce niveau trophique. Les mesures du pourcentage de recouvrement de chaque espèce le long de transects, permettraient de mieux préciser leur équitabilité et leur diversité (Petchey et Gaston, 2005).

Les approches taxonomiques peuvent limiter les informations relatives à la fonction des individus. Au sein de la communauté, les individus d'espèces prédatrices différentes peuvent avoir des fonctions identiques ; de même les individus d'une même espèce présentent des variations dans leur comportement et leur impact sur les proies (Sih *et al.*, 1998). Pour tenir compte de cette variabilité, Sih *et al.* (1998) proposent de considérer les types de prédateurs en espèces trophiques, chacune rassemblant les différents individus en fonction de leur régime alimentaire (leur proie) et de leurs prédateurs.

Conclusion

Notre étude à échelles multiples révèle que : i) la richesse spécifique des plantes favorise l'équitabilité de la communauté de prédateurs ; ii) l'intensité des pratiques agricoles affecte la richesse spécifique des prédateurs ; iii) un paysage hétérogène et fragmenté est favorable à la richesse spécifique des prédateurs.

C'est la première étude de ce genre dans un agroécosystème à La Réunion. C'est aussi la première de ce genre en culture de manguiers dans le monde. Qui plus est, il s'agit, à notre connaissance, de la première mise en évidence des effets de facteurs locaux et paysagers sur la diversité d'une même communauté d'arthropodes prédateurs terrestres épigés dans un agroécosystème tropical. Comme pour les études en zone tempérée, notre étude souligne l'importance de la diversité végétale, des pratiques agricoles et du contexte paysager.

L'impact favorable des facteurs locaux sur la diversité des ennemis naturels aux ravageurs des manguiers justifie les perspectives de lutte biologique de conservation, dans le cadre d'une approche agroécologique.

Références bibliographiques

- Batáry P., Holzschuh A., Orci K. M., Samu F., Tscharntke T., 2012. Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 146, 130-136.
- Bianchi F. J. J. A., Booij C. J. H., Tscharntke T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society*, 273, 1715-1727.
- Bogaert J., Van Hecke P., Van Eysenrode D. S., Impens I., 2000. Landscape fragmentation assessment using a single measure. *Wildlife Society Bulletin*, 28, 875-881.
- Cardinale B.J., Srivastava D. S., Duffy J. E., Wright J. P., Downing A. L., Sankaran M., Jousseau C., 2006. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature*, 443, 989-992.
- Chaplin-Kramer R., O'Rourke M. O., Blitzer E. J., Kremen C., 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology letters*, 14, 922-932.
- Clough Y., Kruess A., Tscharntke T., 2005. Organic versus conventional arable farming systems: Functional grouping helps understand staphylinid response. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118, 285-290.
- Dejean A., Kenne M., Moreau C. S., 2007. Predatory abilities favour the success of the invasive ant *Pheidole megacephala* in an introduced area. *Journal of Applied Entomology*, 131, 9-10.
- Downie I. S., Wilson W. L., Abernethy V. J., McCracken D. I., Foster G. N., Ribera I., Waterhouse A., Murphy K. J., 1999. The Impact of different agricultural land-uses on epigeal spider biodiversity in Scotland. *Journal of Insect Conservation*, 3, 273-286.
- Eilenberg J., Hajek A., Lomer C., 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biological Control*, 46, 387-400.
- Holway D. A., Lach L., Suarez A. V., Tsutsui N. D., Case T. J., 2002. The causes and consequences of ant invasions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33, 181-233.
- Le Bourgeois T., Jeuffrault E., Fabrigoule S., Blanchard E., Carrara A., Lefèvre H., Marnotte P., Pas N., Picard E., Trémel L., Wuster G., 1999. AdvenRun : Principales mauvaises herbes de La Réunion : description herbicides. Cirad, Montpellier, France, 123 p.
- May R. M., 1975. Patterns of species abundance and diversity. In: *Ecology and evolution of communities*. Harvard Univ. Press, Cambridge, 81-120.
- Magurran A. E., 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Scientific, Malden, 72-99.
- Perfecto I., Snelling R., 1995. Biodiversity and the Transformation of a Tropical Agroecosystem: Ants in Coffee Plantations. *Ecological Applications*, 5, 1084-1097.
- Perfecto I., Vandermeer J., 1996. Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. *Oecologia*, 108, 577-582.
- Perfecto I., Vandermeer, J., 2002. Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. *Conservation Biology*, 16, 174-182.
- Petchey O. L., Gaston K. J., 2005. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters*, 5, 402-411.
- Philpott S. M., Armbrrecht I., 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology*, 31, 369-377.
- Scherber C., Eisenhauer N., Weisser W. W., Schmid B., Voigt W., Fischer M., Schulze E. D., Roscher C., Weigelt A., Allan E., Bessler H., Bonkowski M., Buchmann N., Buscot F., Clement L. W., Ebeling A., Engels C., Halle S., Kertscher I., Klein A. M., Koller R., König S., Kowalski E., Kummer V., Kuu A., Lange M., Lauterbach D., Middelhoff C., Migunova V. D., Milcu A., Müller R., Partsch S., Petermann J. S., Renker C., Rottstock T., Sabais A., Scheu S., Schumacher J., Temperton V. M., Tscharntke T., 2010. Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature*, 468, 553-556.
- Schmidt M. H., Thies C., Nentwig W., 2008. Contrasting responses of arable spiders to the landscape matrix at different spatial scales. *Journal of Biogeography*, 35, 157-166.
- Sih A., Englund G., Wooster D., 1998. Emergent impacts of multiple predators on prey. *Trends in ecology and evolution*, 13, 350-355.
- Stohlgren T. J., 2007. *Measuring Plant Diversity*. Oxford University Press, New York, 389 p.
- Tahir H. M., Butt A., Sherawat S. M., 2009. Foraging strategies and diet composition of two orb web spiders in rice ecosystems. *Journal of Arachnology*, 37, 357-362.
- 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 (3), 746-755.

■ Vanderwoude C., De Bruyn L. A. L., House A. P. N., 2000. Response of an open-forest ant community to invasion by the introduced ant, *Pheidole megacephala*. *Austral Ecology*, 25, 253-259.

■ Vincenot D., Normand F., 2009. Le raisonnement de la conduite du verger. In : Guide de la production intégrée de mangues à la Réunion. Cirad, Montpellier, 121 p.

Questions / Réponses

► **J.-N. Aubertot** : Serait-il intéressant de tester l'efficacité des variables utilisées pour décrire le territoire sur des paysages synthétiques, associés à des modèles représentant le fonctionnement des arthropodes considérés ?

M. Jacquot : Oui, suite à la création de modèles statistiques nous pourrions regarder l'influence de variables synthétiques comme le paysage.

► **F. Le Bellec** : 1) Quelle abondance mesurée ? Une abondance globale ou par espèce ?
2) Quelles pratiques culturales seraient prises en compte dans l'analyse ?

M. Jacquot : 1) Il faut mesurer l'abondance des groupes fonctionnels dans la globalité. Nous ne mesurons pas l'équité, mais nous adapterons des fonctions sous R déjà existantes pour les calculs.

2) Les pratiques de gestion des couvertures végétales sont reflétées par les couvertures. Nous regardons l'effet de l'irrigation qui pourrait offrir des variabilités statistiques. Pour les pratiques, nous sommes limité par le début du projet (3 mois avant le premier relevé), nous sommes obligé de respecter cette période pour toutes les années.

**Visites de terrain et échanges
entre producteurs et acteurs**

> Retour sur la journée de terrain du mercredi 23 octobre 2014

C. GLOANEC¹
caroline.gloanec@gmail.com

Présentation de la journée terrain

Le 23 octobre 2014 s'est déroulée une journée de visites de terrains et d'échanges à destination des professionnels. Accueillis par les producteurs M. Gérald Boyer et Mme Sandrine Baud, les agriculteurs du réseau Biophyto et les partenaires ont pu échanger avec les participants du séminaire sur leur expérience Biophyto en visitant les deux parcelles agricoles. Un barbecue a été organisé chez Mme Sandrine Baud, per-

mettant aux différents participants de partager un repas dans la convivialité. L'après-midi a été l'occasion de plusieurs discussions, autour des stands de démonstration de matériel de piège à mouches des fruits. Une présentation de l'augmentation a été faite à l'assistance et un groupe d'échanges a été mis en place pour le transfert de ces pratiques. 80 personnes étaient présentes à cette journée.

Tableau 1 Liste des discussions proposées.

Sujet	Qui	Quoi
Réglementaire sur les usages phytosanitaires	Rachel Graindorge, Armeflhor	Questions sur la réglementation et l'homologation des solutions phytosanitaires
Ravageurs du manguiier	Bruno Albon, FDGDON, et Lucile Muller, Cirad	Pour mieux connaître ses ennemis
Cas particulier de la punaise	Morguen Atiama, Cirad	Présentation des études en cours pour mieux connaître ce ravageur d'importance économique
Présentation des auxiliaires	Maxime Jacquot, Cirad	Découverte du monde fantastique des prédateurs
Pratiques agroécologiques : Bandes fleuries et parasitoïdes	David Muru, Cirad	Présentation des expérimentations en cours sur le développement des bandes fleuries dans les vergers pour favoriser entre autres les parasitoïdes
Plantes pièges	Tristan Schmitt, Cirad	Utilité et fonctionnement d'une plante piège
Pratiques agroécologiques : les couvertures végétales	Chloé Schmitt, Armeflhor, et Kenny Le Roux, FARRE Réunion	Retour sur l'expérience de mise en place de couvertures végétales dans les vergers
Démonstration d'asperseurs	Jean Hugues Taraconat, Chambre d'agriculture de La Réunion	L'aspersion pour favoriser une couverture ? Oui mais quel asperseur répond à mes besoins
Réaction du manguiier face au changement d'irrigation	Frédéric Normand, Doralice Jessu et Muriel Sinatamy, Cirad	L'irrigation par aspersion pose encore des questions techniques, retours sur une étude en cours.
Réseau DEPHY épidémiosurveillance, battage	Éric Lucas, Chambre d'agriculture de La Réunion	Des réseaux existent déjà pour diminuer les traitements, retour sur le B.A. BA des méthodes de surveillance
Variétés de mangues	Didier Vincenot, Chambre d'agriculture de La Réunion	Les différentes variétés de mangue offrent chacune ses avantages et ses inconvénients
CUQP - Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle en Protection Agroécologique des Cultures	Jean Philippe Deguine, Cirad	Explications sur la formation proposée

1. **CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION**
2 Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France

L'équipe Biophyto remercie les producteurs M. Gérald Boyer et Mme Sandrine Baud pour leur accueil lors de cette journée ainsi que le Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt, les partenaires du projet ÉCOPHYTO, la Préfecture de La Réunion, l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), l'Office de l'Eau Réunion, et le Crédit Agricole pour leur soutien financier. Nous remercions également la Fédération Régionale des Coopératives Agricoles de La Réunion, Produits Pays Réunion, Crête d'Or, Qualité Rose, Bœuf Pays, la Saphir, la Coopérative des Aviron, la Ville de Saint-Pierre, Hortibel et COROI pour leur soutien logistique et leur participation à cette journée.

L'équipe Biophyto proposait de partager l'expérience du projet au travers de petits points de discussion mobiles sur les parcelles pour échanger sur les différents aspects du projet. Après une introduction de la journée par Caroline Gloanec, une présentation des intervenants avec la distribution d'une fiche permettait à chacun de voir ce qui l'intéressait. Les points de discussion sont résumés dans le tableau 1.

Les discussions ont été nombreuses et riches entre personnes d'univers différents : des chercheurs de différents laboratoires et organismes de recherche de La Réunion, de métropole, des agents des différents organismes agricoles et bien entendu des producteurs de l'île.

Ces échanges permettaient par exemple de mieux connaître un ravageur ou ses auxiliaires, de constater qu'il y a de plus en plus de ravageurs, de mieux comprendre la mise en place des bandes fleuries, d'expliquer l'importance du temps à consacrer à l'observation de son verger ainsi que le temps nécessaire pour passer d'un verger conventionnel à un verger Bio.





**Agriculture Biologique,
aide au transfert et perspectives**

> DEPHY mangue : présentation des premiers leviers de réduction de phytosanitaires et les apports du projet Biophyto au sein du réseau de ferme

E. LUCAS¹

eric.lucas@reunion.chambagri.fr

Genèse du projet

La production de mangues représente le plus important revenu économique parmi l'ensemble des productions fruitières pérennes de La Réunion. Près de 400 ha de vergers regroupant plus de 80 producteurs fournissent en moyenne 3 500 t de mangues par an, soit plus de 4 kg de mangues disponibles 4 mois par an et par habitant. Cette production poursuit actuellement son essor avec une tendance à la diversification de la gamme variétale afin d'étendre les périodes de commercialisation.

Les producteurs de mangues sont confrontés à de nombreux problèmes phytosanitaires et recourent majoritairement à la lutte chimique pour contrer la pression parasitaire.

DEPHY, IFT, ... explication de sigles



Le réseau de fermes DEPHY, ou plus précisément le réseau de réseaux de fermes DEPHY, a été créé dans le cadre du Plan ÉCOPHYTO.

L'ensemble des réseaux regroupe près de 1900 exploitations au niveau national. Elles représentent toutes les productions agricoles.

Ces réseaux ont pour but d'identifier des systèmes de culture à la fois économes en intrants et performants économiquement. Chaque groupe, constitué d'une dizaine d'exploitations, met en œuvre des techniques pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires.

Pour mesurer la pression en intrants phytosanitaire, l'indicateur retenu est l'IFT (indicateur de fréquence de traitements), qui correspond aux nombres de doses homologuées de produits phytosanitaires utilisés sur un hectare au cours d'une campagne. Cet objectif allie donc réduction d'intrants et performance économique en termes de productions quantitativement et qualitativement intéressantes pour assurer la pérennité des exploitations.

▼ MOTIVATION DU GROUPE

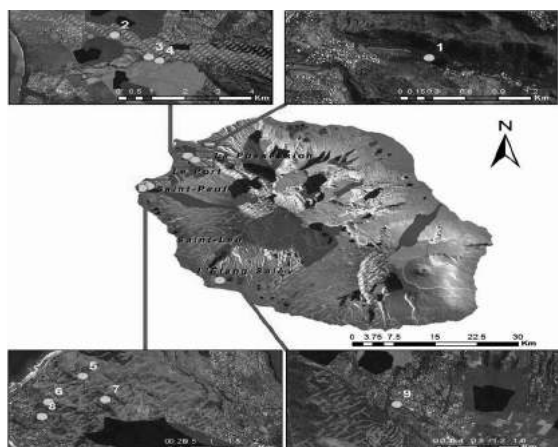
Neuf exploitations, dont le revenu économique principal est assuré par la production de mangues, ont été regroupées afin de constituer un réseau de fermes de référence DEPHY représentatif de la filière mangues à La Réunion. Plusieurs producteurs de mangues de ce groupe ont déjà été impliqués dans le projet « approche intégrée de la filière mangue » et ont été très motivés pour continuer un réseau DEPHY pour réduire l'utilisation des phytosanitaires.

Des raisons éthiques et commerciales sont également évoquées par les producteurs pour la création du groupe dont 7 sont adhérents à une OP. En effet, l'image de la mangue, fruit emblématique de La Réunion, doit être associée à un fruit propre, cultivé dans le respect de l'environnement et des normes européennes en vigueur. Il est intéressant de constater qu'à ce titre, près de 60 % des surfaces cultivées en manguier appartiennent à des producteurs affiliés à des OP dont l'objectif est la qualification à l'Agriculture Raisonnée.

▼ COHÉRENCE TERRITORIALE DU GROUPE ET POSITIONNEMENT GÉOGRAPHIQUE DES PARCELLES DU RÉSEAU DEPHY

Le groupe occupe la zone territoriale la plus adaptée à la culture du manguier : côte Ouest « sous le vent », altitude comprise entre 0 et 150 m, sols filtrants avec la présence de galets ou de sable, pluviométrie annuelle inférieure à 800 mm, température moyenne annuelle de 28 °C. Les exploitations sont généralement situées sur des terres friables, sensibles à l'érosion et/ou aux risques de pollutions diffuses vers les captages ou les récifs coralliens (Figure 1).

Figure 1 Carte de positionnement géographique des parcelles du réseau DEPHY. Source sur les enjeux agro-environnementaux : ASP 2008



Enjeux sur bassins d’approvisionnement des captages

- Zone de transfert rapide des polluants vers les captages
- Risques de pollutions diffuses sur les captages de priorité 1
- Risques de pollutions diffuses sur les captages de priorité 2
- Risques de pollutions diffuses sur les captages de priorité 3
- Exploitations agricoles réseau DEPHY

Enjeux marins

- Contribution indirecte
- Enjeu récifs
- Enjeu récifs fort
- Vigilance érosion

Les premiers résultats

▼ « PRODUIRE MIEUX... MAIS PAS MOINS ! »

Les arboriculteurs du réseau fermes DEPHY mangues mettent en pratique, en verger, des itinéraires techniques adaptés pour réduire l’usage des insecticides, fongicides ou herbicides. Le groupe est appuyé par un technicien de la Chambre d’agriculture de La Réunion et de conseils tech-

niques qui les accompagnent au quotidien. La mise en place de stratégies alternatives pour la protection du verger de manguiers contre les bioagresseurs ne signifie pas accepter des pertes de récolte, bien au contraire. L’idée est que la dimension économique de la parcelle est prioritaire. Les rendements et la qualité de la récolte sont pris en compte et analysés avec soin dans les groupes de fermes DEPHY.

L’objectif des fermes de DEPHY est de modifier leurs systèmes de culture pour associer le respect de l’environnement et le maintien de la rentabilité, deux dimensions trop souvent présentées comme antagonistes.

Le système de culture, c’est un groupe de parcelles gérées de façon similaires et avec des objectifs de production semblables. Elles regroupent toutes les techniques et technologies connues pour baisser les produits phytosanitaires sans pénaliser la production.

Le piégeage de masse employé sur la grande majorité des vergers de manguiers des fermes DEPHY a permis concrètement de baisser la pression insecticide et donc le nombre d’IFT annuels. La présence d’herbe sur l’inter-rang et sous la frondaison permet de gérer au mieux les espèces de thrips (résultats observés chez presque toutes les parcelles). Le cas de la Punaise du manguiers reste plus problématique mais l’application de traitements localisés permet de diminuer la pression.

▼ « ON OUBLIE LES HERBICIDES ? »

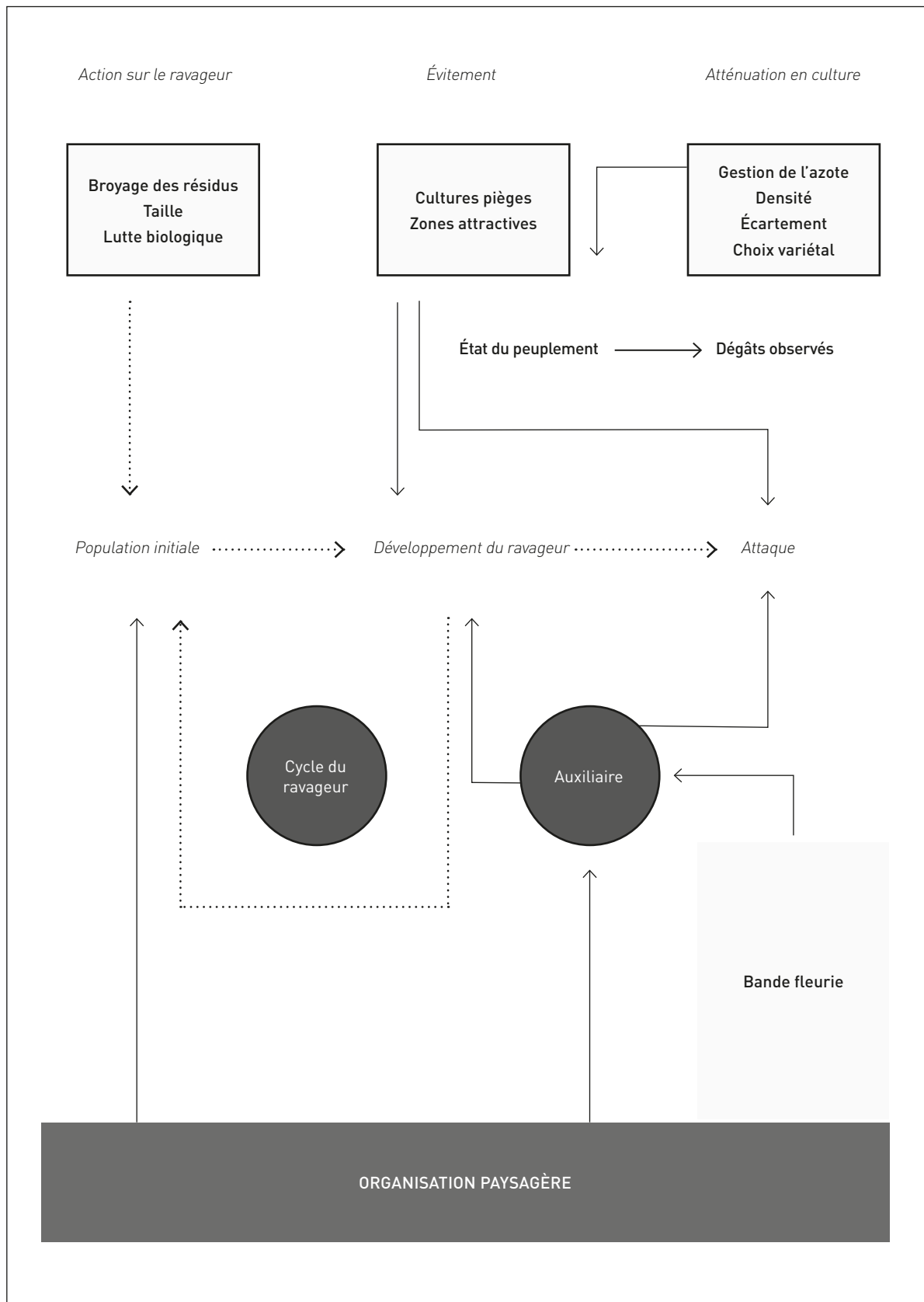
Se passer d’herbicide est une perspective réaliste en verger de manguiers. La présence d’herbe sous la frondaison constitue une barrière pour la cécidomyie et les réémergences de mouches des fruits. De plus, elle constitue un habitat favorable aux auxiliaires des cultures et permet de réguler le nombre de ravageurs ayant un cycle dans le sol.

Les principaux leviers mobilisés pour réduire l’utilisation des produits phytosanitaires par les producteurs du réseau DEPHY manguiers.

Tableau 1 Présentation des principaux leviers.

Thème	Apport Biophyto	Leviers
Cycle ravageur	Meilleure connaissance de la punaise (trois punaises mises en évidence).	Élévation du seuil de tolérance. Utilisation piégeage de masse « Ceratipack ».
Auxiliaire	Biodiversité des arthropodes dans les vergers de manguiers.	Recours aux auxiliaires, enherbement sous frondaison
Organisation paysagère	Meilleure gestion du couvert végétal sous frondaison. Bandes fleuries : choix des espèces.	Enherbement sous frondaison, gestion des tontes. Mise en place de bandes fleuries.
Cultures pièges	Implantation de maïs en inter-rangs.	

Figure 2 Schématisation des mécanismes.



▼ **APPORT EN CONNAISSANCE DU PROJET BIOPHYTO DANS LA RE-CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE CULTURE ÉCONOME EN PRODUITS PHYTOSANITAIRES.**

<p>Déterminer la pertinence d'une intervention</p>	<p>* Observer</p> <ul style="list-style-type: none"> * Reconnaître les ravageurs, maladies et auxiliaires * Évaluer le risque en fonction du seuil de nuisibilité
<p>Optimiser les interventions</p>	<p>* Favoriser la prévention</p> <p>Exemple : Réduire l'inoculum de départ : broyage des rameaux avec cochenilles, anthracnose pour réduire les risques</p> <ul style="list-style-type: none"> * Améliorer le choix et le positionnement des produits phytosanitaires : choix et réglages du pulvérisateur, conditions météo, etc... * Privilégier les produits de biocontrôle et optimiser leur utilisation : piégeage de masse « Ceratipack », lâcher d'<i>Orius</i> sp., ... * Utiliser des méthodes alternatives : désherbage mécaniques
<p>Intervenir sur le système de culture</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Favoriser la biodiversité : <ul style="list-style-type: none"> - Mise en place de bande enherbée sous la frondaison des arbres - Installation de bande fleurie - Utilisation de l'augmentarium (GAMOUR) pour la gestion des populations de mouches des fruits

Questions / Réponses

► **P. Thomas** : Quels sont les leviers utilisés dans le réseau Biophyto pour diminuer les IFT ?

E. Lucas : Les leviers sont :

- mobiliser les résultats Biophyto notamment pour réévaluer les seuils de nuisibilité.
- avoir des outils de reconnaissances des auxiliaires et des ravageurs.

► **Y. Puylaurent** : Quel est le nombre de traitement (ou une moyenne) avant (c'est-à-dire avec les habitudes de l'agriculteur) et après (résultats Biophyto) l'apport des méthodes alternatives de lutte contre les ravageurs du manguié ?

E. Lucas : 1) Avant les nouvelles méthodes : IFT moyen de 18 traitements.
2) Avec les nouvelles méthodes : IFT moyen inférieur à 10 traitements.

► **E. Hoarau** : Par rapport à l'augmentorium, combien de mouches sortent à l'ouverture de la trappe ?

E. Lucas : Il y a très peu de mouches qui sortent à l'ouverture de la trappe. Les mouches sont attirées par la lumière qui passe au travers du filet en haut de l'augmentorium, elles essayent de sortir par là. Une ouverture brève de la trappe ne leur permet donc pas de s'échapper.

► **S. Penvern** : Avez-vous prévu de produire des références technicoéconomiques pour aider les agriculteurs dans leurs choix techniques ?

E. Lucas : Il est prévu grâce aux outils Agrosyst® et Sys-terre® d'évaluer les pratiques des agriculteurs et donner des références technicoéconomiques des nouveaux systèmes de cultures, c'est-à-dire : coût de production, besoin en main d'œuvre, rendement des cultures et autres. Les données sont annuelles et répétées dans le temps (pluriannuelles).

> Outils d'aide au transfert produits dans Biophyto

J.-P. DEGUINE¹ | C. GLOANEC² | R. GRAINDORGE³ | D. VINCENOT² | A. DIJOUX⁴ | P. LAURENT⁵
jean-philippe.deguine@cirad.fr

Résumé

De 2012 à 2014, la mise en place et le suivi du projet Biophyto ont permis de confronter au terrain les principes de la protection agroécologique des cultures. S'il reste des activités de recherche, d'expérimentation et de mise au point techniques à poursuivre dans certains domaines (système d'irrigation, impact des pratiques sur la production et sur la marge brute, valorisation commerciale...), des avancées scientifiques et techniques ont été obtenues dans d'autres domaines (biodiversité fonctionnelle, appropriation des couvertures végétales, ...). Le projet a permis, à travers ces retours d'expériences en milieu producteur, de proposer des outils d'aide et de préparation au transfert.

Mots-clés : Biophyto, agroécologie, outils d'aide au transfert, manguier, La Réunion

Une action novatrice en agroécologie : le Certificat universitaire de Qualification Professionnelle (CUQP) en Protection agroécologique des cultures (PAEC)

Un Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle en Protection agroécologique des cultures propose une formation diplômante aux professionnels (agriculteurs et techniciens agricoles). Cette formation vise à former les professionnels à la protection agroécologique des cultures (PAEC). Organisée et délivrée par l'Institut Universitaire Technologique de l'Université de La Réunion, cette formation est originale dans sa forme, puisqu'elle est dispensée, de manière harmonisée et complémentaire, par un consortium de partenaires du projet Biophyto (Cirad, Chambre d'agriculture de La Réunion, ArmeFlhor, FDGDON, OCTROI, FARRE Réunion). Cette formation est originale dans son contenu : elle intègre à la fois les principes de l'agroécologie déclinée à

la protection des cultures et les résultats de son application sur le terrain, à travers plusieurs projets.

Figure 1 Formation en salle et formation sur le terrain (CUQP 2012-2013)



Dans son contenu, la formation décrit la stratégie de la protection agroécologique des cultures. Plusieurs techniques agroécologiques de gestion de la biodiversité végétale pouvant contribuer à la fois à réduire la pression des insectes ravageurs et à augmenter les populations d'insectes utiles à l'agriculture, en favorisant le développement d'une biodiversité animale fonctionnelle, sont décrites. Constituée d'auxiliaires (arthropodes prédateurs, pollinisateurs et parasitoïdes), la biodiversité fonctionnelle devient capable de jouer un rôle majeur de régulation des ravageurs. Cette stratégie de protection agroécologique s'appuie sur trois piliers : prévention des infestations, insertion de biodiversité végétale, lutte biologique de conservation. Elle ne peut se révéler vraiment pertinente et efficace qu'en l'absence de traitements insecticides. Ainsi, pour l'agriculteur ou le technicien agricole, la protection agroécologique des cultures nécessite de repenser la façon de gérer les populations de ravageurs et la préservation des insectes utiles. Cela passe par l'acquisition de connaissances nouvelles.

C'est dans ce but que le CUQP PAEC a été mis en place. À la fin de la formation, le concept d'agroécologie doit être compris et les pratiques doivent pouvoir être reproduites par les stagiaires.

Le programme pédagogique, réparti sur 4 unités d'enseignement, alterne les phases théoriques et pratiques sur 5 jours de formation. Deux sessions de formation ont été organisées en 2013 et en 2014, diplômant 26 apprenants, pour la plupart agriculteurs ou techniciens agricoles. Cette formation est appelée à être pérennisée dans la même configuration que celle mise en place précédemment. De plus, une formule d'un CUQP du même type mais à vocation régionale (à l'attention des professionnels de la sous-région de l'Océan Indien) est actuellement à l'étude.

1. **CIRAD**
UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

2. **CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION**
2 Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France

3. **ARMEFLHOR**
1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

4. **AROP-FL**
Station Bassin Plat, BP 180, 97455 Saint-Pierre, La Réunion, France

5. **IUT DE LA RÉUNION**
40 Avenue de Soweto, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

Des documents d'information et de formation sur la protection agroécologique des cultures, à l'attention des professionnels

▼ **UN SUPPORT DE FORMATION EN PROTECTION AGROÉCOLOGIQUE DES CULTURES, À L'ATTENTION DES PROFESSIONNELS**

Un support écrit de 81 pages, intégrant le contenu de la formation et abondamment illustré, a été conçu et produit dans le cadre du projet Biophyto. Il a été produit en 200 exemplaires destinés aux praticiens.

Figure 2 Première de couverture du support de formation en Protection agroécologique des cultures

(Référence : Deguine J.-P., Ajaguin Soleyen C., Atiama M., Festin C., Folio N., Gloanec C., Graindorge R., Jacquot M., Le Roux K., Moutoussamy M.-L., Muru D., Roux E., Suzanne W., Vincenot D. et 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), 81pp.).



▼ **UNE SÉRIE DE 10 POSTERS**

Une série de dix posters, portant sur la lutte biologique de conservation, sur la protection agroécologique du manguiers et différentes thématiques abordées dans Biophyto est disponible pour les sessions de formation et d'information des professionnels agricoles.

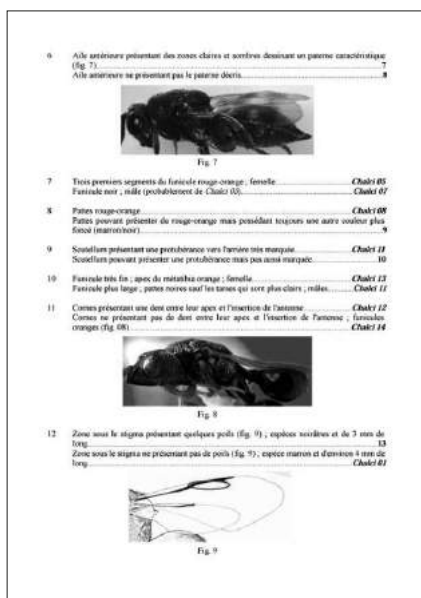
Figure 3 Exemples de posters : lutte biologique de conservation, parasitoïdes, prédateurs



▼ DES CLÉS DE RECONNAISSANCE DES ARTHROPODES

Pour le terrain, des clés de reconnaissance de certains insectes ravageurs (punaises du manguiers par exemple) et utiles (parasitoïdes) ont été mises au point et sont à la disposition des utilisateurs. Deux types de supports sont proposés : des clés de reconnaissance de certains taxons (exemple de la clé de reconnaissance des Chalcididae (Hymenoptera) réalisée par T. Ramage (Cirad) et des catalogues, plus facilement utilisables par les praticiens pour des reconnaissances de terrain (exemple du catalogue des coléoptères recensés dans les vergers de manguiers, mise au point par l'équipe Cirad).

Figure 4 Extrait de la clé de reconnaissance des Chalcididae (réalisation T. Ramage).



Des supports d'information de retours d'expérience

Un recueil et un DVD, centrés sur les retours d'expériences en protection agroécologique en vergers de manguiers, sont destinés à sensibiliser et informer les agriculteurs, les techniciens agricoles ainsi que les apprenants ou les étudiants en agronomie. Ces deux supports intègrent de nombreuses données et témoignages.

Le document est un guide d'initiation à la protection agroécologique de mangues et décrit, à l'attention des professionnels, les retours d'expérience du projet Biophyto. Les différentes parties abordées dans ce guide sont les suivantes : 1) la culture du manguiers à La Réunion ; 2) les principes de protection agroécologique des cultures ; 3) connaissance de la biodiversité animale ; 4) insertion de la biodiversité végétale ; 5) rappel des principes d'un verger en bonne santé ; 6) aspects économiques et commerciaux.

Dans le DVD, intitulé « Retours d'expérience en culture agroécologique de manguiers », des interviews des partenaires qui expliquent le raisonnement et les activités dans le projet, sont complétés par des témoignages d'agriculteurs sur leur perception des pratiques agroécologiques et de l'intérêt de la démarche.

Figure 5 Extrait du catalogue des Coléoptères observés dans les vergers de manguiers (sur la base de 2072 individus capturés ; 90 espèces identifiées ; réalisation M. Jacquot, M. Tenailleau, C. Ajaguin Soleyen, J. Pousserau).



Des sessions de formation ou d'information

Tout au long du projet, des sessions d'échanges et d'information ont été organisées entre les producteurs et les partenaires du projet. Des réunions d'information ont par exemple été effectuées sur la Punaise du manguiers. D'autres ont porté sur la reconnaissance des arthropodes nuisibles et utiles dans les agroécosystèmes.

Figure 6 Formation en salle et formation sur le terrain pour des agriculteurs Bio à la reconnaissance des arthropodes (avril 2013) (réalisation Cirad et Armeffhor).



Dans le même esprit, des supports d'information sur la biodiversité fonctionnelle ont été distribués et commentés sur le terrain, de manière personnalisée auprès de chacun des producteurs du projet.

Figure 7 Support écrit personnalisé de la caractérisation de la biodiversité fonctionnelle sur les parcelles de manguiers dans le réseau Biophyto (réalisation Cirad).



Un ouvrage aux Editions Quae à l'attention des professionnels

Un ouvrage sera édité en 2015 aux éditions Quae (collection *Savoir Faire*) rassemblant des contributions sur des retours d'expériences agroécologiques dans les systèmes horticoles ;

cet ouvrage s'adressera aux professionnels et aux praticiens de terrain d'abord, mais aussi aux étudiants et apprenants (lycées agricoles, ...) ; les chercheurs et les décideurs tireront également profit de ces retours d'expériences lors de la conception de projets.

La collection *Savoir faire* publie des monographies techniques à usage professionnel. Ces ouvrages se veulent exhaustifs et abordent, pour un sujet donné, les différents aspects qui lui sont liés. Outils de référence, ils sont destinés aux professionnels - agents des services et des collectivités, agriculteurs, forestiers, éleveurs, pêcheurs et aquaculteurs, etc. - et à ceux qui les encadrent. Cette collection fait suite aux collections Techniques (Cirad), Du labo au terrain (INRA), Hydrobiologie et aquaculture (INRA).

L'ouvrage présente plusieurs caractéristiques : multidisciplinaire, progressif dans la réflexion, pédagogique, allant des concepts à l'application personnalisée, permettant l'élaboration d'une stratégie adaptée aux spécificités de l'exploitation concernée (du terrain pour mettre en pratique ces principes). Cet ouvrage concrétise la volonté d'une équipe d'accompagner les professionnels dans le changement du modèle agricole. Il se nourrit de 6 ans d'échanges, de construction, de mise en pratique autour de la protection agroécologique des cultures par les acteurs du monde agricole réunionnais.

> Dynamiques et enjeux de développement de l'Agriculture Biologique

S. PENVERN¹ | C. CRESSON²
spenvern@avignon.inra.fr

Résumé

Portée par une diversité de pionniers, l'Agriculture Biologique (AB) est restée longtemps marginalisée et sa reconnaissance progressive. Comme le montre les grandes étapes de l'évolution de l'AB, le rôle et la place donnée aux principes et valeurs de l'AB dans sa définition ont toujours animés des débats internes entre mouvements à l'origine d'une diversité de modèles de développement. Aujourd'hui bien identifiée par les citoyens et consommateurs, elle connaît un environnement favorable à son développement, soutenue par les politiques publiques et par une demande toujours plus forte de produits biologiques. La situation actuelle de l'agriculture biologique en France met en évidence des difficultés et des leviers pour son développement et soulève de nouveaux enjeux pour la recherche et le développement.

Mots-clés : modèles de développement, déterminants de conversion, structuration de filière, verrous techniques, recherche & développement

Introduction

Aujourd'hui, l'agriculture biologique est un mode de production agricole connu et reconnu. Tout le monde a un avis sur le bio. Victime ou forte de son succès, le rôle qu'elle peut jouer pour le développement d'agricultures plus écologiques justifie d'analyser son potentiel comme ses difficultés.

Aussi, nous verrons comment son identité s'est construite et se construit sur une pluralité de formes d'agricultures biologiques, harmonisées via le règlement européen, comment son développement s'est fait dans un environnement politique, économique et sociétal favorable et enfin comment se développe aujourd'hui la production et les questions de recherche qu'elle soulève.

D'une diversité de mouvements à une harmonisation européenne

Dès son origine, l'agriculture biologique rassemble une diversité de mouvements incarnés par des personnalités-clés qui ont publiés les écrits théoriques fondateurs entre les années vingt et quarante que l'on peut regrouper en quatre ensembles principaux (Lamine et Penvern, 2011) :

- la biodynamie, liée au philosophe autrichien Rodolphe Steiner. Elle est toujours pratiquée dans plusieurs pays,

dont la France, et portée par la marque privée *Demeter*, la plus ancienne existante puisqu'elle est apparue en 1932.

- l'agriculture organique : l'agronome anglais Sir Albert Howard (1873-1947), puis l'écrivain américain Jérôme I. Rodale (1898-1971) en sont à l'origine. Celle-ci s'appuie sur la notion de fertilité des sols.
- l'agriculture biologique : en Suisse, le médecin Hans Rusch (1906-1977) et l'instituteur, puis responsable politique, Hans Müller (1891-1988) ont développé la notion d'agriculture biologique, fondée sur l'utilisation des ressources renouvelables, dans le but de préserver une nature qui a cessé d'être inépuisable.
- l'agriculture naturelle : elle a été développée au Japon par le microbiologiste Masanobu Fukuoka (1913-2008) qui a proposé une théorie ancrée dans une vision du monde fortement inspirée du bouddhisme et centrée sur une agriculture « naturelle ».

En France, ce sont dès les années 1910 que Raoul Lemaire travaille sur l'amélioration de la valeur boulangère des blés et l'utilisation des engrais organiques et magnésiens. En 1931, il ouvre à Paris la première boulangerie fabriquant le « *pain naturel Lemaire* ». Sur le terrain, Jean Boucher, ingénieur agronome et directeur du *Service de la protection des végétaux* en Loire-Atlantique, a créé en 1958 le *Groupeement des agriculteurs biologiques de l'Ouest* (GABO), puis, en 1962, avec l'ingénieur agronome André Louis et l'architecte Mattéo Tavera, l'*Association Française pour l'Agriculture Biologique* (AFAB). Celle-ci se scinde rapidement en deux entités dès 1964 :

- la société *Lemaire-Boucher*, créée pour vendre le lithothamne, une algue marine riche en magnésium et en oligo-éléments utilisée comme fertilisant et commercialisée par le réseau diffusant également les pains et farines *Lemaire*.
- l'association *Nature et Progrès*, fondée autour d'André Louis et de Mattéo Tavera. Celle-ci se différencie de *Lemaire-Boucher* par son refus de toute attache commerciale et industrielle et se situait également à l'écart du courant chrétien dominant alors le milieu bio.

1. **UNITÉ ECODÉVELOPPEMENT, INRA PACA**

Domaine Saint-Paul, Site Agroparc, CS40509, 84914 Avignon Cedex 09, France

2. **ITAB, INSTITUT TECHNIQUE DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE**

149 rue de Bercy, 75012 Paris, France

L'agriculture biologique française est donc représentée par des mouvements actifs dès le début des années soixante. Mais, durant près d'une vingtaine d'années, elle va rester ignorée, voire fortement critiquée dans les milieux agricoles, scientifiques et institutionnels, même si des travaux scientifiques ont tenté d'en démontrer l'intérêt et la légitimité (Cadiou *et al.*, 1975). La reconnaissance officielle a lieu avec la *Loi d'orientation agricole* du 4 juillet 1980 qui la définit comme une « *agriculture n'utilisant pas de produits chimiques de synthèse* ».

La France est alors pionnière en Europe en matière de réglementation et de développement de l'AB. La loi de 1980 met en place des systèmes de certification et d'inspection, les premiers étant associés aux marques et aux réseaux de certification existants, tels la marque privée *Demeter* ou le cahier des charges privé *Nature et Progrès* mis en place en 1972 et homologué par une Commission nationale associant agriculteurs, consommateurs, fournisseurs et industriels.

Le premier règlement communautaire concernant l'agriculture biologique date de 1991 (RCE 2092/1991), complété en 1999 par un second texte concernant les productions animales (RCE 1804/1999). La réglementation de 1991 cadre les pratiques productives, les conditions et les délais de « *conversion* » à l'AB, ainsi que l'étiquetage des produits biologiques. Celui-ci sera révisé par l'Union européenne en 2008. Par rapport aux précédents textes, les modifications portent essentiellement sur l'étiquetage, les contrôles, les importations et la subsidiarité dans le but de limiter les distorsions de concurrence et de favoriser les échanges entre états membres, pour une harmonisation des contraintes à l'échelle européenne.

Ce nouveau règlement a globalement été assez mal perçu par les agriculteurs biologiques français pour qui la suppression du principe de subsidiarité a eu pour effet d'abroger le cahier des charges français, qu'ils jugeaient plus rigoureux. Certaines organisations de producteurs ont alors cherché à remplacer le cahier des charges de l'AB, soit en adoptant des cahiers des charges privés existants, comme *Demeter* ou *Nature & Progrès*, plus restrictifs que l'ancien règlement français, soit en développant un nouveau cahier des charges privé, comme *Biocoherence* porté par la FNAB (Fédération Nationale d'Agriculture Biologique).

Les débats portent également sur les dispositions réglementaires pour l'attribution du label européen jugées trop allégées par les uns mais propices au développement de l'AB par les autres. La généralisation de la mixité bio/non bio au sein des exploitations ou la diminution des contraintes relatives au « *lien au sol* » sont par exemple critiquées pour ne pas être en accord avec les principes fondamentaux de l'AB, définis par IFOAM (Fédération internationale des mouvements d'agriculture biologique). Ce qui ouvre la possibilité d'avoir des élevages sans autres surfaces agricoles que celles minimales de parcours, s'éloignant ainsi des modèles de polyculture-élevage favorables au recyclage

local des nutriments. Dans le même temps, cette facilité est appréciée car elle facilite l'approvisionnement en matière organique et la conversion d'exploitations céréalières et permettra ainsi de répondre à une demande croissante en céréales biologiques.

Ce débat rend bien compte d'objectifs différents, voire divergents, quant aux modèles de développement visés par ces dispositifs. Des tensions apparaissent entre deux polarités, l'une attachée à la protection des principes fondateurs de l'AB, l'autre favorable à un allègement des contraintes pour faciliter le développement de l'AB. L'équilibre entre ces différents modèles d'AB représente un réel enjeu pour son développement fortement conditionné par sa crédibilité comme signe de qualité fiable pour les consommateurs et comme modèle agricole durable pour les citoyens.

Un environnement favorable au développement de l'AB

▼ UN SECTEUR FORTEMENT IMPULSÉ PAR LES POUVOIRS PUBLICS

C'est d'abord au titre de la protection des biens environnementaux que l'intervention de l'Etat dans le domaine de l'AB s'est justifiée (Guyomard, 2009 ; Sautereau, 2009). Le premier instrument incitatif de développement de l'AB prend racine en 1992 dans les mesures agro-environnementales qui rémunèrent de façon contractuelle les effets bénéfiques sur l'environnement de pratiques et techniques mises en œuvre par les agriculteurs sur leurs exploitations. Si l'AB n'est soumise qu'à une obligation de moyens et non de résultats, les bénéfices environnementaux des pratiques de l'AB ainsi que les manques à gagner économiques induits par l'augmentation des coûts de production justifient alors une intervention de l'Etat. Celle-ci prend la forme d'une aide allouée à l'hectare pour la conversion à l'agriculture biologique (CAB) puis d'un contrat territorial d'exploitation (CTE) défini sur 5 ans auquel s'ajoute un volet économique prévoyant des aides aux investissements permettant ainsi le financement d'équipements nécessaires au passage en AB (matériel de désherbage mécanique, systèmes de compostages, etc.).

Mais c'est surtout en raison d'un déficit de production que sont motivés et mis en œuvre les plans de développement qui se succéderont de 1998 à aujourd'hui. Dans les années 1980, la France occupait une position de leader européen puisqu'elle comptait 50 % des surfaces communautaires en 1985. Depuis, celles-ci se sont développées dans la majorité des Etats-membres et l'Hexagone a perdu sa primauté, au point que sa demande intérieure génère un déficit commercial croissant, notamment vis-à-vis des partenaires européens. Pour permettre à l'agriculture française de reconquérir son leadership, le premier plan pluriannuel de développement de l'agriculture biologique (PPDAB) a été lancé en 1998, avec l'objectif d'atteindre 25 000 exploitations

et 1 million d'hectare en AB en 2005, objectifs qui ne seront finalement atteints... qu'en 2015⁰¹ !

En 2009, le ministère français en charge de l'agriculture constate lui-même la pénurie d'offre face à une croissance à deux chiffres de la demande depuis 1999, et ce alors que les produits biologiques ne seraient pas suffisamment valorisés par défaut d'organisation entre les producteurs et à cause de l'éparpillement des productions. Cette situation a conduit le Ministre en charge de l'agriculture à proposer, dans le cadre de la loi sur le Grenelle de l'environnement, un nouveau plan de développement, popularisé sous le libellé « AB : horizon 2012 ». Toujours justifié par les performances environnementales de l'AB, le plan vise à développer la production domestique de produits issus de l'AB via la fixation d'un objectif quantitatif en termes de surfaces dédiées (6 % de la surface agricole utile en 2012, soit un triplement des surfaces). Pour répondre à cet objectif, le plan adopte une approche globale jouant sur 5 axes : pour la structuration de la filière, la mobilisation de la recherche, la conversion et le maintien en AB avec des aides plus attractives (déplafonnement des MAE BIO et des aides à la conversion augmentées) et l'offre de produits bio (avec l'obligation dès 2012 d'incorporer 20 % de produits issus de l'AB dans la restauration collective de l'Etat). Approche que suivra également son successeur, le programme « Ambition Bio 2017 », actuellement en cours, visant un doublement des surfaces et proposant 6 axes de travail dont les 5 du plan précédent avec un sixième pour l'adaptation de la réglementation (en raison des actualités européennes).

Ces plans nationaux peuvent se décliner sous différentes formes selon les types de productions, les filières et les régions. D'autant plus avec la régionalisation engagée par l'Etat, où les modalités de priorisation et de ciblage de l'aide au maintien pourront différer. À ces plans nationaux, s'ajoute par ailleurs une diversité de dispositifs incitatifs à de plus petites échelles (collectivités, régions notamment pour la structuration des filières et bassins versants via l'Agence de l'eau). Cette diversité des dispositifs a l'avantage de permettre une adaptation des instruments aux contextes locaux. Le rapport du CGAER dressant le bilan du précédent plan AB Horizon 2012 met d'ailleurs en évidence l'intérêt de démarches collectives ciblées sur des territoires d'action sélectionnés pour la protection des zones environnementales sensibles, en l'occurrence pour la protection de la qualité de l'eau. Selon les caractères critiques de la pollution, de ses causes et de la dynamique du territoire, les registres d'intervention, que ce soit auprès des agriculteurs (pour accompagner les changements de pratiques), des filières (pour faciliter et surtout pérenniser les conversions) et du foncier (favoriser les installations en AB) pourront ainsi être adaptés.

L'hétérogénéité évidente entre les régions auxquels s'ajoutent des enjeux environnementaux avec des dispositifs ciblés et des disparités évidentes entre collectivités et contextes

locaux, montrent la complexité d'un développement uniforme et harmonisé de l'AB. À l'inverse, il s'agit ici de mieux connaître cette diversité pour adapter les dispositifs et les outils à chaque contexte, tout en garantissant cohérence des actions et des calendriers, non seulement au sein d'un même territoire, mais aussi entre différentes échelles (locales, territoriales, régionales, nationales et européennes voire mondiales).

▼ UNE DEMANDE CROISSANTE DE LA SOCIÉTÉ

Des consommateurs de plus en plus intéressés par le bio

D'après les derniers sondages du baromètre de l'Agence Bio (CSA, 2014), le nombre de nouveaux consommateurs (depuis 2 ans ou moins) a significativement augmenté. Symétriquement, la part des français déclarant ne jamais consommer bio tend à diminuer chaque année avec une diminution de 21 points entre 2003 où ils représentaient 46 % des personnes enquêtées et 2013 où ils ne sont plus que 25 %. La consommation de produits biologiques se généralise donc dans les habitudes des français, mais reste encore marginale quant au nombre de produits consommés. Parmi les consommateurs de produits bio, plus la fréquence de consommation de produits bio augmente, plus la part des français concernée diminue avec (Figure 1) : 26 % de biooccasionnels, 21 % de biomensuels, 19 % de biohebdo, 9 % de bioquotidiens (un produit par jour).

Bien qu'elle représente encore une part modeste avec 2,5 % du marché alimentaire total, la valeur des achats par les ménages en France a plus que doublé depuis 2007 et atteint, fin 2013, 4,38 milliards d'euros (+9 % /2012). Les ventes de produits biologiques sont à la hausse dans tous les secteurs. De 2010 à 2013, ce sont les ventes de vins qui ont connu les taux de croissance les plus élevés (+56 %), devant l'épicerie et autres boissons (+36 %) et les produits traiteurs et surgelés (+34 %). Variable en fonction des secteurs, la valeur du marché bio est de l'ordre de 15% pour les œufs, 11 % pour le lait et 6 % pour les 14 Fruits & Légumes les plus consommés (hors agrumes et bananes).

Suivant les produits, la place de chaque circuit de distribution varie avec une part importante de la vente directe pour les Fruits & Légumes ou le vin. Contrairement à ce qui était attendu, à savoir que la GMS allait se développer au détriment des autres circuits courts et intermédiaires, la diversité des modèles de commercialisation se maintient voire s'accroît (Figure 2). Entre 2012 et 2013, les taux de croissance les plus élevés ont été enregistrés par la vente directe (+17 %, particulièrement portée par les ventes de vins biologiques), les artisans-commerçants (+15 %) quand celui des GMS s'est situé à un niveau inférieur à la moyenne générale (+6,5 %).

01 2014 si l'on inclut les surfaces en conversion.

Figure 1 Évolution depuis 2003 de la consommation de produits bio sur un échantillon de 1000 français enquêtés on-line.

(Source : Agence Bio/CSA 2014).

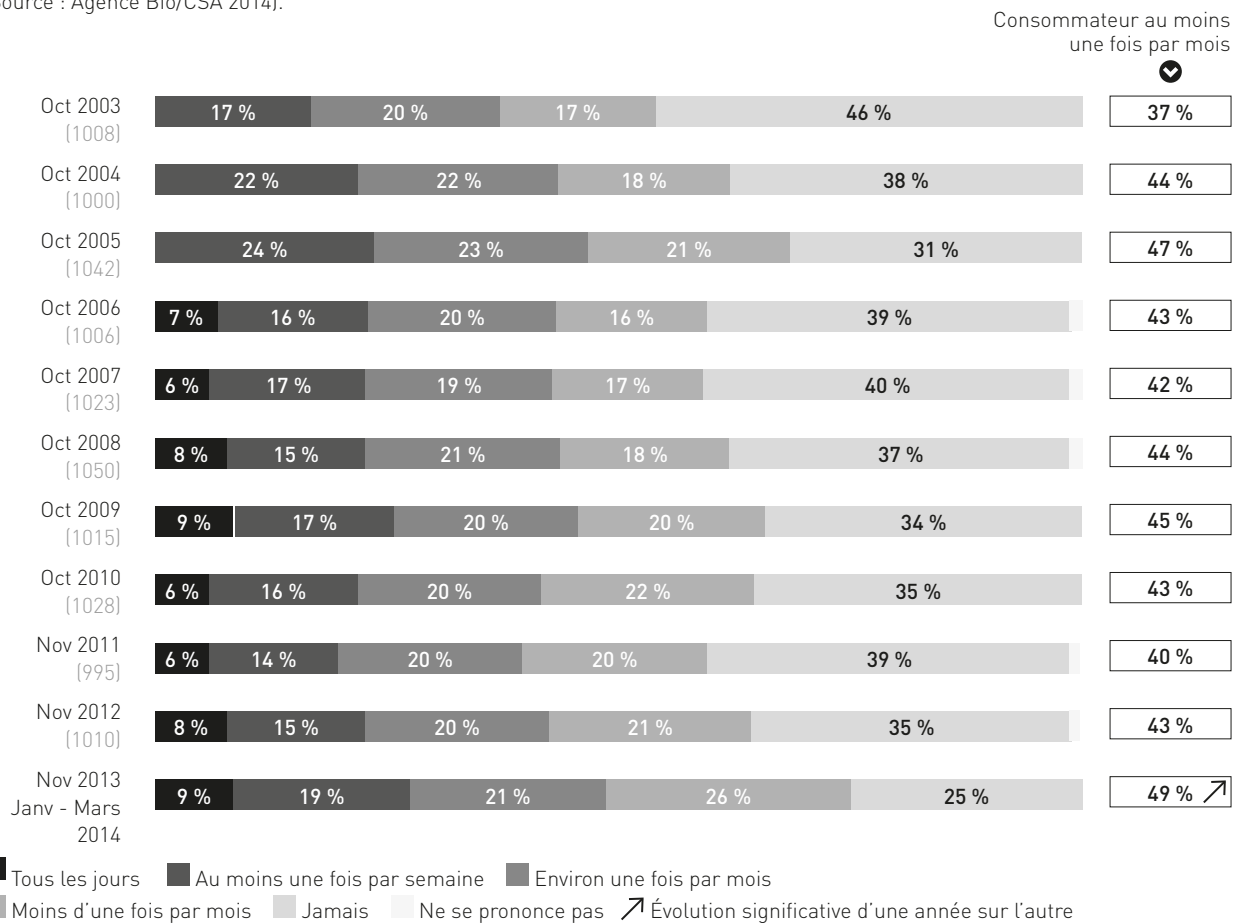
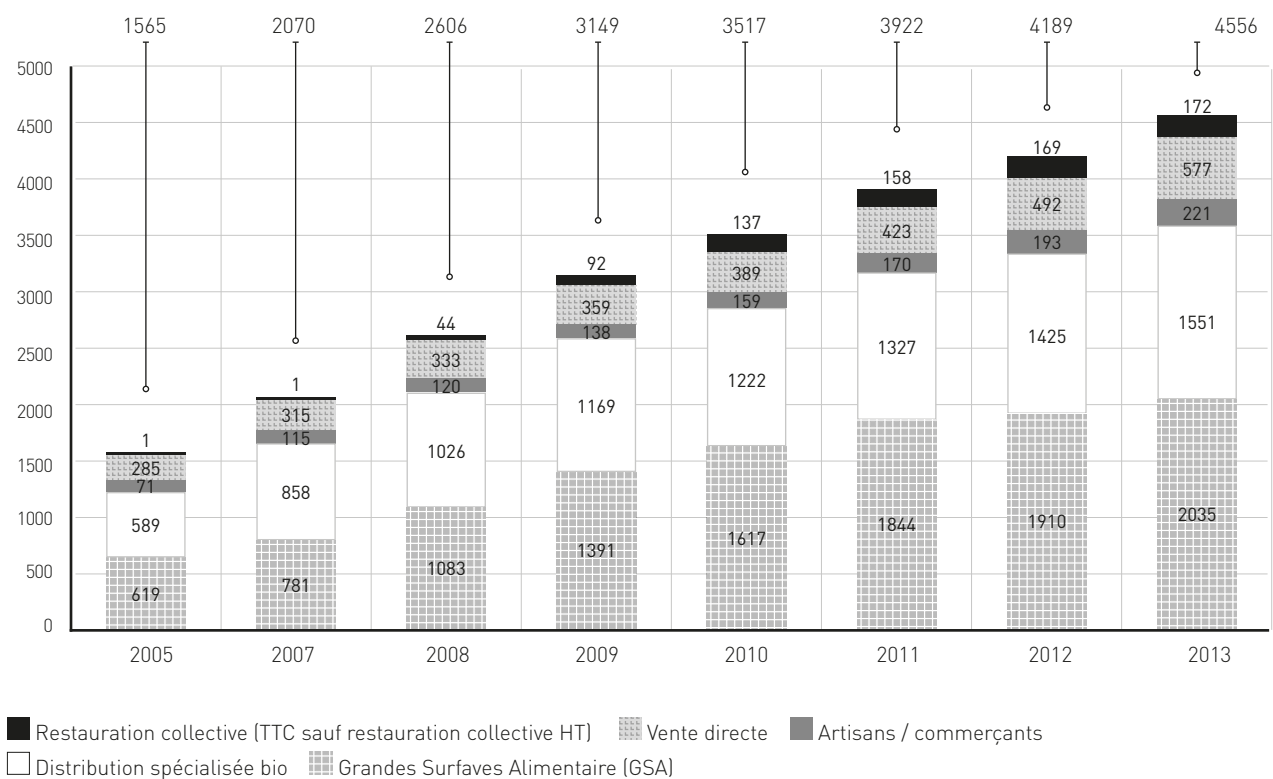


Figure 2 Évolution du chiffre d'affaires par circuit de distribution de 2005 à 2013 (millions d'€).

(Source : Agence Bio, 2014/AND-I, 2014.)



Une relocalisation de la consommation

Ces chiffres illustrent la tendance actuelle pour une relocalisation de la consommation. 58 % des français enquêtés dans le cadre du baromètre de l'Agence Bio (Agence Bio/CSA, 2014) attendent des informations sur l'origine des produits bio. Aujourd'hui 75 % des produits bio consommés en France proviennent de France, sachant que 44 % sont des produits importés concernant des produits exotiques ou assimilés (café, cacao, thé, bananes, agrumes) qui ne seront jamais produits en France (notamment le blé dur et le riz) sur lesquels un effort peut être fait, et 35 % est constitué de produits disponibles en France, tels que les tomates, courgettes, qui sont essentiellement achetés durant l'intersaison dans les pays voisins.

La question qui se pose aujourd'hui aux acteurs de l'AB est de savoir comment faire pour que l'offre, qui viendra combler la

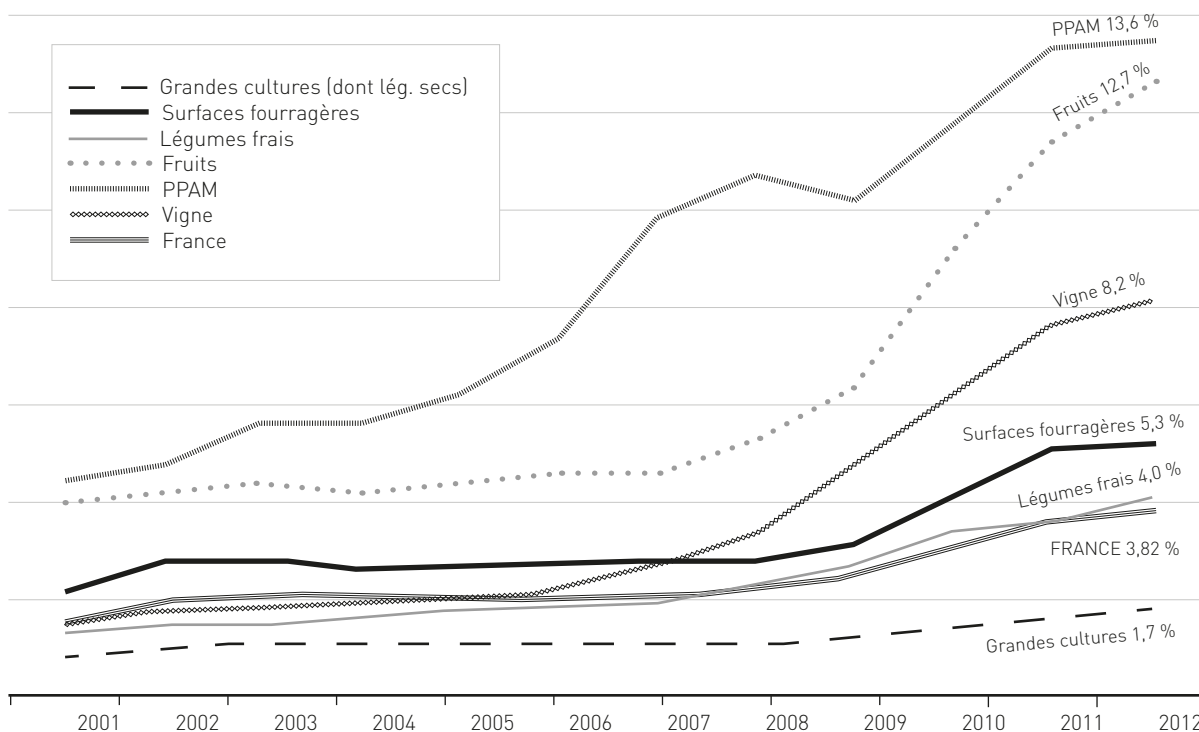
demande croissante, s'appuie sur le potentiel de production et les acteurs des filières locales ou relativement proches. D'autant que la situation est également contrastée en termes de consommation et d'achats par les ménages dans les différentes régions, ce qui crée des déséquilibres importants pour certaines régions comme l'Île de France par exemple. La disponibilité des produits étant un facteur clé de la consommation, il s'agit de relier production et consommation sans oublier la transformation. Le secteur est en pleine structuration puisque le nombre d'opérateurs (préparateurs et distributeurs) certifiés bio⁰¹ a doublé en 5 ans (Agence Bio, 2013).

01 L'obligation de certification est étendue aux distributeurs de produits biologiques depuis le 1^{er} juillet 2005.

Une production qui suit

▼ UNE OFFRE DISPERSÉE SELON LES SECTEURS ET LES RÉGIONS

Figure 3 Évolution depuis 10 ans de la part des surfaces nationales conduites en AB par grand secteur de productions (source : Agence Bio/ Agreste, 2014.)



Les surfaces certifiées en AB ont progressé de 9% entre 2012 et 2013 pour atteindre 930 868 ha auxquels s'ajoutent 129 888 ha en conversion, ce qui représente 3,93% de la SAU

française⁰² et 5,4 % du nombre de fermes. L'AB occupe une place plus ou moins importante selon les types de productions (Figure 3). 22,8 % des surfaces dédiées à la production

02 Pour mémoire, le plan «Horizon 2012» avait pour objectif 6 % de la SAU en AB d'ici 2012

de légumes secs sont en AB, autour de 13 % en arboriculture et PPAM, 8,2 % du vignoble national. Un agriculteur bio sur trois est éleveur, avec 11 % en apiculture et 7 % pour l'élevage de poules pondeuses.

Certaines productions sont en phase de consolidation, la vigne comme l'élevage de monogastriques après avoir doublé ces cinq dernières années se stabilisent. Tandis que certaines productions peinent à se développer, ce qui est particulièrement le cas des grandes cultures dont la part en AB n'est que de 1,7 %, alors que la demande est pourtant forte (pain, pâtes fraîches...).

On observe de fortes disparités régionales puisque la moitié des surfaces bio est concentrée dans 5 régions : Midi-Pyrénées, Pays de la Loire, Languedoc-Roussillon, Rhône-Alpes et PACA. Quatre régions dépassent les 6 % de la SAU en bio : PACA (15,2 %), Languedoc-Roussillon (11,1 %), Rhône-Alpes (6,8 %) et Corse (6,1 %). Inversement, six régions n'ont pas encore atteint les 2 % (Picardie, Nord-Pas-De-Calais, Haute-Normandie, Champagne-Ardenne, Ile-De-France et Centre).

▼ LES FREINS ET LES LEVIERS À LA CONVERSION

Si le développement de l'AB est bien réel, il est nettement en dessous des objectifs des plans de développement intervenus depuis 1999, et reste très inégal selon les régions et les types de production. Un ensemble de travaux⁰³ vise donc à identifier, décrire et analyser les dynamiques de développement de l'AB en France, identifier les freins et leviers à ce développement, au niveau des exploitations agricoles mais aussi des filières et des territoires. À l'échelle nationale, Allaire *et al.* (2014) ont ainsi mis en évidence le caractère hétérogène de la diffusion spatiale de l'AB, tant en ce qui concerne le poids des exploitations et surfaces en AB selon les territoires, que des rythmes et périodes de développement, suggérant ainsi une variété de formes de développement de l'AB.

Les caractéristiques des territoires influent sur la localisation des conversions à l'AB. Si la diffusion de l'AB tend à toucher un plus grand nombre de territoires, les conversions récentes de l'AB (sur la période 2007-2010) se sont préférentiellement situées :

- dans les territoires où l'AB est historiquement la plus ancrée et concentrée (= effet d'entraînement) ;
- dans les territoires situés en zones défavorisées et piémont où l'économie est moins dynamique que la moyenne (= opportunité économique) ;
- dans les territoires où la vente directe est largement pratiquée.

Inversement, les conversions sont moindres dans les zones de montagne où d'autres formes de production et de valorisation des produits sont préférées à l'AB et dans les territoires où la transformation est largement pratiquée.

À partir de données administratives (bénéficiaires des aides CAB et opérateurs certifiés en AB), une analyse économétrique montre que selon l'existence de marchés locaux et l'engagement de producteurs, les risques économiques et identitaires peuvent être plus ou moins facilement levés. Reste une question importante de structuration des filières et l'existence de débouchés pour une production en AB qui du fait de ce mode de production ne peut être mono-orientée.

Ces résultats fournissent des éléments de réflexion aux décideurs publics et organisations œuvrant au développement de l'AB pour identifier les potentiels de conversion et adapter les outils de développement nationaux ou européens d'aide à la conversion aux caractéristiques socioéconomiques et agricoles au niveau régional et local. Les facteurs mis en évidence sont souvent spécifiques aux régions et aux types de productions, et concernent de multiples dimensions, économiques, sociales, techniques et organisationnelles. Intrinsic à l'échelle de l'exploitation pour ce qui concerne les motivations et freins techniques, ces facteurs opèrent également à l'échelle des filières et des territoires. Seule une combinaison de leviers peut répondre à cette pluralité de facteurs parmi lesquels la coordination des dispositifs (y compris de formation et d'accompagnement), des acteurs et des systèmes de production, fait consensus et apparaît être un levier important au même titre qu'une meilleure stabilité des performances et une visibilité des politiques publiques et du marché pour diminuer la prise de risque associée à la période de conversion.

Conclusions et enjeux de développement

Les dynamiques de l'agriculture biologique restent multiples, non seulement en termes de courbes de croissance, très variables par exemple selon les produits, mais aussi en termes de modèles et de trajectoires de développement. Si certains craignent une érosion des principes fondamentaux et une perte d'intégrité de l'AB, de nouvelles formes apparaissent et avec elles de nouveaux défis se posent aux acteurs de l'AB sur la diversité des leviers et outils pour accompagner la conversion et le maintien en AB pour concilier croissance, développement et intégrité. Loin des modèles de polyculture-élevage, la généralisation des systèmes de grandes cultures sans élevage soulève par exemple des questions d'autonomie de l'AB vis-à-vis des intrants minéraux azotés et phosphatés qui se sont ainsi posées dans les années 2000. Certains parlent de « conventionalisation », pour décrire la tendance de l'AB à se fondre dans le système et les normes de l'agriculture conventionnelle. D'autres peuvent voire cette diversité comme des phases transitoires de développement où l'enjeu devient alors l'accompagnement pour franchir la phase supérieure... En parallèle, se dessine un

03 Voir le parcours dédié aux « dynamiques organisationnelles de l'AB » au colloque DINABIO 2013 : http://www6.inra.fr/comite_agriculture_biologique/Les-publications/Actes-DinABio-2013

mouvement général d'écologisation de l'agriculture, même conventionnelle. L'agroécologie, la permaculture sont alors d'autres modèles qui apparaissent et s'inspirent de principes communs à l'agriculture biologique.

Les performances de l'AB sont un enjeu important pour la recherche-développement. Évaluer les possibilités d'une augmentation de la productivité et de la production ainsi que les effets sur les autres performances de l'AB en prenant en compte les contraintes propres à l'AB et le fonctionnement de ses systèmes de culture ou d'élevage mais aussi étudier la faisabilité technique de l'augmentation de la productivité et, ses conséquences sur les autres performances: qualité des produits, organisation du travail, ...ou les éventuelles incompatibilités avec les principes et motivations des producteurs sont des questions de recherche à résoudre. Tout comme intégrer les limites de l'évaluation des externalités positives de l'AB car si pour des processus assez circonscrits, on peut montrer des effets positifs de l'agriculture biologique : lixiviations de nitrate plus faibles, blés non contaminés par les mycotoxines, en revanche, des phénomènes multifactoriels peuvent « masquer » l'effet du mode de production pour des processus plus globaux en raison de difficultés méthodologiques pour isoler l'effet d'un facteur dans des phénomènes multifactoriels et pour cela, il faudra sans doute changer d'échelle et privilégier les études de grande ampleur pour isoler et hiérarchiser ces facteurs. Enfin, jouer davantage sur la complémentarité entre substitution et reconception de systèmes pour répondre aux défis techniques de l'AB et aller plus loin dans la compréhension des processus sous-jacents pour une efficacité des solutions plus grande et plus régulière, ainsi qu'articuler les approches systèmes et ana-

lytiques permettront de répondre aux enjeux de croissance du secteur.

D'ailleurs, l'équilibre de l'offre et de la demande, par secteur ou par région constitue un enjeu collectif pour les acteurs des filières, de la R&D, les consommateurs et les associations environnementales. S'intéresser d'avantage aux demandes de l'aval et à la coordination des acteurs au sein des filières, en prenant en compte les contraintes et solutions techniques partielles de chacun apparaît comme une condition forte pour débloquer ces situations et donc amplifier les travaux sur la qualité des produits, les verrous aux stades de la transformation et de la distribution des produits AB, et les projets amont/aval.

La question de la spécificité de l'AB reste alors posée. Si certains mécanismes sont communs à plusieurs agricultures, l'AB peut être prototype, « laboratoire » pour l'ensemble des agricultures durables (Bellon et Penvern, 2014). En effet, l'AB, par sa mise en pratique, stimule l'innovation et apporte des éléments de réponse à plusieurs enjeux de l'agriculture de demain : préservation de la biodiversité, changement climatique, qualité des aliments et de l'eau, autonomie et souveraineté alimentaire... L'AB offre aussi l'opportunité de changer, plus ou moins radicalement, d'approche en recherchant des solutions au niveau du fonctionnement global, élargissant les frontières du système de culture ou d'élevage, au système agro-alimentaire « du champ à l'assiette ». Symétriquement, l'AB est aussi le fruit d'innovations issues ou traduites d'autres formes d'agriculture. En ce sens, son dynamisme et sa capacité à créer, moissonner et intégrer de nouvelles connaissances détermine sa capacité à évoluer et à maintenir son statut de prototype.

Références bibliographiques

- Agence Bio, 2013. Les chiffres clés - L'agriculture biologique, ses acteurs, ses produits, ses territoires. (www.agencebio.org).
- Allaire G., Cahuzac E., Maigné E., Poméon T., Simioni M., 2013. Réflexion à partir d'une analyse spatiale sur les politiques de soutien et la diffusion de l'agriculture biologique. *Innovations Agronomiques*, 32, 227-241.
- Bellon S., Penvern S., 2014. Organic Farming, Prototype for Sustainable Agricultures. Editions Springer, 489 p.
- Cadiou O., Lefebvre A., Le Pape Y., Mathieu Gaudrot F., Oriol S., 1975. L'agriculture biologique en France : écologie ou mythologie, Presses Universitaires, Grenoble France, 179 p.
- CSA, 2014. Baromètre de consommation et de perception des produits biologiques en France. 11^{ème} édition. Etude n°1400162. Mai 2014 (www.agencebio.org).
- Guyomard H., 2009. Politiques publiques et agriculture biologique. *Innovations Agronomiques*, 4, 499-511.
- Lamine C., Penvern S., 2011. La Bio en plein boom – un tournant à bien négocier. *Déméter 2011 Economie et stratégie agricoles*, 79-149.
- Sautereau N., 2009. Soutenir le développement de l'AB : conseils et dispositifs incitatifs à la conversion. In: Transitions vers l'agriculture biologique, Lamine C. et Bellon S., 193-218.

Questions / Réponses

► **B. Albon** : Avec les facilités réglementaires et les aides associées à la conversion au Bio, ne va-t-on pas vers une « industrialisation » de l'Agriculture Biologique ?

S. Penvern : C'est effectivement ce que certaines sociologues observent et identifient comme une « conventionnalisation » de l'AB. L'AB reste malgré tout plurielle et plusieurs modèles coexistent. Il s'agit à mon avis d'accompagner tous ces modèles vers des pratiques performantes toujours plus vertueuses et ainsi tendre vers les principes fondateurs de l'AB (voir les 4 principes de l'IFOAM).

► **C. Gloanec** : Quelle est l'évolution du Bio ? Sort-on de cette tendance de niche ?

S. Penvern : Oui, si l'on regarde les taux de croissance, la reconnaissance institutionnelle et sociale, ou la généralisation de l'AB dans les filières et circuits de distribution.

► **C. Brunet** : Quelle est l'évolution de la politique « aller vers l'AB » et « Accompagner les Agriculteurs ? Qui participe et comment ?

Pourquoi ne pas identifier les agricultures « propres » qui n'ont pas toujours la possibilité de rentrer dans l'AB car elles ne rentrent pas dans les critères imposés par la politique actuelle ?

S. Penvern : Oui, participe : au niveau international l'IFOAM, au niveau national la FNAB pour ce qui est des syndicats et organisation de lobby politique. Mais s'ajoute aussi les consommateurs qui orientent le marché et le développement du secteur. Les agricultures « propres » sont à mon avis celles valorisées dans le programme « Agroécologie » du Ministère. Je suis d'accord, certains acteurs de l'AB avaient tendance à stigmatiser l'agriculture conventionnelle et les politiques publiques, et plus largement les normes standards actuelles acceptent peu la diversité et les « cas particuliers ».

> État des lieux de l'Agriculture Biologique à La Réunion

V. NEWTON GAZZO¹
gabreunion@gmail.com

Résumé

C'est en 2004 que l'agriculture biologique prend racine sur notre île. À l'époque une dizaine de producteurs se lancent dans l'aventure, sans aucun soutien technique ni financier et sans aucune expérience. Dix ans plus tard ils sont plus de 160 agriculteurs engagés dans cette agriculture respectueuse de l'environnement et des hommes. Cette filière est bien implantée et représentée dans le monde agricole réunionnais. Elle s'organise pour répondre au mieux aux besoins des producteurs. Les pouvoirs publics soutiennent cette jeune filière, en lui donnant des moyens humains et financiers nécessaires. Le développement de l'Agriculture Biologique se traduit également par une augmentation des systèmes de vente qui s'adapte aux besoins des consommateurs de plus en plus nombreux.

Historique

En 2004, date des premières certifications sur notre île seulement sept producteurs se lancent dans l'aventure. Dix ans plus tard on compte 157 agriculteurs. Cette forte progression s'opère à partir des années 2010/2011 avec plus de 45 % pour le nombre d'exploitations et plus de 38 % pour les surfaces (source : Agence Bio). Cette augmentation peut s'expliquer par la mise en place de l'aide POSEI que permet aux producteurs AB de toucher 0,80 centimes par kg vendu à une coopérative.

Structuration de la filière

Plusieurs associations et organismes vont intervenir dans la structuration de la filière : l'AVAB, Bioconsomm'acteurs, le GAB, les coopératives, les organismes de recherche, les certificateurs.

Le GAB existe depuis 2005 cette association gère l'aide à la certification depuis quelques années, elle est l'interlocuteur entre les producteurs et les partenaires scientifiques et financiers. Cette structure a pour mission de développer et de promouvoir l'agriculture biologique sur l'île. Un poste de technicien a été créé en 2011 pour assurer le suivi des agriculteurs sur le terrain. La création d'un site internet assure également la promotion des producteurs. Ce site est une source d'informations administratives et techniques pour les agriculteurs il permet également aux particuliers de trouver des produits Bio au plus proche de chez eux. Cet outil est en place depuis 2013, il est mis à jour régulièrement. Un espace professionnel est disponible depuis peu il permet aux

producteurs d'échanger, de mutualiser leurs commandes, de passer des petites annonces. Plusieurs manifestations et marchés *péi* permettent également aux producteurs de se faire connaître.

La production agricole biologique à La Réunion

La production agricole évolue lentement les premières années ce n'est quand 2011 quelle progresse fortement avec une augmentation de plus de 88 % pour le nombre de producteurs et de plus de 101 % pour l'augmentation des surfaces.

On observe dans le tableau précédent de fortes discordances entre le recensement agricole et l'agence bio. Cependant, les données de cette dernière sont réputées plus fiables, car tout producteur en agriculture biologique est tenu de se déclarer à cette agence : elles compilent les données de deux certificateurs : OCTROI (IRQUA) et ECOCERT.

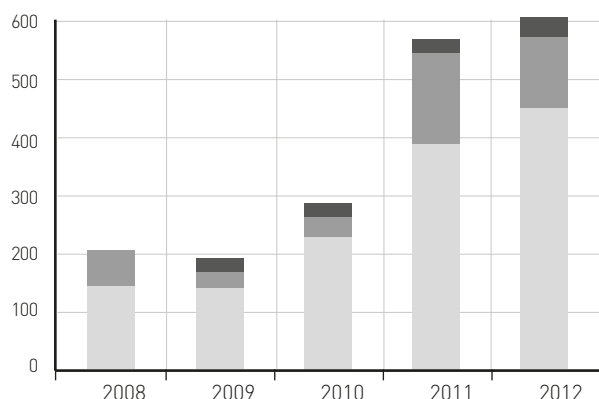
1. **GROUPEMENT AGRICULTURE BIOLOGIQUE DE LA RÉUNION**
304 bis route de Mafate, 97460 Saint-Paul, La Réunion, France

Tableau 1 Évolution du nombre d'exploitations et de surfaces en bio à La Réunion.

Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2010
Source	Chambre Agriculture	Agence Bio						RA ¹
Exploitations certifiées ou en conversion	24	31	47	50	61	115	126	46
Progression annuelle		+ 29 %	+ 52 %	+ 6 %	+ 22 %	+ 88 %	+ 10 %	
Surfaces agricoles en bio ou conversion	130		203	188	277	556	594	112
Progression annuelle			+33 %	- 7,5 %	+ 47 %	+ 101 %	+ 7 %	
Surface moyenne par exploitation	5,6		4,3	3,8	4,5	3,3	4,7	2,4

▼ SURFACES AGRICOLES UTILES EN PRODUCTION VÉGÉTALE

Figure 1 Surfaces certifiées et en conversion à La Réunion (source : Agence Bio).

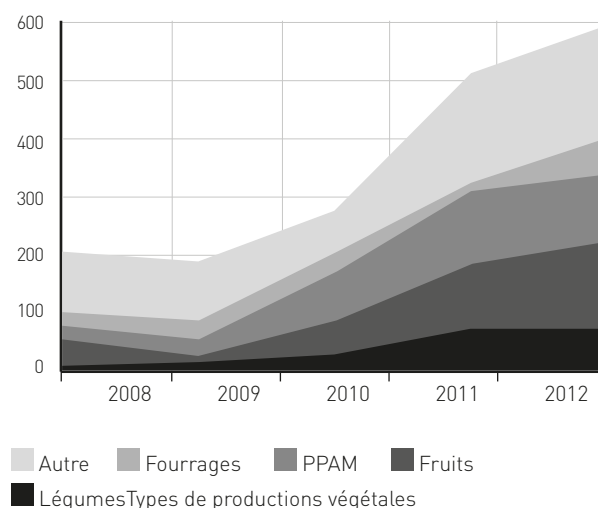


■ C2 / C3 ■ C1 ■ Surfaces certifiées bio

Ainsi la production biologique à La Réunion a bénéficié d'une forte hausse en 2011, avec un quasi-doublement du nombre d'exploitations et plus d'une centaine d'hectares en plus. La Réunion représente la moitié des exploitations bio des DOM, ainsi que des transformateurs et distributeurs. Elle se place en 2^e position en termes de surfaces derrière la Guyane.

La catégorie « Autres » représente 1/3 des surfaces certifiées. Il semblerait qu'elle représente des surfaces certifiées, mais non encore exploitées. Dans ce cas, elles n'appartiendraient pas à la surface agricole utilisée.

Figure 2 Surfaces certifiées et en conversion à La Réunion (source : Agence Bio).



La SAU (Surface agricole Utile) en agriculture biologique ou en conversion vers l'agriculture biologique représente 1,4 % de la surface agricole totale en 2013 (sources agence bio)

Les productions sont variées : légumes, fruits, plantes aromatiques et médicinales, plantes aromatiques et à parfum, prairies, vanille et élevage.

Source Agreste Réunion d'après RA 2010	Superficie (en ha)	Nombre d'exploitations
Agriculture biologique	87	31
Agriculture en conversion	25	23
Agriculture biologique ou conversion	112	46
Légumes	15	22
Fruits	12	24
Prairies	21	64
Autres cultures	64	35
Élevages		8

Les productions concernées sont variées : fruits ¼ de surfaces, légumes 1/8, élevages, plantes aromatiques 1/5 des surfaces, notamment la vanille.

Si on considère que 1 %⁰¹ de la surface agricole utilisée est en bio (certifiée ou conversion) et qu'on ne différencie pas la valeur de productions bio de celles du conventionnel⁰², on peut estimer une création de valeur liée à l'agriculture bio sur l'année 2010 (on néglige ici les activités d'élevage).

▼ RÉPARTITION DES PRODUCTEURS EN 2014

Nous avons 58 % des producteurs installés dans la zone Sud de l'île, ils représentent le plus fort pourcentage. La zone Nord est la plus dépourvue d'agriculteurs ce qui peut s'expliquer par le manque de terres agricoles. La zone Ouest représente 18 % des producteurs et on note un pourcentage de 28 pour la zone Est (source : Agence Bio).

Productions animales actuelles

En termes de production animale, les élevages certifiés sont très rares et les cheptels très réduits. Seule l'apiculture représente une production non marginale par rapport au conventionnel.

En 2014, on compte 19 éleveurs de poulet de chair, 15 de poules pondeuses, 4 de porcs, 6 en miel, 2 en chèvres et 2 en bovins.

L'apiculture représente une production non marginale par rapport au conventionnel avec 488 ruches en 2013. L'approvisionnement reste un frein au développement de cette filière, nous avons en effet que 1 000 poules pondeuses et 383 poulets de chair en 2011.

▼ PROBLÉMATIQUES RENCONTRÉES

Cet approvisionnement reste difficile, il doit faire face à une réglementation exigeante et technique.

Le coût des aliments reste également un frein non négligeable.

Enfin, l'approvisionnement de semences biologiques est problématique, car en tant que matériel végétal non traité, il est souvent bloqué aux Douanes. Une étude est en cours pour adapter l'importation de semence bio à ce contexte insulaire, cette étude sera suivie par la Direction de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt (DAAF).

En 2012 un essai d'importation de maïs bio de Madagascar a été réalisé par le GAB mais des problèmes sanitaires ont stoppé cette initiative. Le Cirad reprend ce projet d'importation.

La transformation

En 2014, on compte 19 transformateurs dans les secteurs des fruits et légumes, de l'alimentation animale, grains et produits amylacés et des produits de boulangerie pâtisserie.

Comme pour le secteur de l'élevage l'importation de certaines matières premières reste difficile au vu des volumes, le coût de ces matières premières reste élevé.

La mise en place d'un atelier de transformation a beaucoup de mal à émerger les volumes à transformer restant faible par rapport à l'investissement.

La commercialisation

Il existe aujourd'hui plus de 20 magasins qui proposent des produits frais locaux et des produits secs d'importation, ils sont répartis sur toute l'île. Les GMS (grandes et moyenne surface) s'intéressent également aux produits frais en AB, des démarches sont en cours avec une nouvelle structure Uprobio. En effet, cette association a pour but la commercialisation des productions de ces adhérents en grandes surfaces.

Actuellement, les agriculteurs ont plusieurs mode de vente, vente directe à la ferme, vente directe sous forme de paniers, vente sur les marché forain, marché *péi*.

La promotion de cette commercialisation passe également par le site internet qui met en avant les productions et simplifie les recherches des particuliers.

Les aides à la filière

Il existe depuis 2011 une aide à la production en AB, le « POSEI », d'un montant de 0,80 centimes du Kg à condition de vendre la production à une coopérative ou un organisme agréé.

Le crédit d'impôt lui existe depuis de nombreuses années son montant est cumulable avec l'aide « POSEI » ou les mesures agroenvironnementales. Par contre, l'aide « POSEI » n'est pas cumulable avec les mesures agroenvironnementales.

Une aide à la certification est également disponible, elle est gérée par le GAB depuis 2011.

Conclusion

À l'instar du marché mondial, le marché réunionnais des produits agricoles et agro-alimentaires certifiés agriculture biologique est en pleine expansion.

La production agricole biologique à La Réunion a débuté très progressivement, du fait de son éloignement des marchés

01 Estimation calculée à partir des 2/3 des 1,4 % de la SAU engagée en bio (Chiffre pour l'année 2012, en 2010, la part était de 0,7 %), selon l'Agence Bio, ce qui permet de ne considérer que la Surface Agricole Utilisée en bio, en ôtant le 1/3 des surfaces recensées en bio dans la catégorie «Autre», à priori non encore exploitée.

02 Ceci revient à sous-estimer la production bio, car on ne tient pas compte du prix de vente plus élevé de la plupart des produits bios.

et des intrants utilisables en agriculture biologique mais également de par les spécificités de climat et de productions, qui ont nécessité la mise en place d'itinéraires techniques spécifiques en agriculture biologique.

La demande en fruits et légumes bio n'est pas entièrement satisfaite. Côté productions animales, on ne produit à La Réunion que des œufs en agriculture biologique et de façon assez marginale par rapport à la demande correspondante.

Les débouchés habituels pour les agriculteurs bio sont la vente directe à la ferme, les marchés forains et les magasins

spécialisés. Ces dernières années, un nombre important d'agriculteurs se sont convertis en bio, souvent intégrés aux coopératives préexistantes en conventionnel qui vendent les produits en vrac ou en transformés aux GMS et cuisines centrales.

La production et la filière agriculture biologique apparaît donc à un tournant en terme de structuration et de volumes de production. La structuration de la filière pour la fourniture de nouveaux marchés (GMS, cuisines centrales, export) est en cours.

Références bibliographiques

■ Agence Bio les chiffres clés 2012-2013, liste des adhérents en 2014.

■ Agrest primeur sur le marché biologique mondial. Nuernberg Messe, Bio. Fach. octobre, 2011.

■ GAB, Guide répertoire de l'agriculture Bio à La Réunion 2012-2013.

■ Rapport de l'agence régionale de développement d'investissement et d'innovation : Etude de faisabilité sur le développement d'une filière économique basée sur l'agriculture Biologique. Cyathea, octobre 2013.

> Les enjeux de la valorisation et du transfert

C. GLOANEC¹ | C. CRESSON²
caroline.gloanec@gmail.com

celine.cresson@itab.asso.fr

Résumé

La question de la valorisation et du transfert demande à être reconsidérée dans les projets de recherche et développement en agroécologie et sur l'Agriculture Biologique. Ces nouveaux savoirs sont parfois peu appropriés au système de transmission classique. VALOMIEUX est un projet qui capitalise les expériences de valorisation et de transfert sur les projets de ce type et propose aux acteurs des réflexions, méthodes et outils. Biophyto et VALOMIEUX ont échangé ensemble sur ces nouvelles pratiques et proposent de mutualiser leurs expériences pour la faire partager. Les différents outils (web, vidéo, supports) utilisés dans les projets sont des exemples d'inspiration quant à leur construction (méthode d'animation), dans leur forme et leur contenu. Biophyto expérimente certains de ces outils dans son travail de valorisation et de transfert.

Mots-clés : valorisation, transfert, outils

Introduction

Nous avons pu voir dans les différentes présentations la complexité des nouveaux savoirs scientifiques. La question se pose aussi sur le transfert et la valorisation des résultats de projets de R&D. Dans le cadre du projet Biophyto, nous avons eu la chance de travailler en collaboration avec le RMT DévAB – Réseau Mixte Technologique pour le Développement de l'Agriculture Biologique – avec l'ACTA⁰¹ ainsi qu'avec le projet VALOMIEUX coordonné par l'ITAB⁰² (2012-2014). Dans ce projet, se pose la question de la valorisation des résultats de recherche et développement : pourquoi et comment mieux valoriser les résultats des projets de recherche ? Nous allons voir quels sont les premiers retours d'expériences, les outils et les pistes proposées.

Retours d'expériences du projet VALOMIEUX

VALOMIEUX est une action complémentaire, financée par le CASDAR (Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural) pilotée par l'ITAB en partenariat avec Initiative Bio Bretagne, le Pôle Scientifique AB Massif Central, ABioDoc, la DGER-Formabio et 10 lycées agricoles pilotes des régions Bretagne et Massif Central. Ce projet

visé à coconstruire, centraliser l'information à connaître et proposer des clés pour mieux valoriser les résultats des projets de R&D et aussi mieux faire participer les lycées agricoles dans les projets de R&D.

▼ QU'EST-CE QUE LA VALORISATION?

La valorisation c'est la transformation et l'enrichissement de connaissances par l'échange avec les acteurs-cibles (acteurs du développement, formation, agriculteurs, etc.) afin qu'ils les utilisent dans leur contexte local. Ainsi, la valorisation des résultats de recherche appliquée, c'est donner de la valeur aux résultats de recherche en les replaçant dans un contexte agricole, où ils sont mis en perspective et interpellent d'autres connaissances produites par d'autres acteurs. C'est dans cet échange que les résultats du projet de recherche prennent tout leur sens.

Quand on parle de produits de valorisation, on parle généralement de productions matérielles (des fiches pratiques, un support multimédia, un guide, un outil d'aide à la décision, des modules de formations, une conférence) sous formes de livrables mais ce sont aussi des résultats intangibles de la démarche de valorisation, des innovations (un réseau, un nouvel angle d'approche d'un problème de développement, une méthodologie, une association de savoir-faire et de connaissances scientifiques pour répondre à une situation donnée, un réseau).

Il faut bien comprendre que la valorisation c'est plus que :
- de la valorisation économique « classique ». La valorisation des recherches n'a pas uniquement un but économique comme dans le cas des brevets ou du développement d'un nouveau produit/procédé. Elle permet aussi aux partenaires (acteurs et chercheurs) de mieux connaître leur environnement physique, social, économique pour être plus performants dans leur activité.
- de la diffusion, du transfert, de la communication, autant de moyens de valoriser des résultats en les faisant connaître, mais qui n'assurent pas l'appropriation des connaissances par le public ciblé.

1. CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION

2 Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France

2. ITAB, INSTITUT TECHNIQUE DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE

149 rue de Bercy, 75012 Paris, France

01 ACTA - Association de Coordination Technique Agricole

02 ITAB - Institut Technique de l'Agriculture Biologique

- du descendant ! La valorisation vers le public non scientifique sort d'un schéma descendant chercheurs-acteurs du développement-agriculteurs, chacun ayant des connaissances à faire connaître qui enrichissent les résultats de recherche et permettent de les adapter pour ensuite les diffuser.
- de la valorisation scientifique par et pour les chercheurs ! Il ne faut pas oublier que lorsque la valorisation des résultats ne se fait qu'au niveau d'articles scientifiques, on restreint le public visé.

La coconstruction de la valorisation bénéficie à tous :

- pour les chercheurs : c'est une reconnaissance de leurs travaux de recherche par la société, l'enrichissement de leurs savoirs par une meilleure connaissance du terrain et une participation active au développement local ;
- pour les acteurs du terrain (*agriculteurs, techniciens, formateurs ou chercheurs...*) : c'est une reconnaissance de leur rôle localement et l'apprentissage de connaissances utiles pour progresser dans leurs activités ;
- pour tous : cela revient à mieux comprendre son entourage professionnel et son milieu, pour agir plus efficacement et faciliter l'innovation par l'échange et cela permet un meilleur partage des savoirs, la création de réseaux.

Valoriser les résultats de recherche appliquée, c'est redonner du sens aux recherches en renforçant le lien entre recherche et terrain. Or, constat est fait aujourd'hui qu'il existe encore trop souvent des résultats non valorisés à hauteur de leur potentiel et qui n'atteignent pas suffisamment leur public. En effet, les résultats issus de la recherche agricole ne semblent pas suffisamment adaptés et diffusés aux utilisateurs finaux : par manque de temps, d'argent, ou de considération. C'est une perte de connaissances et donc un gaspillage du temps et du budget dédié à la recherche. Mais il y a déjà de bonnes initiatives à suivre (cf. Biophyto !)

▼ COMMENT FAIRE POUR MIEUX VALORISER UN PROJET DE RECHERCHE?

Qui ? Jusqu'ici, ce sont souvent les acteurs du développement qui prennent la responsabilité de valoriser les recherches, car ils sont à l'interface entre la recherche et le terrain, ils ont un rôle de relais et un réseau de contacts. Pourtant, tous les partenaires du projet devraient se sentir concernés, chacun peut valoriser dans son réseau les résultats du projet.

Quand ? La valorisation se pense dès la conception du projet de recherche, en partenariat avec les partenaires du projet et les bénéficiaires finaux. Elle peut être menée en parallèle du projet de recherche, « au fil de l'eau », permettant le dialogue entre recherche et agriculteurs et l'appropriation progressive des résultats au rythme de l'avancée du projet de recherche. Si la valorisation des recherches n'a pas été prévue ou est insatisfaisante, elle peut se faire aussi une fois les recherches terminées, donc *a posteriori*. Cette situation ne permet pas l'appropriation progressive des résultats et limite la possibilité des acteurs du terrain d'interagir avec

les chercheurs pour adapter au fur et à mesure les résultats à leurs besoins, aussi elle est plutôt déconseillée.

Combien ? La valorisation est un projet qui demande de la réflexion et doit respecter quelques principes clés. Elle demande notamment un investissement personnel et financier dont il faut être conscient. Ainsi, construire des produits de valorisation, c'est-à-dire diffuser des connaissances adaptées sur un support pertinent, demande du temps (entre quelques mois et plusieurs années, selon la complexité du projet retenu).

Le budget nécessaire varie aussi beaucoup, selon la complexité et le nombre de produits de valorisation envisagés, mais peut coûter par exemple 2000€ (vidéo), 20 000€ (dossier de sensibilisation : document de 14 pages en 500 exemplaires, article, site web, présentation orale) ou 100 000€ (coffret multimédia).

L'argent ne faisant pas tout, on peut tout à fait réussir à valoriser son projet de recherche avec peu de moyens mais en ciblant les bons relais et les bons formats de diffusion grâce à un travail collectif approfondi.

Dans tous les cas, la valorisation demande implication et motivation sur la durée. Nous allons vous présenter quelques principes clés à respecter pour s'assurer de son bon déroulement.

Pour bien valoriser, les clés de la valorisation sont :

- coconstruire, c'est-à-dire de faire réfléchir ensemble chercheurs, acteurs du développement, formateurs et agriculteurs, pour concevoir de nouvelles solutions, adapter le projet de valorisation, partager et s'appropriier les connaissances ou repérer les innovations ;
- anticiper, structurer, accompagner le projet pour rester dynamique, faciliter l'utilisation des connaissances et vérifier que le message est compris par ses destinataires ;
- communiquer, c'est-à-dire transmettre, connaître et comprendre ses partenaires atteindre son public, faire reconnaître le projet.

▼ COCONSTRUIRE

La coconstruction passe par la formation d'un partenariat qui rassemble les différentes parties prenantes du projet. Chacun doit prendre conscience que c'est important de travailler ensemble car, ensemble, les partenaires transforment et adaptent les savoirs :

- les chercheurs, qui apportent les connaissances scientifiques, expliquent leurs résultats et valident scientifiquement les produits de valorisation.
- les acteurs du développement, qui apportent les connaissances des acteurs du terrain et des réseaux, font le lien avec le terrain et relaient les produits de valorisation.
- les agriculteurs, bénéficiaires du projet de recherche, qui apportent des savoirs pratiques et participent à l'adaptation de la valorisation à leurs besoins, ils légitiment le projet localement.

- les formateurs qui ciblent les besoins pour la formation et apportent une vision pédagogique.
- les pouvoirs publics qui légitiment le projet, donnent de la visibilité et peuvent être un appui financier.

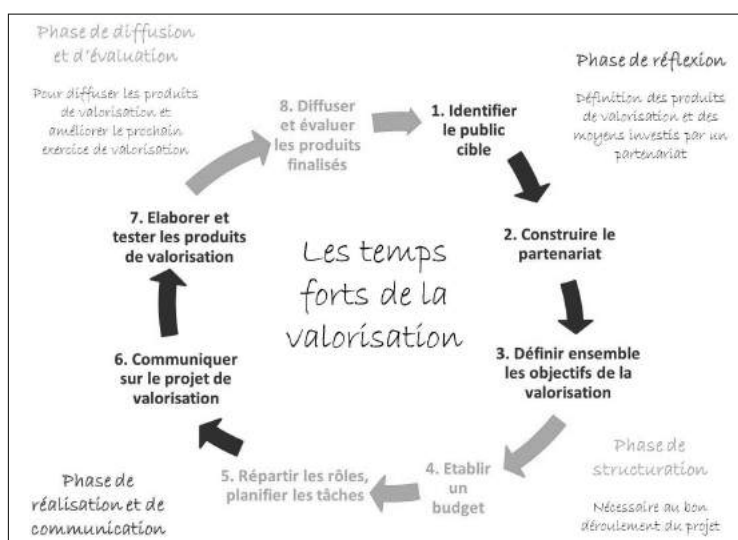
Lors de la formation du partenariat, il faut veiller à le diversifier, c'est-à-dire à intégrer des partenaires de milieux professionnels, d'origine géographique, de positionnements différents, pour constituer un réseau efficace qui permette de toucher le maximum de monde et faire foisonner les idées. Il faut par exemple penser à intégrer les lycées agricoles (enseignants ou ferme de démonstration) pour penser avec eux aux sorties possibles du projet pour les formateurs/apprenants.

Cependant, il faut aussi éviter d'associer des acteurs trop opposés ou trop nombreux pour limiter des blocages systématiques. Avec des partenaires d'horizons différents, les attentes, intérêts, méthodes de travail et échelle de temps ne seront pas forcément les mêmes. Pour éviter les conflits, il faut donc absolument consacrer du temps à l'interconnaissance, en particulier au début du projet de valorisation.

Tout au long de la construction du projet de valorisation, les partenaires doivent rester mobilisés, et le public cible est impliqué (via des enquêtes, des représentants impliqués dans l'élaboration du produit de valorisation, les tests du produit, des journées d'information, des ateliers, des démonstrations etc...). Le partenariat ainsi créé est aussi un produit de la valorisation à ne pas mésestimer et à entretenir.

▼ ANTICIPER, STRUCTURER ET ACCOMPAGNER

Figure 1 Les étapes clés de la valorisation (source : VALOMIEUX).



Une première phase de réflexion autour du projet de valorisation doit permettre d'identifier le public cible, de mobiliser et construire un partenariat chargé de la valorisation des résultats de recherche qui va définir ensemble plus précisément les objectifs de la valorisation.

À cette première phase succède une phase de structuration du projet, nécessaire au bon déroulement du projet. Durant cette phase, les partenaires se répartissent les rôles, planifient les tâches et établissent un budget propre à l'exercice de valorisation.

Une fois que la valorisation est organisée, les partenaires peuvent passer à la réalisation proprement dite, soit à l'élaboration et au test des produits de valorisation élaborés. Une fois finalisés, les produits de valorisation sont diffusés selon le plan de diffusion/communication prévu, et la démarche ainsi que le projet de valorisation sont évalués pour tirer des enseignements de cette expérience et les réutiliser pour un prochain projet de recherche.

L'organisation de la valorisation (via un plan de valorisation) permet de ne pas se disperser dans tous les sens. Pour cela, pas de secret, les outils de gestion et de suivi « classiques » de projet peuvent être mobilisés (exemples : tableau d'avancée de projet, calendrier des échéances, comptes rendus écrits, GANTT). Il est essentiel de systématiquement garder une trace écrite des réflexions en cours de projet, notamment par les comptes rendus de réunion, pour garder les arguments soulevés par écrit.

Pour s'assurer du bon fonctionnement du partenariat et du projet, il faut absolument identifier un animateur référent du projet de valorisation. Il favorisera la cohésion du groupe et la cohérence de la démarche de valorisation sur la durée. Il a un rôle de médiateur, est présent sur une longue durée, a du temps à consacrer au projet, travaille avec le groupe mais pas pour le groupe.

▼ COMMUNIQUER

La communication est centrale dans un projet de valorisation. Elle se prévoit en amont de la démarche de valorisation par un plan de communication qui permet de définir les objectifs de la communication et de les planifier, définit une identité visuelle commune à tous les supports utilisés (logo, charte graphique). La communication autour de la démarche de valorisation est utile si elle atteint ses cibles : cela demande de caractériser ses publics et de connaître leurs modes de communication afin d'adapter le langage et les supports. Enfin, une bonne communication passe par une bonne identification et mobilisation de canaux de diffusion qui relaient l'information jusqu'au public ciblé. Proposer plusieurs niveaux de lecture : si on est profane ou si on est plus expérimenté (avec des encarts pour aller plus loin, des références).

On doit communiquer tout au long de la démarche de valorisation, mais avec des objectifs différents :

- au début du projet, on communique pour obtenir un financement, intéresser/mobiliser d'autres partenaires, informer son réseau de diffusion du lancement du projet.
- en cours de projet, on communique sur les résultats scientifiques intermédiaires, en veillant toutefois à les replacer dans leur contexte, et en ne créant pas d'attente trop forte de la part des bénéficiaires. Cela permet de maintenir l'intérêt des relais de diffusion et du public, de garder une dynamique autour du projet.
- en fin de projet, la communication finale est la plus évidente, puisqu'elle consiste à diffuser les produits de valorisation finalisés aux réseaux de diffusion. Annoncer via de multiples canaux et relais (web, papier, rencontre...) la sortie des résultats du projet.

Aujourd'hui la communication en cours et en fin de projet sont souvent négligées.

Pour communiquer aujourd'hui, il faut penser à utiliser les outils web, tout en vérifiant leur pertinence selon le public ciblé. On néglige encore trop souvent les outils 2.0 et réseaux internet (réseaux sociaux, blog, site internet, newsletters, bases de données, forums...).

Autre clé de la valorisation, l'accompagnement: il permet d'aider les bénéficiaires dans l'apprentissage des connaissances véhiculées par les produits de valorisation. C'est par exemple la création de notices d'utilisation, de fiches explicatives, de présentation ou de formation. Pour pouvoir s'appropriier les connaissances, les bénéficiaires doivent pouvoir utiliser et comprendre facilement les produits de valorisation. Pour s'en assurer, il faut que ces produits soient testés auprès d'un échantillon d'utilisateurs. Ils doivent ensuite être retravaillés pour tenir compte de ces retours des utilisateurs. Le travail n'est donc pas terminé !

Enfin, il faut évaluer les résultats immatériels (échanges de savoirs, mise en place de réseaux, mobilisation de nouveaux acteurs, modification des pratiques, satisfaction) et matériels (nombre de tirages distribués ou vendus, fréquentation). Bien que ce soit la dernière étape du cycle de valorisation, l'évaluation doit être préparée avant la diffusion des produits de valorisation, pour être rapidement mise en place le moment venu. C'est une étape très importante pour donner une suite à la collaboration entre partenaires ou tout simplement être plus efficace lors du prochain projet de recherche !

Quelques outils précieux / exemples de Biophyto

Lors du montage d'un projet de recherche, il est important de prévoir, dès cette étape, une action dédiée à la valorisation des résultats qui comprendra un plan de valorisation et de communication : quelques messages ciblés, adaptés et qui seront diffusés via des articles dans la presse agricole, des démonstrations ou des documents techniques selon le public ciblé.

À titre d'exemple, on peut trouver des agriculteurs qui privilégient la transmission orale, le bouche à oreilles entre voisins, les informations pratiques et les démonstrations concrètes des résultats de recherche, et des techniciens/formateurs qui s'informent via des brochures plus techniques ou leurs réseaux internes. Mais attention, il existe bien d'autres usages et habitudes chez ces catégories professionnelles, d'où l'importance de bien caractériser ses cibles avant de prévoir la présentation des informations qui leur seront destinées.

Pour changer un peu de pratique, on peut aussi penser à la vidéo, ce peut être un diaporama mis en ligne avec des commentaires écrits et/ou audio mais ce peut être aussi une vidéo réalisée avec un simple téléphone ou une caméra de qualité selon les moyens dont on dispose.

Dans le cadre de Biophyto, on peut notamment citer en exemples à démultiplier : les séances de travail sur le terrain ou la formation inter professionnelle, la rédaction de documents techniques (clés de reconnaissance, fiche ravageurs), guide, posters ou dvd, coconstruits en juxtaposant des savoirs scientifiques, savoirs faire et les retours d'expériences des agriculteurs. Le rôle de l'animateur est crucial également, grâce à sa conception originale qui concilie les trois mondes Recherche, Développement, et Professionnels, et grâce également aux compétences d'animation (formation au dialogue territorial).

N'hésitez pas, pour aller plus loin à consulter le site : www.valomieux.blogspot.fr

> Perspectives : l'après Biophyto

J.-P. DEGUINE¹ | C. GLOANEC² | P. THOMAS³ | L. MAILLARY³
jean-philippe.deguine@cirad.fr

Le projet Biophyto a permis de confronter les principes de l'agroécologie aux réalités du terrain (vergers de manguiers à La Réunion). Les premiers résultats et les perceptions constituent des retours d'expériences originaux et porteurs d'espoirs. La protection agroécologique s'inscrit dans une stratégie phytosanitaire privilégiant les mesures préventives (prophylaxie) et reposant sur des techniques de gestion des habitats. Cette évolution marque une vraie rupture dans les raisonnements et les pratiques actuelles, incluant une base agrochimique ; elle est parfaitement en harmonie avec les plans nationaux, notamment le Plan ÉCOPHYTO 2018.

Aussi le développement de pratiques agroécologiques telles que celles mises en place dans le projet Biophyto, doit faire l'objet d'une attention particulière et d'un soutien par les pouvoirs publics. Les agriculteurs, qu'il s'agisse des agriculteurs Bio déjà convaincus par une telle approche, ou des agriculteurs « conventionnels » ouverts à changer leurs habitudes, sont aujourd'hui prêts à poursuivre l'expérience. Ce soutien doit d'autant plus être apporté que les premières années de mise en place de pratiques agroécologiques et de suppression des traitements sont les plus difficiles, les plus sujettes à des difficultés socio-économiques liées à de possibles pertes de production. Par ailleurs, le transfert

doit s'organiser chez les organismes qui en sont chargés, notamment la Chambre d'agriculture de La Réunion et les organisations professionnelles agricoles, conventionnelles ou AB. Enfin, chez les organismes de Recherche et d'Expérimentation, sur un plan technique, agronomique ou socio-économique, certaines données complémentaires sont à recueillir (par exemple rendements mesurés, sans interférences de cyclones comme en 2012 et 2013), des expérimentations sont à poursuivre (mise au point d'un système adapté d'irrigation de la couverture végétale), et les résultats acquis ou en cours d'acquisition devront être convenablement valorisés. Ils pourront être caractérisés par les spécificités liées au contexte de la culture de la mangue à La Réunion, mais aussi présenter des aspects génériques permettant d'envisager des adaptations dans d'autres systèmes de production.

Dans ce contexte, des compléments sont envisagés en 2015, à travers un projet appelé BiophytoMANG². Un programme expérimental portera sur l'amélioration de l'implantation d'une couverture végétale permanente et l'adaptation du système d'irrigation. La mesure des effets possiblement négatifs sur l'alimentation hydrique continuera d'être mesurée par ailleurs. Enfin, l'analyse fine des données acquises durant les 3 années du projet sera réalisée.

Questions / Réponses

► **J.-N. Aubertot** : Comment comptez-vous valoriser, pour d'autres productions agricoles, les résultats issus de Biophyto alors qu'ils portent sur des vergers de manguiers uniquement ?

P. Thomas : Une valorisation est possible par plusieurs moyens :

- l'existence du réseau ÉCOPHYTO qui est une plateforme de démonstration (exemple : DEPHY Canne à Sucre, DEPHY Mangue).
- l'existence d'action ÉCOPHYTO dans toutes les filières agricoles de l'île.
- le caractère « générique » du projet Biophyto qui repose sur des principes agroécologiques applicables aux autres productions, certes avec quelques adaptations.

1. CIRAD

UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

2. CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION

2 Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France

3. DAAF RÉUNION

Boulevard de la Providence, 97489 Saint-Denis Cedex, La Réunion, France

> Le Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle, une formation diplômante adaptable et adaptée aux enjeux de la protection agroécologique des cultures

P. LAURENT¹ | J.-P. DEGUINE² | R. GRAINDORGE³ | M. JACQUOT² | E. ROUX⁴ | G. ROSSOLIN³ | K. TÉCHER⁵ | D. VINCENOT³ | C. GLOANEC³
philippe.laurent@univ-reunion.fr

Résumé

La valorisation des résultats et la préparation au transfert du projet Biophyto prennent plusieurs formes. L'une d'elles s'opère via la mise en place d'un CUQP (Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle) en Protection agroécologique des cultures. Cette formation diplômante vise à former les professionnels à la protection agroécologique des cultures (PAEC). Organisée et délivrée par l'Institut Universitaire Technologique de l'Université de La Réunion, cette formation est originale dans sa forme, puisqu'elle est dispensée, de manière cohérente et complémentaire, par un consortium de partenaires du projet Biophyto. Cette formation est aussi originale dans son contenu : elle intègre à la fois les principes de l'agroécologie déclinée à la protection des cultures et les résultats de son application sur le terrain, à travers plusieurs projets. Deux sessions de formation ont été organisées en 2013 et en 2014, diplômant 26 apprenants, pour la plupart agriculteurs ou techniciens agricoles. C'est la première formation diplômante de ce type destinée aux professionnels et permettant l'acquisition de compétences dans le domaine novateur de l'agroécologie.

Mots-clés : Protection des cultures, agroécologie, CUQP, formation diplômante

Introduction

Développé dans le cadre du volet « formation » du projet Biophyto, la première édition du Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle, mention « protection agroécologique des cultures » (CUQP PAEC) a vu le jour en avril 2013. C'est la première formation diplômante destinée aux professionnels du monde agricole permettant l'acquisition de compétences dans le domaine novateur de l'agroécologie.

Qu'est-ce qu'un CUQP ?

Il s'agit d'une formation universitaire destinée à répondre à un besoin précis du monde professionnel. Elle complète les formations diplômantes de l'Éducation Nationale et de l'Enseignement Supérieur en proposant aux apprenants d'acquérir une qualification opérationnelle reconnue dans la mise en œuvre de techniques nouvelles et de développer les compétences associées à des métiers spécifiques. Son

volume horaire modulable en fonction des besoins pédagogiques lui permet d'être un outil de formation performant et adapté aux besoins d'une branche professionnelle.

Objectifs du CUQP PAEC

L'objectif de cette formation est d'accompagner les professionnels du monde agricole qui souhaitent changer de modèle de production en adoptant les principes de la protection agroécologique des cultures. Pour l'agriculteur ou le technicien agricole, cette transition nécessite de repenser la façon de gérer les populations de ravageurs et la préservation des insectes utiles. Cela passe par l'acquisition de connaissances nouvelles. À la fin de la formation, le concept d'agroécologie doit être compris et les pratiques doivent pouvoir être reproduites par les stagiaires. La formation et les échanges entre apprenants et avec les intervenants pédagogiques doivent permettre aux professionnels de reformuler leurs stratégies de protection des cultures en intégrant les principes de l'agroécologie.

1. IUT DE LA RÉUNION

40 Avenue de Soweto, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

2. CIRAD

UMR C-53 PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

3. ARMEFLHOR

1 Chemin de l'IRFA, 97410 Saint-Pierre, La Réunion, France

3. CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION

2 Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France

4. FDGDON

23 Rue Jules Thirel, Cour de l'Usine de Savanna, 97460 Saint-Paul La Réunion, France

5. OCTROI

10 Chemin Bancoulier, 97435 Saint-Paul, La Réunion, France

Organisation générale de la formation

Le CUQP PAEC est accessible aux salariés dans le cadre de la formation continue. La démarche peut être individuelle ou concertée avec un employeur dans le cadre d'un plan de formation ou du droit individuel à la formation. Son financement est généralement assuré par les organismes paritaires collecteurs agréés du monde agricole (Vivéa, Fafsea, Opcalim...), dans le cadre de la prise en charge de la formation continue des exploitants et salariés. L'effectif est volontairement limité à 14 étudiants afin de faciliter les échanges avec les formateurs.

Le format du CUQP ainsi que son contenu sont le fruit d'un travail collaboratif entre plusieurs structures issues des principaux domaines concernés et partenaires du projet Biophyto :

Chambre d'agriculture de La Réunion, Cirad, FARRE Réunion, FDGDON, Armeflhor, OCTROI, IUT. Les formateurs issus de ces organismes dispensent les enseignements et contribuent à leur amélioration en participant au conseil de perfectionnement du CUQP.

Le programme pédagogique de 36 heures réparties dans 4 unités d'enseignement, alterne les phases théoriques et pratiques sur 5 jours de formation. Le contenu est multidisciplinaire et progressif afin de fournir aux étudiants les connaissances (écologie, entomologie, agronomie...) nécessaires à l'appropriation des pratiques de la PAEC en partant des concepts vers une application personnalisée (Tableau 1).

Tableau 1 Programme pédagogique du CUQP PAEC.

Jour 1	UE 1 : Protection des cultures et agroécologie	<ol style="list-style-type: none"> 1. État des lieux de la protection des cultures <ul style="list-style-type: none"> - évolution de la protection chimique <ul style="list-style-type: none"> - aspects réglementaires - le biocontrôle - impacts sur la santé - certifications des exploitations <ul style="list-style-type: none"> - Agriculture Biologique - évolution des politiques - Certification Haute Valeur Environnementale 2. Les bases de l'agroécologie <ul style="list-style-type: none"> - éléments de contexte - concepts et axes directeurs - application de l'agroécologie à la protection des cultures - lutte biologique de conservation et gestion des habitats - application dans les recherches et les pratiques
Jour 2	UE 2 : Trois exemples réunionnais de protection agroécologique des cultures	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'agroécologie appliquée : <ul style="list-style-type: none"> - L'expérience du projet GAMOUR : conception et mise en œuvre, résultats, recommandations, perspectives <ul style="list-style-type: none"> - Biophyto - RESCAM - discussions autour de cas concrets 2. Visites de terrain
Jour 3	UE 3 : Arthropodes des cultures	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les catégories présentes dans les agroécosystèmes <ul style="list-style-type: none"> - les ravageurs : théorie et observations au laboratoire - les auxiliaires : théorie et observations au laboratoire 2. Visite de laboratoires 3. Visite de terrain et reconnaissance d'arthropodes <i>in situ</i>
Jour 4	UE 4 : La protection agroécologique du manguier	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visites de parcelles Biophyto : <ul style="list-style-type: none"> - biodiversité végétale et animale - influence des paysages 2. Enjeux et valorisation <ul style="list-style-type: none"> - enjeux agri-environnementaux - démarches environnementales des agriculteurs - quelle valorisation pour la démarche « Biophyto »?
Jour 5	Évaluations et bilan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Évaluation : orale (10 min par stagiaire) et écrite (1h) 2. Questionnaire de satisfaction, bilan de la formation et échanges

Les repas du midi et les transferts vers les parcelles pour les sorties sur le terrain sont pris en charge. Un kit de formation est fourni à chaque étudiant comprenant, outre le matériel nécessaire à la prise de note, les supports papier de toutes les interventions, 2 ouvrages spécialisés et une loupe de terrain pour l'observation des arthropodes (Figure 1).

Figure 1 Le Kit de formation (source : P. Laurent).

L'attribution du CUQP est conditionnée par la réussite aux évaluations (moyenne supérieure ou égale à 10/20 - évaluation écrite : 50 % de la note et évaluation orale : 50 % de la note). Une attestation de suivi de formation est remise au participant.

Bilan des deux premières sessions

La première édition a vu le jour en 2013 et a permis de former 13 professionnels (techniciens d'organismes agricoles, exploitants agricoles, ouvriers...) avec un taux de réussite de 100 % (Figure 2).

Figure 2 La promotion 2013 (source : P. Laurent).

En 2014, 14 personnes ont suivi la formation et 13 d'entre eux ont été diplômés (Figure 3).

Des questionnaires de satisfaction, distribués en fin de session, ont permis aux étudiants de juger la formation sur plusieurs items. Globalement la formation a été bien reçue, avec une large majorité de réponses positives (satisfaisant ou plus) : 93 % (2013) et 88,5 % (2014). Les points faibles et les suggestions d'améliorations ont été compilés et discutés lors des différents conseils de perfectionnement. Des solutions ont été apportées afin de répondre aux questions du plus grand nombre tout en préservant la cohérence et la spécificité de cette formation. Enfin un ouvrage de synthèse

reprenant le contenu de la formation (84 pages) a été rédigé par l'ensemble des partenaires et sera remis aux étudiants.

Figure 3 La promotion 2014 (source : P. Laurent).



Perspectives

Le CUQP PAEC est une formation adaptée aux questions actuelles de protection agroécologique des cultures et adaptables aux futures évolutions. Son fonctionnement participatif et son contenu multidisciplinaire et progressif, permettent l'élaboration d'une stratégie adaptée aux spécificités de chaque exploitation. Cette formation par les acteurs du monde agricole réunionnais et pour les acteurs du monde agricole réunionnais est le fruit de plusieurs années de réflexions et de pratiques autour de la PAEC. Elle concrétise la volonté d'une équipe d'accompagner les professionnels dans le changement du modèle agricole. Destinée à être reconduite sur le territoire réunionnais jusqu'à satisfaction des demandes et cette formation doit être prochainement étendue à la Région Sud-Ouest de l'Océan Indien afin de répondre aux préoccupations de nos partenaires régionaux.

Clôture du séminaire

> Discours de Gérald Boyer,

Président de l'AROP-FL

Mesdames, Messieurs,

Acteurs du monde Agricole,

Nous arrivons au terme de ce séminaire BIOPHTO, qui fut riche en apport de connaissances et d'expériences.

Comme je le disais durant mon discours d'ouverture, Biophyto constitue une première étape, « un premier pas » vers une agriculture durable. Des efforts doivent être fait et nous devons travailler d'avantage ensemble : acteurs de la recherche et de l'innovation mais aussi acteurs du terrain, agriculteurs et organisations de producteurs. C'est en associant nos efforts et nos connaissances que nous pourrons faire avancer notre agriculture.

Je souhaite donc à Biophyto de pouvoir exister au-delà de ces trois ans de projet et que le transfert aux producteurs, mais aussi aux techniciens, soit assuré. L'enjeu pour demain est d'avoir une agriculture réunionnaise qui soit durable d'un point de vue environnemental mais également économiquement viable. C'est en pensant à ces deux aspects que nous atteindrons l'Excellence !

Merci de votre écoute et pour votre participation à ce séminaire.

Annexes

> Programme du séminaire : avancées scientifiques et retours d'expériences.

▼ JOURNÉE 1 – MARDI 21 OCTOBRE 2014 : BILAN ET RETOURS D'EXPÉRIENCES DU PROJET

Présidents de séance : Jean-Philippe Deguine (Cirad) et Rachel Graindorge (Armeflhor)

- 8h30 Accueil et enregistrement
- 9h00 Inauguration (DAAF, Chambre d'agriculture de La Réunion, Cirad et AROP-FL)
- 9h30 Déroulement et attendus du séminaire (J.-P. Deguine, Cirad, C. Gloanec, Chambre d'agriculture de La Réunion)
- 9h45 Genèse, déroulement et bilan du projet BIOPHYTO (J.-P. Deguine, Cirad)
- 10h10 Pause café
- 10h30 Outils et enjeux de la coordination d'un projet partenarial. Outils d'évaluation et observatoire des impacts (Caroline Gloanec, Ida Guignard, Chambre d'agriculture de La Réunion)
- 10h55 Bilan des actions de formation, information et communication ; transfert et développement de la protection agroécologique des cultures (D. Vincenot *et al.*, Chambre d'agriculture de La Réunion)
- 11h20 La question de la valorisation commerciale pour une mangue en protection agroécologique des cultures (K. Técher *et al.*, OCTROI)
- 11h45 Échanges avec la salle
- 12h00 Pause déjeuner
- 13h30 Mise en place et suivis de pratiques agroécologiques en vergers de manguiers à La Réunion (R. Graindorge *et al.*, Armeflhor)
- 13h55 Insertion de biodiversité végétale dans les vergers de manguiers : les couvertures végétales (K. Le Roux, FARRE Réunion, C. Schmitt, ARMEFHLOR)
- 14h20 Implantation d'un système d'irrigation par aspersion : matériel et recommandations techniques (C. Gloanec, I. Guignard, Chambre d'agriculture de La Réunion)
- 14h40 Changement de pratique d'irrigation lié à une conduite agroécologique du manguiers : effets sur le bilan hydrique et la production (F. Normand *et al.*, Cirad)
- 15h05 Pause café
- 15h25 Des bandes fleuries pour favoriser la biodiversité fonctionnelle dans les vergers de manguiers à La Réunion (C. Schmitt *et al.*, ARMEFHLOR)
- 15h50 Insertion de plantes pièges, refuges ou réservoirs d'arthropodes en vergers de manguiers à La Réunion (T. Schmitt *et al.*, Cirad)
- 16h15 Impact sur les pratiques phytosanitaires et culturales. Evaluation de la satisfaction des producteurs et appropriation (C. Gloanec, I. Guignard, Chambre d'agriculture de La Réunion)

▼ **JOURNÉE 2 - MERCREDI 22 OCTOBRE 2014 : JOURNÉE SCIENTIFIQUE**
« BIODIVERSITÉ ET PROTECTION AGROÉCOLOGIQUE DES CULTURES »

Président de séance : Jean Noël Aubertot et Servane Penvern, INRA

Matin	Présentations scientifiques
8h00	Accueil et enregistrement
8h15	L'agroécologie et la gestion des interfaces double jeu pour le développement agricole et la conservation de la biodiversité (A. Herbreteau <i>et al.</i> , Parc National de La Réunion)
8h35	Démarche d'Aménagements Agroécologiques à partir de Plantes Indigènes dans les secteurs horticole, médicinal et mellifère (L. Gigord, Conservatoire Botanique National de Mascarin)
8h55	Indicateurs de biodiversité ordinaire et fonctionnelle : caractériser les liens entre l'état écologique des agroécosystèmes et les régulations biologiques dans les parcelles cultivées (A. Chabert, J.-P. Sarthou, ENSAT)
9h20	Protection agroécologique des cultures et gestion de la biodiversité (J.-P. Deguine <i>et al.</i> , Cirad)
9h45	La gestion de la biodiversité dans les agroécosystèmes biologiques (S. Penvern <i>et al.</i> , INRA)
10h10	Echanges avec la salle
10h20	Pause café
10h30	Approches innovantes pour appréhender la complexité des agroécosystèmes : contribution à l'amélioration des services de régulation des stress biotiques (J.-N. Aubertot, INRA)
10h55	Initiatives en protection agroécologique des cultures menées en partenariat par le Cirad en zones tropicales (A. Ratnadass, J.-P. Deguine, Cirad)
11h20	Point sur les recherches en protection des cultures à l'échelle européenne (J.-N. Aubertot, INRA)
11h45	Échanges avec la salle
12h00	Pause déjeuner
Après-midi	Résultats BIOPHYTO
13h30	Biodiversité des arthropodes dans les vergers de manguiers à La Réunion : suivi des bioagresseurs dans le réseau BIOPHYTO (M. Marquier, B. Albon, FDGDON)
13h50	Bioécologie de la Punaise du manguiier, <i>Orthops palus</i> (M. Atiama <i>et al.</i> , Cirad)
14h10	Statut de la régulation biologique de la Cochenille des Seychelles, <i>Icerya seychellarum</i> , par la coccinelle <i>Rodolia chermesina</i> en vergers de manguiers (C. Delpoux <i>et al.</i> , Cirad,)
14h40	Diversité des arthropodes dans les vergers de manguiers à La Réunion : inventaires et catalogues (D. Muru <i>et al.</i> , Cirad)
15h00	Pause café
15h20	Interactions plantes à fleurs - arthropodes dans les vergers de manguiers à La Réunion (J.-P. Deguine <i>et al.</i> , Cirad)
15h40	Richesse spécifique et recouvrement des couvertures végétales en période de floraison des manguiers à La Réunion (M. Jacquot <i>et al.</i> , Cirad)
16h00	Effet des pratiques agroécologiques sur l'évolution des communautés d'arthropodes en vergers de manguiers à La Réunion (M. Jacquot <i>et al.</i> , Cirad)
16h20	Effet des couvertures végétales, des pratiques culturales et du paysage sur les arthropodes prédateurs épigés dans les vergers de manguiers à La Réunion (M. Jacquot <i>et al.</i> , Cirad)
16h40	Échanges avec la salle

▼ **JOURNÉE 3 – JEUDI 23 OCTOBRE : VISITES DE TERRAIN ET ÉCHANGES « PRODUCTEURS »**

Organisation de la journée : Caroline Gloanec, Chambre d'agriculture de La Réunion

À destination des professionnels, cette journée permettra d'échanger sur l'expérience BIOPHYTO avec les producteurs du réseau et les partenaires autour de 2 visites de parcelle, d'un repas et des ateliers. Le nombre de place est limité à 80 personnes. 2 bus assureront le transport. Un bus partira de Saint-Pierre et un autre de Saint-Gilles. La réservation est obligatoire auprès de Caroline Gloanec – Chambre d'agriculture de La Réunion : caroline.gloanec@gmail.com ou 06.92.18.36.05.

7h30	Départ bus n°1 de l'IUT Saint-Pierre
8h30	Départ bus n°2 du parking Théâtre sur route du Théâtre – Saint-Gilles
9h00	Arrivée sur la parcelle 1
9h00	Début de la visite de la parcelle d'expérimentation : - présentation du projet et de la protection agroécologique des cultures, - présentation des travaux en cours (ravageurs ; diversité des prédateurs et influence des pratiques, de la diversité végétale et des paysages ; installation et gestion de couverture végétale ; matériel d'irrigation ; effet des pratiques sur le bilan hydrique et la production ; bandes fleuries ; plantes pièges et refuges ; impact sur les pratiques phytosanitaires et culturales ; les voies de valorisation commerciale) ; - présentation du Certificat Universitaire de Qualification Professionnel en Protection Agroécologique des Cultures.
11h00	Départ
11h30	Arrivée sur la parcelle 2
12h00	Déjeuner - Barbecue offert
Après-midi	Discussions et échanges : perspectives des pratiques du point de vue des producteurs, stands et discussion (reconnaissance auxiliaires, piégeage, système d'irrigation, phénologie du manguiers, ravageurs, bandes fleuries, témoignages producteurs, Agriculture Biologique, valorisation commerciale, formation, ...)
Avant 17h00	Retour du bus n°1 à l'IUT Saint-Pierre
Avant 17h30	Retour du bus n°2 au parking Théâtre sur route du Théâtre – Saint-Gilles

▼ JOURNÉE 4 - VENDREDI 24 OCTOBRE : JOURNÉE AGRICULTURE BIOLOGIQUE, AIDE AU TRANSFERT ET PERSPECTIVES

Présidents de séance : Philippe Laurent (IUT) et Caroline Gloanec (Chambre d'agriculture de La Réunion)

8h30	Accueil et enregistrement Synthèse des différents retours d'expériences
9h00	Synthèse des échanges entre agriculteurs de la journée 3- visites de terrain (Caroline Gloanec, Chambre d'agriculture de La Réunion)
9h25	DEPHY mangue : présentation des premiers leviers de réduction de phytosanitaires et les apports du projet BIOPHYTO au sein du réseau de ferme (Eric Lucas, Chambre d'agriculture de La Réunion)
9h50	Outils d'aide au transfert produits dans BIOPHYTO (J.-P. Deguine <i>et al.</i> , Cirad)
10h15	Échanges avec la salle
10h30	Pause café
	Développement de l'Agriculture Biologique
10h40	Dynamiques et enjeux de développement de l'Agriculture Biologique (S. Penvern, INRA, C. Cresson, ITAB)
11h05	État des lieux de l'Agriculture Biologique à La Réunion (V. Newton Gazzo, GAB)
11h30	Échanges avec la salle
12h00	Pause déjeuner

Perspectives : développement de la protection agroécologique des cultures et de l'agroécologie

13h30	Les enjeux de la valorisation et du transfert (C. Gloanec, Chambre d'agriculture de La Réunion, C. Cresson, ITAB)
13h55	Perspectives : l'après BIOPHYTO (J.-P. Deguine <i>et al.</i> , Cirad)
14h20	Le Certificat Universitaire de Qualification Professionnelle, une formation diplômante adaptable et adaptée aux enjeux de la protection agroécologique des cultures (P. Laurent <i>et al.</i> , IUT)
14h45	Remise des diplômes du CUQP PAEC 2014.
15h00	Clôture officielle du séminaire (Chambre d'agriculture de La Réunion, AROP FL, Cirad et DAAF)

> Liste des participants au séminaire

Noms	Prénoms	Organismes	Contact
ACCOT	Nicolas		
ALBON	Bruno	FDGDON	bruno.albon@fdgdon974.fr
ATIAMA	Morguen	Cirad	morguen.atiama@cirad.fr
AUBERTOT	Jean-Noël	INRA	jean-noel.aubertot@toulouse.fr
ATIAMA- NURBEL	Toulassi	Armeflhor	toulassi.nurbel@armeflhor.fr
BAGNY	Patricia	FDGDON	patricia.bagny@fdgdon974.fr
BALTZER	Carla	Cirad	carla.baltzer@cirad.fr
BAUD	Sandrine	Agricultrice	06 92 28 68 45
BEGUE	Guillaume	SCA TB	
BENARD	Jean-François	Parc National	jean-francois.benard@reunion-parcnational.fr
BENZERARI	Philippe	Coopérative des Avirons	philippe.benzerari@cooperative-avirons.com
BERNARD	Olivier	Coopérative des Avirons	olivier.bernard@cooperative-avirons.com
BERTIN	Julie		jbertain1809@gmail.com
BIANNIC	Louis	DAAF	louis.biannic@agriculture.gouv.fr
BIZOUARD	Armand	Etudiant	peg.biz@orange.fr
BIZOUARD	Marc	Chambre d'agriculture de La Réunion	marc.bizouard@reunion.chambagri.fr
BLONDEAU	Jacqueline	Agricultrice	06 92 38 74 87
BONNETETE	David	GAB	06 92 68 58 01
BOUQUET	Sandra	Commune de Petite-Ile	bouquet-toard.sandra@petite-ile.re
BOYER	Gérald	Agriculteur / AROP-FL	06 92 20 01 92
BOYER	Hélio		
BRAVIN	Aurélie	DAAF	aurelie.bravin@agriculture.gouv.fr
BRUCHON	Laura	Cirad	laura.buchon@cirad.fr
BRUNET	Coline	FDGDON	coline.brunet@fdgdon974.fr
BUDEL	Sylvany	Agriculteur	sylvany_97434@hotmail.fr
BUROT	Christopher	Étudiant	
CALTEAU	Sophie		acaste.sophie@gmail.com
CAO VAN	Philippe	Cirad	caovan@cirad.fr
CAPELLI	Mathilde	Cirad	capelli.mathilde@gmail.com
CARD	Cédric	COOP FL Bourbon	fruitlegumbourbon@gmail.com
CHABANNE	André	Cirad	andre.chabanne@cirad.fr
CHABERT	Ariane	ENSAT	ariane.chabert@toulouse.inra.fr
CHAMPAVIER	Kelly	Cirad	kelly.champavier@gmail.com
CHANE HUNE	Carole	DAAF	carole.chane-hune@agriculture.gouv.fr
CLAUDIE	Robert		
COSSE	Bryan		weexus@laposte.fr
COSSE	Robert		06 92 70 98 66
COUTANT	Charlotte	AROP-FL	
DANFLOOS	Jean-Paul	Cirad	jean-paul.danfloos@cirad.fr
DARNAUDERY	Marie	Cirad	marie.darnaudery@cirad.fr
DE CAMBIAIRE	Jean-Charles	Agriculteur	decambiaire@hotmail.com

Noms	Prénoms	Organismes	Contact
DEBENAY	Bruno	DAAF STI	bruno.debrenay@apiculture.gouv.fr
DECNA	Jim		
DEGUINE	Jean-Philippe	Cirad	jean-philippe.deguine@cirad.fr
DELABAERE	Françoise	Qualitropic	francoise.delabaere@qualitropic.fr
DEREPAS	Brice	Cirad	brice.derepas@cirad.fr
DESMULIER	Kowiev	Lycée Agricole de Saint-Paul	
DIFERNAND	Olivier	Étudiant	
DIJOUX	Aurélie	AROP FL	aurelie.dijoux@aropfl.re
DIJOUX	Joëlle	Cirad	joelledijoux@yahoo.fr
DIJOUX MILLET	David	Etudiant	
DINNOO	Shannti	Cirad	shannti.dinnoo@cirad.fr
DUVIGNAU	Mathieu	Armefflor	duvignaumathieu@armeflor.fr
FONTAINE	José	Chambre d'agriculture de La Réunion	jose.fontaine@reunion.chambagri.fr
FONTAINE	Tony	Étudiant	
GALMAR	Thierry		
GARDEBIEN	Anthony	Étudiant	
GAUDART	Karine	AVAB Réunion	avab.reunion@gmail.com
GAZZO	Valérie	GAB	gabreunion@gmail.com
GIGANT	Rodolphe	Cirad	rodolphe.gigant@cirad.fr
GLOANEC	Caroline	Chambre d'agriculture de La Réunion	caroline.gloanec@gmail.com
GONTHIER	Jean-Bernard	Chambre d'agriculture de La Réunion	jbe.gonthier@wanadoo.fr
GOSSARD	Christophe	COROI	c.gossard@coroi.fr
GRAINDORGE	Rachel	Armefflor	graindorge.rachel@armeflor.fr
GRECHI	Isabelle	Cirad	isabelle.grechi@cirad.fr
GRONDIN	Corinne	Agricultrice	
GUILLOT	Stéphane	SAPHIR	
HAMILCARO	Sophie	Étudiant	
HERBRETEAU	Arthur	Parc National	arthur.herbreteau@reunion-parcnational.fr
HOARAU	Elisane	Agricultrice	jjb.hoarau@gmail.com
HOARAU	Flora	Étudiant	
HOAREAU	Nicolas	HORTIBEL	06 92 77 36 99
HOPHIM	Louise	Armefflor	l.hosphim.armeflor@gmail.com
HOSTACHY	Bruno	ANSES	bruno.hostachy@anses.fr
JACQUOT	Maxime	Cirad	maxime.jacquot@cirad.fr
JAGANARDIN	Maurice	Agriculteur	06 92 12 24 43
JESSU	Doralice	Cirad	jessu@cirad.fr
JONAS	Sabrina	Mairie de St-Louis	sjonas@mairie-saint-louis.re
KABID	Pascal		
LACHERY	Fanny	Étudiant	
LAMY	Anthony	ALEFPA	anthony.lamy@izi.re
LAUBER	Eulalie	CFPPA	eulalie.lauber@gmail.com
LAURENT	Philippe	IUT	philippe.laurent@univ-reunion.fr
LAURET	Yann	Etudiant	

Noms	Prénoms	Organismes	Contact
LAVERGNE	Christophe	CBN-CPIE Mascarin	clavergne@cbtnm.org
LE BELLEC	Fabrice	Cirad	lebellec@cirad.fr
LE GALL	Bruno	DAAF	bruno.le-gall@agriculture.gouv.fr
LE GOFF	Sébastien	Chambre d'agriculture de La Réunion	sebastien.legoff@reunion.chambagri.fr
LE JEANNE	Lucie	Lycée Agricole de Saint-Paul	lucie.lejeanne@gmail.com
LE ROUX	Kenny	FARRE Réunion	farre.run@wanadoo.fr
LEFEUVRE	Yvan	DAAF	02 62 30 89 75
LEUNG	Julie	DAAF	julie.leung@agriculture.gouve.fr
L'HARIDON	Erwan	Étudiant	
LIGONIERE	Amandine	Armeflhor	amandine.ligoniere@armeflhor.fr
LUCAS	Eric	Chambre d'agriculture de La Réunion	eric.lucas@reunion.chambagri.fr
LY	Marie	Conservatoire du littoral	m.ly@conservatoire-du-littoral.fr
MAILLARY	Ludovic	DAAF	ludovic.maillary@agriculture.gouv.fr
MAILLOT	Jean-Luc	Agriculteur	06 92 69 61 99
MALLET	Nathalie		matalie974@gmail.com
MARIANNE DIT GERARD	Yannick		
MARQUIER	Marlène	FDGDON	marlene.marquier@fdgdon974.fr
MARTIN	José	Cirad	jose.martin@cirad.fr
MARTIN	Yannick	Coopanas	
MOUTAMA	Jean-François	Agriculteur	06 92 69 68 03
MOUTOUSSAMY	Marie-Ludders	Cirad	marie-ludders.moutoussamy@cirad.fr
MULLER	Guillaume	Étudiant	
MULLER	Lucile	Cirad	lucile.muller@cirad.fr
MURU	David	Cirad	david.muru@cirad.fr
NACHIAR	Fabien	Mairie de St-Louis	fnachiar@marie-saint-louis.re
NARAYANIN	Christophe		02 62 70 28 33
NATIVEL	Sully	HORTIBEL	06 93 93 95 17
NAYAGOM	Victoria	Étudiant	
NGODINH	Charlotte	Armeflhor	charlotte.ngodinh@gmail.com
NORMAND	Frédéric	Cirad	normand@cirad.fr
ODAGLIA	Nicolas	Cirad	nicolas.odaglia@cirad.fr
OLIVIER	Bernard		
OLLIVIER	Mérodie	Cirad	melodie.ollivier@cirad.fr
OMARJEE	Youssef	CG974	youssef.omarjee@cg974.fr
OROSMANE	Pieric	Réserve Naturelle	
PALLAS	Régine	FDGDON	regine.pallas@fdgdon974.fr
PARAVEMAN	Jean-Jacques	Agriculteur	paraveman.jean-jacques@orange.fr
PARIS	Sylvain	HORTIBEL	06 93 93 95 18
PATRICK	Thomas		06 92 65 98 65
PAYET	Rose-May	Cirad	rose-may.payet@cirad.fr
PAYET FONTAINE	Yannick	Mairie de St-Louis	
PENVERN	Servane	INRA	spenvern@avignon.inra.fr

Noms	Prénoms	Organismes	Contact
PERRIN	Marie	Étudiant	
PHILEAS	Eric	Agriculteur	06 93 70 82 93
PRUD'HOMME	Daniel		
PRUD'HOMME	Emmanuel		06 92 99 20 93
PUY LAURENT	Yanis	Agriculteur	
RALAMBON	Alain	Lycée Agricole de Saint-Paul	alain.ralambon@gmail.com
RAMASSAMY	Yasmine	Agricultrice	06 92 66 55 62
RAMIANDRISOA	Mireille	AVAB Réunion	avab.reunion@gmail.com
RATNADASS	Alain	Cirad	alain.ratnadass@cirad.fr
RETEAU	Alexandre	Cirad	alexandre.reteau@cirad.fr
RIVIERE	Christelle		
RIVIERE	Samuel	HORTIBEL	06 93 93 95 19
ROBINAUD	Bruno	Agriculteur	06 92 28 68 45
ROCHAT	Jacques	Insectarium de La Réunion	contact@insectarium-reunion.com
ROPAULD	Romain	Etudiant	
ROUX	Estelle	FDGDON	estelle.roux@fdgdon974.fr
SADEYEN	Joëlle	Cirad	joelle.sadeyen@cirad.fr
SAUCHE	Blandine	Armefflor	b.sauche.armefflor@gmail.com
SCHMITT	Chloé	Armefflor	chloeschmitt@armefflor.fr
SCHMITT	Tristan	Cirad	tristan.schmitt@cirad.fr
SELAMBOGE	Patrice	COROI	
SINATAMBY	Muriel	Cirad	sinatamby@cirad.fr
SOUBADOU	Gislain	Chambre d'agriculture de La Réunion	gislain.soubadou@reunion.chambagri.fr
SOUBOU	Jérôme		
SOUCANE	Vincent	Étudiant	
SUZANNE	Willy	FARRE Réunion	willy.farre974@orange.fr
TARACONAT	Jean-Hugues		06 92 77 86 36
TECHER	Frédéric		
TECHER	Jean-Bernard	Terres d'Ici	
TECHER	Kent	OCTROI	techer.octroi974@wanadoo.fr
TECHER	Patrick	Cirad	patrick.techer@cirad.fr
THOMAS	Philippe	DAAF	02 62 33 36 62
TIBIA	Marie-José	Mairie de St-Louis	mjtibia@mairie-saint-louis.re
TISSERAN	Gaëlle	Armefflor	tisserand_gaelle@armefflor.fr
TOURRET	Didier	Chambre d'agriculture de La Réunion	didier.tourret@reunion.chambagri.fr
VAITHILINGOM	Anaïs	Université de La Réunion	anaïs.vaithilingom@yahoo.fr
VANHUFFEL	Luc	Chambre d'agriculture Mayotte	luc.vanhuffel@mayotte.chambagri.fr
VINCENOT	Didier	Chambre d'agriculture de La Réunion	didier.vincenot@reunion.chambagri.fr
VUILLAUME	Claude	Cirad	claud.vuillaume@cirad.fr
WISPELAERE	Lucien	Étudiant	
ZITTE	Roland	Agriculteur	06 92 88 67 46

▼ PARTENAIRES TECHNIQUES DU PROJET BIOPHYTO

Chambre d'agriculture de La Réunion ; Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad) ; Association Réunionnaise des Organisations de Producteurs de Fruits et Légumes (AROP-FL) ; Association Réunionnaise pour la Modernisation de l'Economie Fruitière, Légumière et Horticole (Armeflhor) ; Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles (FDGDON) ; Forum de l'Agriculture Raisonnée Respectueuse de l'Environnement à La Réunion (FARRE Réunion) ; Organisme Certificateur Tropic Réunion Océan Indien (OCTROI) ; Institut Universitaire de Technologie de La Réunion (IUT Réunion), Université de La Réunion ; Insectarium de La Réunion ; Etablissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricole de Saint-Paul (EPLEFPA) ; Groupe-ment des Agriculteurs Biologiques de La Réunion (GAB).



▼ PARTENAIRES FINANCIERS DU PROJET BIOPHYTO

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (AAP CAS-DAR 2011 n°1138) ; Union Européenne (Feder, Feader) ; Conseil Régional de La Réunion ; Conseil Général de La Réunion.



▼ AUTRES PARTENAIRES FINANCIERS DU PROJET BIOPHYTO

Plan ÉCOPHYTO ; Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) ; Office de l'Eau Réunion ; Crédit Agricole.



Ce projet a été labellisé et accompagné par le pôle de compétitivité **QUALITROPIC**

Éditeurs scientifiques : Jean-Philippe Deguine, Caroline Gloanec, Tristan Schmitt

Réalisation graphique : marie.rousseau@wanadoo.fr

Crédits photos : Cédric Ajaquin Soleyen, Brice Derepas, Jean-Philippe Deguine, Caroline Gloanec, Maxime Jacquot, Philippe Laurent, Kenny Le Roux, David Muru, Thibault Ramage, Chloé Schmitt, David Teysse, Didier Vincenot

Portail Web du projet Biophyto

<http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Biophyto>

Pour citer cet ouvrage :

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, 216 p. ISBN: 978-2-87614-704-1.