



UFR Sciences
2, Bd Lavoisier
49045 ANGERS Cedex 01



AGROCAMPUS OUEST
65 rue de St Briec, CS 84 215, BP 35042
RENNES Cedex
Université de Rennes I
1, 2 rue du Thabor, CS 46510 – 35065
RENNES Cedex



CIRAD
Petit Morne, 97232
Lamentin, Martinique, France

Mémoire de Fin d'Etudes

**Master 2 Sciences Technologie Santé
Mention Biologie et Technologie du Végétal
Spécialité : Production et Technologie du Végétal**

Parcours I : Production Végétales Spécialisées / Option : Produits Phytosanitaires, Réglementations et
Méthodes Alternatives

Année Universitaire 2016-2017

***Observation des ravageurs et de leurs ennemis naturels dans des vergers
d'agrumes menés avec des pratiques agroécologiques en Martinique***

Tim Dupin

Soutenu à Angers le : 22 Septembre 2017

Maitre de Stage : Mr Philippe Ryckewaert

Professeur référent : Mme Pascale Guillermin



Engagement de non plagiat M2 ProTeV 2016-2017

Je soussigné : Tim Dupin

Déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.

En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour ce rapport, rédigé au cours de mon master 2 ProTeV.

Je m'engage également à respecter les consignes données pour la rédaction de ce rapport.

A : Le Lamentin

Le : 25.08.2017

Signature : Tim Dupin

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Tim Dupin'.

SOMMAIRE

Remerciements	
Liste des Figures et des Tableaux	
Liste des Annexes	
Liste des Abréviations	
Glossaire	
Introduction	1
I) Contextualisation de l'étude	2
I.1) La Martinique, son climat et sa topographie.....	2
I.2) L'agriculture Martiniquaise en quelques chiffres.....	2
I.3) Le CAEC, structure d'accueil.....	3
I.4) Problématique de l'étude.....	4
II) L'agroécologie comme pilier vers une agriculture durable	4
III.1) L'impact des produits phytosanitaires sur la santé humaine et les écosystèmes.....	4
III.2) L'agroécologie une approche plus respectueuse de l'environnement.....	6
III.3) Les différentes solutions de lutte biologique contre les insectes ravageurs.....	7
III.4) La lutte biologique par conservation, une technique à promouvoir en Martinique.....	8
III) Les ravageurs des vergers d'agrumes en Martinique	9
III.1) Les pucerons.....	9
III.2) Les cochenilles.....	9
III.3) Les psylles.....	10
III.4) Les aleurodes.....	10
IV) Les auxiliaires et ennemis naturels réalisant la lutte biologique dans les vergers d'agrumes en Martinique	11
IV.1) Les coccinelles et autres prédateurs.....	12
IV.2) Les parasitoïdes.....	13
V) Matériels et Méthodes	14
V.1) Matériels.....	14
V.2) Méthodes.....	15
VI) Résultats	17
VI.1) Evolution des populations des pucerons sur les agrumes.....	19
VI.2) Populations de Coccinellidae des différentes parcelles.....	20
VI.3) Les différents bioagresseurs des agrumes et des goyaviers.....	21

VI.4) Les différents auxiliaires présents autres que les Coccinellidae	22
VI.5) Fauchages des insectes des plantes de couvertures	23
VI.6) Plantes de couverture et en bordure de parcelles hébergeant des pucerons	24
 VII) Discussion	 26
Conclusion	31
Bibliographie	32
Annexes	I à XII
Résumé	

Remerciements

Mes remerciements s'adressent tout d'abord à Philippe Ryckewaert, mon maitre de stage et Entomologiste du CIRAD de Martinique qui m'a offert la possibilité de réaliser ce stage au sein de son équipe. Un grand Merci pour sa disponibilité, ses conseils et ses enseignements, merci de m'avoir permis de découvrir plus en profondeur le monde surprenant, vaste et particulièrement attirant de l'entomologie. En grand merci pour tout ce savoir que tu as réussi à me transmettre.

Je tiens également à remercier Clovel Pancarte, de m'avoir permis de participer aux expériences sur les psylles.

Merci à Madame Mouriesse de nous avoir laissé effectuer nos expérimentations sur ses parcelles. Bien que les échanges avec Mme Mouriesse fussent rares, ils furent néanmoins très enrichissant et m'ont permis de découvrir le monde de l'agronomie Martiniquaise et plus particulièrement celui de l'Agrumiculture.

Merci à mes parents de m'avoir soutenu et permis de réaliser mes études tout au long de ces 6 dernières années, dans les meilleures conditions possibles.

Liste des Figure et Tableaux

Figure 1 : Position géographique de la Martinique au sein de l'Archipel des Petites Antilles (Google map).

Figure 2 : Pucerons de l'espèce *Toxoptera citricida* sur agrumes (photo Marco Gaiani).

Figure 3 : Cochenilles de l'espèce *Coccus viridis* sur agrumes (Photo Philippe Ryckewaert).

Figure 4 : Adulte d'aleurode et exuvie (Photo Philippe Ryckewaert).

Figure 5 : Parcelle P1 Vert-Pré - *C. latifolia* + *P. guajava* / sans tonte (Photo Tim Dupin).

Figure 6 : Parcelle P2 Vert-Pré - *C. latifolia* + *P. guajava* / tonte régulière (Photo Tim Dupin).

Figure 7 : Parcelle P3 Vert-Pré - *C. latifolia* / sans tonte (Photo Tim Dupin).

Figure 8 : Parcelle P4 Vert-Pré - *C. latifolia* / tonte régulière (Photo Tim Dupin).

Figure 9 : Parcelle RLZ de Rivière Lézarde - Accession agrumes / Tonte régulière (Photo Tim Dupin).

Figure 10 : Plantes de couverture de la parcelle P1, essentiellement *D. heterocarpon* (Photo Tim Dupin).

Figure 11 : Evolution des populations des pucerons *T. citricida* sur les parcelles du Vert-Pré (P1, P2, P3 et P4).

Figure 12 : Evolution des populations des pucerons *T. citricida* sur les parcelles de Rivière Lézarde (RLZ).

Figure 13 : Nombre moyen de coccinelles observées par comptage sur les parcelles du Vert-Pré et de Rivière- Lézarde.

Figure 14 : Populations des différents ordres d'Insecte et Arachnida collecté en fonction des parcelles.

Tableau 1 : Espèces de coccinelles recensées en Martinique.

Tableau 2 : Liste des parasitoïdes connus des ravageurs d'agrumes en Martinique (Leblanc, 2000).

Tableau 3 : Présence des Coccinelles sur les différentes parcelles de l'étude. P1, P2, P3 et P4 pour le Vert-Pré (Robert) et RLZ pour la Rivière-Lézarde (Lamentin).

Tableau 4 : Différences significatives entre les différentes parcelles pour les populations de *C. nitidula*. Les cases vertes signifie qu'il y a une différence significative.

Tableau 5 : : Populations de Coccinelles en fonction des parcelles et des coccinelles considérées.

Tableau 6 : Fréquence d'occurrence ou constance des différentes coccinelles en fonction des parcelles considérées.

Tableau 7 : Inventaires entomologiques des ravageurs présents sur agrumes.

Tableau 8 : Inventaires entomologiques des ravageurs présents sur *P. guajava*.

Tableau 9 : Différences significatives en les différentes parcelles pour les populations de Diptera. Les cases vertes signifie qu'il y a une différence significative.

Tableau 10 : Groupes de différenciation en fonction des parcelles et des ordres considérées.

Liste des Annexes

Annexe I : Plan du dispositif expérimental des parcelles du Vert-Pré.

Annexe II : Fiche d'identification du puceron *Toxoptera citricida* (= *Toxoptera citricidus*).

Annexe II : Fiche d'identification du pucerons *Aphis spiraecola*.

Annexe IV : Fiche d'identification du puceron *Toxoptera aurantii*.

Annexe V : Analyse statistique, test Kruskal-Wallis (comparaisons multiples par paires suivant Steel-Dwass-Critchlow-Fligner) sur XLSTAT 2017, données pour la partie concernant les suivis de populations de *T. citricida* (exemple de comparaison du 03.05.17 au 04.07.17) pour les parcelles du Vert-Pré (Robert), P1, P2, P3 et P4.

Annexe VI : Analyse statistique, test Kruskal-Wallis (comparaisons multiples par paires suivant Steel-Dwass-Critchlow-Fligner) sur XLSTAT 2017, données pour la partie coccinelles des pucerons concernant *Cladis nitidula*.

Annexe VII : Analyse statistique Kruskal-Wallis (comparaisons multiples par paires suivant Steel-Dwass-Critchlow-Fligner) sur XLSTAT 2017, données pour la partie fauchage des plantes de couvertures concernant les Diptera.

Annexe VIII : Photo de pucerons sur jeunes flush d'Agrumes.

Annexe IX : Photo des différentes Coccinelles collectées durant l'étude (Photos Philippe Ryckewaert).

Liste des Abréviations

CAEC : Campus Agro-Environnementale de la Caraïbe

CBC : Conservation Biological Control (Lutte Biologique par Conservation)

CIRAD : Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement

DAAF : Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt

FREDON : Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles

HLB : HuangLongBing

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

IRD : Institut de Recherche et de Développement

IRSTEA : Institut de Recherche en Science et Technologie pour l'Environnement et l'Agriculture

PPAM : Plantes à Parfum, Aromatique et Médicinale

SAU : Surface Agricole Utile

UA : Université des Antilles

UTA : Unité de Travail Agricole

Glossaire

(D'après institut.inra.fr et Interaction insectes plantes – Edition Quae – Nicolas Sauvion, 2013).

Agent pathogène : Quelque chose qui provoque directement ou indirectement une maladie. Il peut être physique (chaleur, froid, traumatisme), chimique ou biologique (bactéries phytopathogène, champignons phytopathogène, virus phytopathogène, phytoplasmes...). Dans le cas des d'agents biologiques on parle d'agents infectieux.

Agrosystème : Un agrosystème est un écosystème créé par la pratique de l'agriculture, contrôle en permanence par l'homme. Cet écosystème est donc artificiel et le temps de renouvellement de la biomasse généralement très court.

Amétaboles : Espèces d'insectes, peu nombreuses, chez lesquelles l'adulte diffère peu de la jeune larve. Ils ont généralement une taille plus ou moins similaire.

Arthropodes : Il s'agit d'embranchement d'animaux invertébrés comprenant les hexapodes (dont font partie les insectes), les trilobites, les crustacés, les chélicérates (araignées et acariens notamment) et les myriapodes.

Auxiliaires : Groupe d'organismes vivants, prédateurs (principalement les insectes entomophages), parasites d'insectes phytophages, organismes entomopathogènes (bactéries, virus...), pollinisateurs, microfaune, microflore, vers de terre....

Ecosystème : Unité écologique fonctionnelle formé par deux ensembles. Le milieu physico-chimique (le Biotope) et la communauté vivante (la Biocénose) en perpétuelle interaction.

Ectoparasitisme : capacité qu'un organisme à vivre accrocher à la surface d'un hôte, se nourrissant de son fluide intérieur et causant généralement la mort de l'hôte.

Endoparasitisme : capacité qu'un organisme à vivre à l'intérieur d'un hôte, se nourrissant de son fluide intérieur et causant généralement la mort de l'hôte.

Ennemis naturels : Groupes d'organismes vivants dont l'action consiste à éliminer les ravageurs de cultures. Il s'agit des prédateurs, des parasitoïdes et des organismes entomopathogènes (bactéries, virus...).

Espèce : Définition selon Ernst Mayer, une espèce regroupe une population ou ensemble de population dont les individus sont effectivement ou potentiellement apte à se reproduire et dont la descendance est viable et féconde dans des conditions naturelles.

Imago : Forme définitive de l'insecte adulte sexué à la fin de ses métamorphoses. Chez les insectes ailés, l'imago est caractérisé par le développement des ailes et de l'appareil génital.

Larve : Premier stade de développement de l'individu après l'éclosion de l'œuf ou la naissance chez les espèces animales ayant un développement post-embryonnaire appelé « indirect ». On rencontre notamment ce type de développement chez les arthropodes (insectes et crustacés).

Monophagie : Caractérise les insectes qui se développent aux dépend d'une seule et unique espèce végétale

Nymphe : Stade intermédiaire entre la larve et l'imago lors des mues de métamorphose chez certains insectes.

Oligophagie : Synonyme de Sténophagie, caractérise les insectes se nourrissant d'un nombre restreint de plantes appartenant généralement à une unique famille ou au plus à deux familles très proches.

Parasitisme : Relation biologique entre deux individus où l'un des individus (le parasite) tire profit (ressource, habitat, transport...) en infligeant des coûts (survie, reproduction, croissance...) à l'autre individu (l'hôte).

Parasitoïde : Individu qui se développe sur (ectoparasitisme) ou dans (endoparasitisme) un autre organisme (l'hôte) mais qui tue inévitablement ce dernier pendant ou à la fin de son développement (alors que d'autres parasites ne tuent pas leur hôte). La majorité des parasitoïdes sont des insectes (hyménoptères ou diptères) mais il existe également des nématodes, des champignons, des bactéries, des protistes et des virus qui ont ce comportement de parasitisme.

Phytophage : organisme se nourrissant des tissus végétaux (terme généralement réservé aux animaux).

Polyphagie : Caractérise les insectes se nourrissant de diverses familles de plantes non apparentées sur le plan taxonomique.

Population : Ensemble d'individus d'une même espèce coexistant dans un même milieu, favorisant les probabilités de reproduction en eux.

Prédateur : Organisme vivant qui se nourrit de proies qu'il chasse pour lui ou sa progéniture. En entomologie c'est principalement le cas des coccinelles (pas le cas des coccinelles phytophages) et des araignées.

Proboscis : Prolongement souvent tubulaire et extensible de la région céphalique chez les invertébrés et en particulier les insectes.

Proie : Organisme vivant dévoré par un animal, le prédateur.

Ravageur : Le ravageur ou insecte ravageur est un insecte nuisible pour les cultures agricoles, et la végétation en générale.

Ressource : Élément biotique ou abiotique présent dans l'environnement en quantité limitée et dont l'exploitation contribue au développement et à la survie des individus d'une populations.

Surface Agricole Utile : Instrument statistique permettant d'évaluer la surface foncière déclarée par les agriculteurs. Elle comprend les terres arables, les surfaces toujours enherbées (prairies permanentes, alpages), les cultures pérennes et les jardins familiaux des agriculteurs.

Unité de Travail Agricole : Unité de mesure utilisée pour les statistiques agricoles afin de mesurer la quantité de travail dans le secteur agricole. Cette unité est au travail effectué par personne travaillant à temps plein toute une année une exploitation agricole

Introduction

L'agriculture Martiniquaise occupe environ 30% de l'île, employant pas moins de 5,4% de la population active. Les principales cultures sont la banane (5982 ha en 2014) et la canne à sucre (4004 ha en 2014) (Agreste, 2015). Les Martiniquais, particulièrement inquiets par les problèmes dus à l'utilisation de la Chlordécone (insecticide) jusqu'en 1993 causant pollution des sols, des eaux de surfaces, des nappes phréatiques et problèmes de santé humaines, les pratiques agricoles tendent à évoluer afin de s'orienter vers des stratégies culturales dites d'agroécologie (Beaugendre, 2005 ; Ollagnier et Vittecoq, 2007).

La majorité des bioagresseurs des cultures ont très longtemps été contrôlés par une utilisation plus ou moins abusive de pesticides en tout genre. Cependant, on connaît maintenant les effets parfois très néfastes sur les insectes non cibles et les écosystèmes en général de ces pesticides (Colignon *et al.*, 2003). L'impact négatif des pesticides est d'autant plus important dès lors qu'il affecte les populations d'insectes auxiliaires des cultures (Colignon *et al.*, 2003). Ces insectes offrent des très nombreux avantages, comme la pollinisation de culture, réalisée par de nombreux insectes, la décomposition de la matière organique des sols cultivés, et également la régulation des populations de ravageurs. Ainsi, l'utilisation d'insectes auxiliaires en vue de contrôler les populations de ravageurs est une stratégie alternative visant à réduire l'usage de produits phytosanitaires. C'est dans ce contexte que des systèmes de cultures innovants doivent être mis en place par les agrumiculteurs Martiniquais afin de limiter l'utilisation des produits phytosanitaires et favoriser les processus écologiques de gestion des bioagresseurs (Messéan *et al.*, 2010). Ainsi, les différentes espèces constituant les réseaux trophiques de ces agrosystèmes comme les prédateurs et parasitoïdes pourront jouer un rôle important dans la régulation des ravageurs (Costamagna *et al.*, 2007).

La mise en place d'une lutte biologique par conservation s'avère donc intéressante à étudier pour le cas de parcelles d'agrumes en Martinique. Cette technique peut se définir comme une « pratique de modification de l'environnement ou des pratiques existantes pour protéger et favoriser les populations d'ennemis naturels d'autres organismes phytophages des plantes cultivées, afin d'en réduire l'impact sur les cultures » (définition selon Jonsson *et al.*, 2008). C'est dans cette logique de protection des cultures que s'inscrit la présente étude menée de Mars à Aout 2017.

Dans la première partie l'État de l'art, la structure d'accueil, le lieu d'étude, ainsi que la problématique de ce mémoire seront présentés. Il sera ensuite expliqué, pourquoi et comment

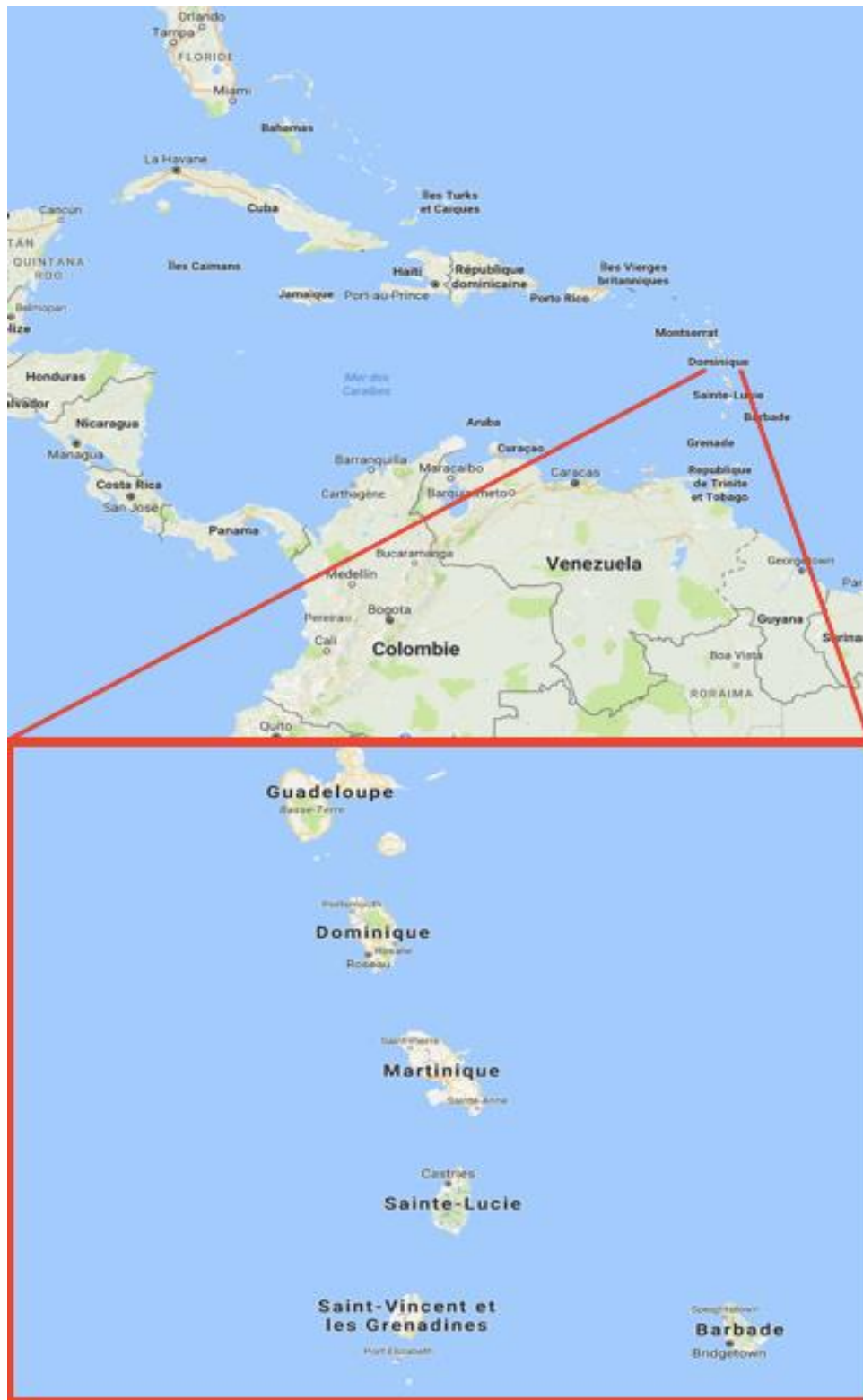


Figure 1 : Position géographique de la Martinique au sein de l'Archipel des Petites Antilles (image de Google map)

est mise en place la stratégie de lutte par conservation. Puis, une rapide présentation des bioagresseurs des agrumes ainsi que de leurs ennemis naturels sera faite. Enfin, la méthodologie mise en place pour répondre à la problématique sera détaillée avant de décrire les résultats et de passer à la partie discussion et conclusion de cette étude.

I) Contextualisation de l'étude

I.1) La Martinique, son climat et sa topographie

La Martinique est une île d'origine volcanique située dans l'archipel des petites Antilles entre l'île de Sainte Lucie au Sud et de la Dominique au Nord (Figure 1). D'une superficie de 1128 kilomètres carrés, elle s'étend sur environ 80 kilomètres de longueur et 25 kilomètres de large. On retrouve au Nord un massif montagneux, dominé par les pitons du Carbet et la Montagne Pelée (1397m), au Sud il s'agit principalement de reliefs moyens (ne dépassant pas 505m pour la montagne du Vauclin) et au centre se dégage la plaine du Lamentin. Concernant ses caractéristiques climatiques, elle se situe en zone tropicale humide et on y distingue deux saisons. La saison humide, de mai à décembre marquée par de fortes précipitations et un risque cyclonique élevé. La saison sèche, de janvier à avril avec de fort taux d'ensoleillement et une sécheresse plus ou moins marquée. Il n'y a pas de périodes défavorables aux insectes, qui peuvent se développer toute l'année en générations continues et chevauchantes. Les données topographiques et climatiques induisent une forte variabilité de sols et des écosystèmes, définissant ainsi quatre régions géo-climatiques : le Nord Caraïbe, le Nord Atlantique, le Centre et le Sud. Ce type de climat favorise grandement le développement de ravageurs, maladies et plantes adventices pouvant nuire fortement aux productions végétale martiniquaise.

I.2) L'agriculture Martiniquaise en quelques chiffres

L'agriculture Martiniquaise couvre 21% du territoire avec 23822 ha de SAU (Surface Agricole Utile), ainsi les espaces naturels sont majoritaires et représentent 61% de la superficie totale de la Martinique. En 2014, elle emploie 6559 UTA (Unité de Travail Annuel), dont 3610 (soit 55%) rien que dans le secteur Banane (DAAF Martinique). Ces chiffres correspondent à l'emploi réel de 9769 personnes soit 5,4% de la population active. On retrouve 2994 exploitations agricoles dont la majorité sont des exploitations de petite taille, soit moins de 5 ha pour 66% d'entre elles (Agreste, 2016).

La principale filière agricole de la Martinique est la filière banane avec 190 000 tonnes exportées annuellement et une SAU de 28%. En seconde position on retrouve la filière Canne à Sucre occupant 9% de la SAU, destinée en partie à la fabrication de rhums. Ainsi, à elles seules, les filières Bananes et Cannes à Sucre occupent 37% de la SAU (soit 59% des surfaces cultivées) avec respectivement des superficies de 5982 et 4004 en 2014. On retrouve ensuite, les cultures fruitières et légumières, principalement des concombres, des tomates et des laitues pour le secteur légumes et des goyaves, des citrons, des melons et des oranges pour le secteur fruit (hors banane). Aucune céréale n'est produite en Martinique. Pour l'élevage bovin, les prairies contribuent localement à la demande. L'agriculture locale ne répond que très partiellement à la demande des consommateurs locaux car 77% des produits alimentaires sont importés. Ainsi, pour les fruits et les légumes (hors conserves et surgelés), la demande n'est assurée qu'à 34 et 41% respectivement. Afin d'offrir davantage de produits aux consommateurs et dans un souci de retrouver des variétés anciennes aux caractéristiques gustatives intéressantes des efforts dans la diversification des productions sont observés notamment concernant les PPAM (Plantes à Parfums, Aromatiques et Médicinales), les plantes condimentaires, les agrumes et autres fruits (Agreste, 2016).

I.3) Le CAEC, structure d'accueil

Le CAEC (Campus Agro-Environnementale de la Caraïbe) situé sur la commune du Lamentin au quartier Petit Morne, regroupe des équipes du CIRAD, de l'IRD, de l'IRSTEA et de l'UA. Le Cirad de Martinique conduit depuis plus de 50 ans des recherches dans de nombreux domaines tels que l'agronomie, la phytopathologie, la pédologie, l'entomologie, l'environnement et les pratiques agricoles... Les objectifs de cette structure (associée également aux autres équipes du CAEC) sont de répondre aux problématiques locales rencontrées par l'ensemble du monde agricole martiniquais en proposant des solutions localement applicables et plus respectueuses de l'environnement. Les thématiques de recherche actuelles sont donc par exemple, la conception de systèmes de cultures innovants, à faibles impacts environnementaux (problèmes par exemple, liés à l'exploitation de terres polluées par les pesticides et de leur gestion future, ou de la mise en place de solution alternatives aux produits phytosanitaires vis-à-vis de ravageurs de cultures présents ou nouvellement arrivés). L'intégration des innovations agronomiques auprès des agriculteurs ou bien l'innovation variétale (avec la mise en place d'un programme d'amélioration variétale chez les agrumes en vue de l'obtention de plants tolérants au HLB (Huanglongbing) et autres pathogènes localement présent).

I.4) Problématique de l'étude

L'essai initialement prévu par le CIRAD sur une des parcelles expérimentales concernait l'étude de l'effet « répulsif » des goyaviers vis-à-vis du psylle *Diaphorina citri*, vecteur du HLB, se nourrissant de la sève des agrumes (Lime de Tahiti ou *Citrus latifolia* dans ce cas). Cependant, l'absence totale de psylles, aussi bien sur les parcelles contre plantée avec des goyaviers que celles sans goyaviers (voir partie matériel), a contraint le CIRAD à mettre en place une autre étude. C'est dans ce contexte que s'est mis en place le sujet de la suivante étude. Il s'agira de suivre la dynamique des populations des ravageurs (focalisée sur les pucerons, car ravageurs principaux à l'heure actuelle) et de leurs ennemis naturels dans des vergers d'agrumes (voir partie matériel – parcelles pour le détail) de la Martinique en fonction de la couverture végétale. Un inventaire de l'entomofaune des agrumes (et des goyaviers des parcelles agrumes-goyaviers) devra être réalisé sur ces vergers.

La problématique à laquelle devra répondre cette étude est donc de savoir s'il y a la possibilité de mener des vergers d'agrumes en Martinique avec des pratiques agroécologiques (mise en place d'une stratégie de lutte biologique par conservation, implantation de plantes de couverture ou enherbement naturel) afin de mieux réguler les populations de ravageurs, tout en évitant au maximum l'utilisation de produits phytosanitaires.

Cette étude devrait donc permettre de mieux connaître les dynamiques des populations de ravageurs et de leurs ennemis naturels des agrumes (et des goyaviers) dans des vergers menés avec des méthodes agroécologiques, d'obtenir un inventaire de l'entomofaune des agrumes et d'amorcer la compréhension du rôle de la couverture végétale pour ces vergers d'agrumes. Ces résultats pourront par la suite permettre de montrer et proposer aux agriculteurs locaux des nouvelles méthodes de gestion des bioagresseurs par le biais d'une gestion agroécologique des parcelles d'agrumes.

II) L'agroécologie comme pilier vers une agriculture durable

II.1) L'impact des produits phytosanitaires sur la santé humaine et les écosystèmes

Depuis la synthèse du DDT en 1874 par Othmar Zeidler, et la découverte de ses propriétés insecticides en 1939 par Paul Hermann Muller, il est considéré ainsi comme le premier produit phytosanitaire de synthèse. Depuis, une quantité innombrable de produits de ce genre ont vu le jour. Ainsi, dès la fin de la deuxième Guerre Mondiale l'utilisation massive de

produits phytosanitaires en tout genre a considérablement changé l'agriculture et amélioré l'état sanitaire de la population mondiale. Depuis le milieu du 20^{ème} siècle, d'importantes quantités de produits phytosanitaires ont été répandus dans l'environnement afin de lutter contre les ravageurs de cultures et des vecteurs de maladies (maladies humaines, animales et végétales). Trop souvent utilisés de façon non raisonnée, ces produits ont fini par causer un problème de contamination de la biosphère à court, moyen et long terme, car certaines de ces molécules mettent parfois plusieurs centaines d'années à disparaître complètement de ces milieux (Newman et Unger, 2003). Ces excès proviennent d'une connaissance limitée des risques de ces produits sur l'environnement, d'un manque d'effort et de réflexion sur la mise en place de solutions alternatives moins polluantes (Newman et Unger, 2003). Les pesticides, toxiques pour les organismes visés, peuvent malencontreusement être néfastes pour des organismes non cibles. Ces produits phytosanitaires, pour la plupart rémanents sur de longues périodes (de quelques semaines à plusieurs décennies) sont ainsi conservés et transportés dans l'environnement via différentes composantes (eau, air, sol) conduisant alors à des pollutions à proximité des zones traitées ou à des distances considérables des territoires traités (Newman et Unger, 2003). Dès lors, on observe des effets négatifs sur les populations d'organismes vivants (Carson R., 1962) dans ces milieux traités (ou non) que ce soit par des doses létales ou des doses sublétales entraînant des troubles chroniques (effets tératogènes, mutagènes, cancérigènes, reprotoxiques, neurologiques...). L'homme constitue l'une des cibles involontaires des pesticides. Les applicateurs des produits phytosanitaires sont les premiers touchés, par des doses potentiellement élevées. Cependant, les consommateurs sont également concernés par le fait qu'ils consomment des produits alimentaires susceptibles d'avoir été en contact avec ces produits. Les risques liés à ces deux principaux modes de contaminations sont dès lors différents en termes de risque pour la santé. Pour les premiers, il s'agit de risques liés à des expositions potentiellement élevées entraînant alors des effets négatifs dits aigus et précoces. Et pour les seconds, des risques liés à des expositions très faibles mais répétées entraînant alors des effets négatifs chroniques. Les effets aigus et précoces sont donc liés à des doses relativement élevées entraînant des effets délétères sur la santé humaine dans les heures ou jours qui suivent l'exposition. Les symptômes de ces contaminations dépendent des matières actives entrées en contact avec les applicateurs et manipulateurs de ces produits. Selon Spiewak (Spiewak, 2000) il s'agit principalement de problèmes d'irritations et d'inflammations oculaires et cutanées, des problèmes affectant le système nerveux, respiratoire, digestif ou circulatoire. Cependant, certains de ces produits, même à l'état de traces, constituent une menace pour la santé humaine dès lors que les expositions s'inscrivent dans la durée. Hormis

les manipulateurs et préparateurs de pesticides qui sont exposés aux risques aigus et chroniques, les principales victimes d'effets chroniques sont les consommateurs. L'impact sur la santé humaine à long terme des produits phytosanitaires, est une préoccupation croissante chez les consommateurs. Certes les connaissances des effets à long terme sur la santé humaine sont parfois limitées mais des certitudes ont été mises en évidence pour certains de ces pesticides (Inserm, 2013). On observe ainsi des effets sur la reproduction, des problèmes neurologiques (troubles comportementaux, maladies neurodégénératives), cancérologiques et problèmes liés aux perturbateurs endocriniens. Concernant les problèmes cancérologiques, les très nombreux cas de cancer de la prostate en Martinique sont particulièrement inquiétant et maintenant imputable, sans ambiguïté, à l'utilisation du Chlordécone, insecticide utilisé en bananeraie jusqu'en 1993 (Dieye *et al.*, 2007 ; Slutsky *et al.*, 1999).

Ces quelques exemples ne reflètent pas de manière exhaustive les problèmes liés à l'utilisations des produits phytosanitaires et leurs effets sur la santé humaine et leur impact sur les écosystèmes. C'est ainsi que, agriculteurs et consommateurs, cherchent des solutions plus respectueuses de l'environnement et des écosystèmes, présentant moins de risque. Des solutions de lutte biologique sont donc mises en place afin de proposer aux consommateurs des produits issus d'une agriculture biologique. En Martinique, le traumatisme causé par l'utilisation de la Chlordécone, poussent de plus en plus d'agriculteurs à s'orienter vers ce type de production. Il convient donc aux autorités (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, la DAAF Direction de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt), instituts techniques (Institut Technique Tropical, FREDON de Martinique) et instituts de recherche (INRA, CIRAD, Université des Antilles, IRSTEA et IRD) de proposer des solutions alternatives aux produits phytosanitaires. C'est ainsi que des méthodes de gestion agroécologiques des cultures sont mises en place progressivement chez les agriculteurs locaux.

II.2) L'agroécologie une approche plus respectueuse de l'environnement

L'agriculture d'aujourd'hui et surtout de demain doivent pouvoir répondre à un double enjeu. Dans un premier lieu, il s'agit d'assurer la sécurité alimentaire d'une population mondiale en pleine expansion démographique notamment dans les nombreux pays en voie de développement (pays pour lesquels l'accès aux ressources alimentaires est souvent compliqué à cause de divers problèmes qu'ils peuvent rencontrer). Deuxièmement, il est devenu urgent de préserver les écosystèmes et agrosystèmes pour les futures générations qui peuplerons la Terre.

Dans les pays développés les agriculteurs sont appelés à abandonner progressivement les pratiques actuelles d'une agriculture trop intensive et dont les conditions ne peuvent être durables sur un plan écologique (Wezel *et al.*, 2009). Il s'agit donc de trouver des solutions qui puissent apporter à la fois une production suffisamment efficiente pour nourrir une population en perpétuelle croissance, et une production respectueuse de l'environnement, c'est donc par voie de fait que deux disciplines parfois trop souvent distantes, ont fusionné : l'agronomie et l'écologie, pour ne former qu'une seule et même discipline, l'Agroécologie (Wezel *et al.*, 2009). En tant que discipline scientifique, l'agroécologie est relativement nouvelle puisqu'on la voit apparaître durant la décennie des années 1970. Maintenant considérée comme une discipline scientifique (et comme un ensemble interdisciplinaire) à part entière, qui à la différence d'une agronomie conventionnelle utilisant d'importantes quantités d'engrais, d'amendements et de produits phytosanitaires se base sur la mise place de concepts et de principes d'écologie et d'une gestion durable des systèmes agricoles (Wezel *et al.*, 2009 ; Wezel et Soldat, 2009).

Une des préoccupations majeures de cette méthode de gestion des parcelles agricoles est la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. Cela passe donc par la réduction progressive de l'utilisation de ces produits de synthèse et par conséquence une augmentation des méthodes de lutte biologique envers les bioagresseurs, afin de remplacer l'action des pesticides (Cardinale *et al.*, 2006). Il s'agit donc de chercher à maximiser les « effets de la biodiversité » au sein des parcelles agricoles sur le modèle de ce qui se passe dans les écosystèmes naturels. Ainsi, Deguine et al. (1997) définissent la protection agroécologique des cultures comme « la mise en place des mesures préventives visant à établir des équilibres bioécologiques entre les communautés animales et végétales de l'agrosystème dans le but de prévenir ou de réduire les risques d'infestations et de pullulations des bioagresseurs.

II.3) Les différentes solutions de lutte biologique contre les insectes ravageurs

On distingue 3 principaux programmes de lutte biologique. Il existe ainsi la lutte biologique par introduction ou acclimatation, qui consiste à introduire dans un milieu un auxiliaire (espèces généralement exotiques) afin de réguler les populations d'un ravageur d'une culture ciblée (Wright *et al.*, 2017). Concernant la culture des Agrumes plusieurs introductions ont eu lieu dans différents DOM. *Tamarixia radiata* a, par exemple, été introduite en Guadeloupe en 1999 afin de lutter contre le psylle asiatique *Diaphorina citri* (Etienne *et al.*, 2001) et *Ageniapsis citricola* fut introduite en 2006 à la Réunion pour lutte contre *Phyllocnistis*

citrella (Wright *et al.*, 2017). Bien que cette stratégie de lutte biologique s'avère très efficace en cas de réussite de l'introduction, il existe nécessairement des risques, dès lors que l'on introduit une nouvelle espèce dans un milieu (risque de compétition avec des espèces non cibles, risque d'attaque sur des insectes non cibles...). C'est pour cela que l'on préfère parfois mettre en place d'autres stratégies de lutte moins complexes, comme la lutte par augmentation ou par conservation. Ainsi la lutte par augmentation consiste à multiplier les populations de l'auxiliaire (présente sur les parcelles, mais ne suffisant pas à réguler les populations du ravageur) en laboratoire et d'effectuer des lâchers périodiques ou ponctuels. On parle alors de lâchers de renforcement (quantités d'auxiliaires faibles à moyennes) ou de lâchers inondatifs (grandes quantités d'auxiliaires). Enfin, la lutte biologique par conservation, stratégie mise en place pour cette étude consiste à « améliorer » l'environnement dans lesquels se trouve les auxiliaires afin d'en augmenter l'efficacité vis-à-vis des ravageurs de cultures.

II.4) La lutte biologique par conservation, une technique à promouvoir en Martinique

La conduite des agrosystèmes a une influence considérable sur les populations des auxiliaires et ennemis naturels des ravageurs de la culture. La méthode de lutte biologique, dite par conservation (ou CBC pour Conservation Biological Control), consiste à limiter l'effet des facteurs néfastes sur les populations d'auxiliaires et de favoriser du mieux possible les actions contribuant au maintien et au développement de ces populations (Jonsson *et al.*, 2008). Cette technique de contrôle biologique fut pendant un certain temps marginalisé, mais la recherche dans ce domaine a fortement progressé durant les deux dernières décennies (Gurr et Wratten, 2000 ; Wilkinson and Landis, 2005 ; Zehnder *et al.*, 2007).

La CBC consiste donc à valoriser la biodiversité fonctionnelle existante en apportant des modifications à l'habitat (à l'intérieur ou en bordure des parcelles) de ces populations d'auxiliaires, pour en augmenter, améliorer et favoriser leur présence et leur efficacité sur les ravageurs (Jonsson *et al.*, 2008). Cette méthode découle de l'hypothèse selon laquelle il existe localement dans les parcelles des populations d'auxiliaires (prédateurs et parasitoïdes) présentant le potentiel de pouvoir réguler les populations de ravageurs de cultures. Reste alors aux agriculteurs de mettre en place un ensemble de stratégies afin d'augmenter la diversité des ennemis naturels, d'attirer et de maintenir les auxiliaires sur les parcelles, de favoriser une colonisation plus précoce des parcelles, d'augmenter la fécondité et la longévité des auxiliaires, de faciliter la pénétration de la parcelle par les auxiliaires... (Jonsson *et al.*, 2008).



Figure 2 : Pucerons de l'espèce *Toxoptera citricida* sur agrumes (photo Marco Gaiani)



Figure 3 : Cochenilles de l'espèce *Coccus viridis* sur agrumes (Photo Philippe Ryckewaert)

III) Les ravageurs des vergers d'agrumes en Martinique

III.1) Les pucerons

Sur les agrumes, on retrouve plusieurs espèces de pucerons capables de causer d'importants dégâts. Ces insectes de l'ordre des Hemiptera appartiennent à la super famille des Aphidoidea. Il en existe plus de 4000 espèces actuellement répertoriées dont environ 250 sont des ravageurs potentiels des cultures. Bien que la plupart des espèces soient inféodées à une espèce végétale, il existe des espèces polyphages. Ces insectes (Figure 2) ont un corps ovale, un peu aplati et mesurant généralement entre 2 à 4 mm. Les pièces buccales forment le proboscis (ou rostre) leur permettant de transpercer les téguments supérieurs des plantes (feuilles et tiges) et de sucer la sève afin de s'en nourrir. Le miellat qu'ils produisent (liquide métabolisé par l'insecte à partir de la sève élaborée) est évacué par un orifice postérieur, la cauda. Vivipares et amétaboles, les jeunes pucerons semblables aux adultes atteignent leur taille adulte par une succession de phases de croissance et de mues. Concernant le mode de reproduction, les pucerons ont des cycles de vie souvent compliqués. On peut ainsi observer des modes de reproduction parthénogénétiques vivipares (femelles uniquement) ou sexuées ovipares (mâles et femelles sexués). Dans toutes les régions du monde où sont cultivés des agrumes, on observe des attaques de pucerons. On dénombre 16 pucerons se nourrissant de façon régulière sur agrumes et 4 pucerons de façon occasionnelle (Susant *et al.*, 1998). En Martinique peu de données existent sur les pucerons des agrumes, pour le moment, seuls quelques espèces ont été identifiées et sont donc potentiellement susceptibles de s'attaquer aux agrumes (Ryckewaert P., communication personnelle). Il s'agit notamment d'*Aphis craccivora*, d'*Aphis gossypii*, d'*Aphis spiraecola*, *Toxoptera aurantii* et *Toxoptera citricida*. Ces pucerons sont de plus, capables de transmettre des virus comme la Tristeza des agrumes, très dommageable pour les vergers.

III.2) Les cochenilles

Les cochenilles sont des petits insectes suceurs de sève de l'ordre des Hemiptera dont la taille est généralement comprise entre 1 et 4 mm (Figure 3), mais son très variables d'aspect selon les espèces et les familles. Elles restent une grande partie de leur cycle de vie fixée à leur support et aptères (sauf, quand ils existent, pour les mâles adultes qui sont ailés). Certaines cochenilles sont recouvertes d'une couche cireuse plus ou moins épaisse dont les couleurs et les formes varient selon les espèces. On retrouve un grand nombre de cochenilles pouvant s'attaquer aux agrumes. En Martinique, on retrouve 18 cochenilles appartenant à plusieurs



Figure 4 : Aleurodes adulte et exuvie (Philippe Ryckewaert)

familles, s'attaquant au agrumes (Leblanc, 2000). Cependant, bien qu'il existe une grande diversité concernant ce groupe d'insecte ravageurs, peu d'entre elles présentent un réel risque agronomique en Martinique vis-à-vis des agrumes (Ryckewaert P., communication personnelle). En effet, ces ravageurs semblent être efficacement régulés par des populations de prédateurs et de parasitoïdes (Leblanc, 2000). En Martinique, l'espèce la plus dommageable pour l'agrumiculture est la cochenille blanche *Unaspis citri* et dans une moindre mesure *Coccus viridis* (Leblanc, 2000).

III.3) Les psylles

Quelques espèces de psylles, dont *Diaphorina citri*, peuvent transmettre la bactérie *Candidatus liberibacter*, responsable du HLB (Huanglongbing ou maladie du Dragon jaune). Les arbres contaminés voient leurs nervures des feuilles ainsi que leurs tissus adjacents jaunir, suivi d'un jaunissement asymétrique de toute la feuille. Les rameaux finissent par perdre leurs feuilles. On peut observer également un pourrissement des racines. La plante finit par décliner et mourir. Le Psylle arrive en Floride et en Guadeloupe en 1998 et s'entend depuis peu à peu dans tout le bassin Caraïbéen. Le psylle asiatique, *Diaphorina citri* fut découvert à la Martinique en 2012 par Philippe Ryckewaert. Son parasitoïde spécifique (*Tamarixia radiata*) fut découvert un mois après *Diaphorina citri*, et le HLB un an après, en 2013. Ils furent importés très probablement de Guadeloupe via des plants contaminés hébergeant *D. citri* et *T. radiata* (Ryckewaert P., communication personnelle). Les adultes transmettent la bactérie aux autres arbres lorsqu'ils se nourrissent de sève et les larves non contaminées récupèrent la bactérie sur les arbres contaminés.

III.4) Les aleurodes

Les aleurodes sont des petits insectes piqueurs suceurs appartenant à l'ordre des Hemiptera. On recense environ 1200 aleurodes à travers le monde. Mesurant entre 1 à 3 mm, ces « mouches blanches » sont redoutées des serristes, horticulteurs, arboriculteurs et agriculteurs car très souvent associées au risque de dépérissement, de souillure et de transmission de pathogène (Figure 4). Les deux sexes sont ailés et tiennent leurs ailes à plat ou légèrement en toit. Sur les faces inférieures des feuilles, on retrouve les adultes et leurs pontes. Les larves sont ovoïdes, aplaties, présentant très souvent des expansions cireuses et de couleurs peu variées (blanc, jaune, gris ou noir) en fonction de l'espèce (Ryckewaert P., communication personnelle). Les larves et les adultes piquent les tissus végétaux (généralement les feuilles) pour détourner la

sève élaborée des vaisseaux du phloème à leurs profits. La ponction de ces liquides végétaux entraîne un affaiblissement des plantes qui s'étioilent et se flétrissent. Cependant, ce sont surtout les actions indirectes qui sont dommageables, telles que l'apparition de fumagine se développant sur le miellat sécrété par les aleurodes ou la transmission de pathogènes. En Martinique on recense 4 aleurodes sur agrumes dont deux sont particulièrement fréquent en vergers d'agrumes, *Aleurodicus dispersus* et d'*Aleurothrixus floccosus* (Leblanc, 2000). On retrouve également ces aleurodes sur les goyaviers.

IV) Les auxiliaires et ennemis naturels réalisant la lutte biologique dans les vergers d'agrumes en Martinique

Depuis l'antiquité, on note l'usage d'auxiliaires contre les ravageurs des cultures, cependant c'est depuis la moitié du XIX^e siècle que l'on observe les premières utilisations à grande échelle. Lorsque l'organisme vivant utilisé en tant qu'auxiliaire contre l'insecte ravageur est un animal, (majoritairement des insectes), on parle de lutte biologique par entomophages. L'utilisation d'arthropodes (animaux de la classe des Insecta et des Arachnida (Aranae et Acari)) en tant qu'auxiliaires est un des moyens de lutter efficacement contre certains ravageurs tout en réduisant l'utilisation de produits phytosanitaires. On différencie alors deux grands groupes d'ennemis naturels chez ces animaux, les prédateurs et les parasitoïdes. Les prédateurs sont généralement plus gros que les proies qu'ils tuent, immédiatement, contrairement aux parasitoïdes. De plus, la prédation est souvent moins spécifique que le parasitisme. Cependant, dès lors que les populations de ravageurs cibles atteignent des niveaux faibles l'auxiliaire prédateur peut continuer à s'alimenter sur d'autres proies. Néanmoins, bien que les auxiliaires prédateurs présentent un certain nombre d'avantages, il existe également des inconvénients (Etienne *et al.*, 2001). Parmi les avantages, on retrouve par exemple, le fait qu'ils puissent exercer une répression quasi immédiate du ravageur contrairement aux parasitoïdes, le fait qu'ils soient doués d'une grande mobilité, le fait qu'ils soient capables d'utiliser d'autres proies lorsque le ravageur est à une faible densité (prédateur moins spécialiste en général que les parasitoïdes) (Etienne *et al.*, 2001). Concernant les inconvénients, il s'agit surtout de la possibilité d'inactivité ou d'émigration hors de la parcelle lorsque la densité des proies est très faible et que des proies alternatives sont absentes, et la possibilité d'interférence vis-à-vis d'autres proies et la prédation d'autres prédateurs (superprédation).

Tableau I : Espèces de coccinelles recensées en Martinique (Ryckewaert et Alauzet, 2002 ; Peck, 2011 ; Touroult et Poirier, 2012 ; Fredon 2005, 2004, 2012)

<i>Espèces</i>	<i>Sous-famille</i>
Chilocorus cacti (Linnaeus, 1767)	Chilocorinae
Chilocorus nigritus (Fabricius, 1798)	Chilocorinae
Cladis nitidula (Fabricius, 1792)	Chilocorinae
Coccinella septempunctata (Linnaeus, 1758)	Coccinellinae
Coleomegilla maculata (De Geer, 1775)	Coccinellinae
Cryptolaemus montrouzieri (Mulsant, 1853)	Scymniinae
Diomus roseicollis (Mulsant, 1853)	Microweiseinae
Curinus coeruleus (Mulsant, 1850)	Chilocorinae
Delphastus pallidus (Le Conte, 1878)	Sticholotidinae
Delphastus pusillus (Le Conte, 1852)	Sticholotidinae
Cycloneda delauneyi (Fleutiaux et Sallé, 1889)	Coccinellinae
Cycloneda sanguinea (Linnaeus, 1763)	Coccinellinae
Psyllobora lineola (Fabricius, 1792)	Coccinellinae
Coelophora inaequalis (Fabricius, 1775)	Coccinellinae
Zagreus bimaculosus (Mulsant, 1850)	Coccinellinae
Hyperaspis festiva (Mulsant, 1850)	Scymniinae
Pseudoazia trinitatis (Marshall, 1912)	Coccidulinae
Rodolia cardinalis (Mulsant, 1850)	Coccidulinae
Clitostethus dispar (Siccard, 1929)	Scymniinae

IV.1) Les coccinelles et autres prédateurs

Afin d'utiliser des méthodes de lutte biologique, il est particulièrement bien important d'étudier l'écologie et la biologie du ravageur et l'auxiliaire, s'il s'agit d'une technique utilisant ce type de solution (Rice *et al.*, 1988). L'utilisation de coccinelles en tant que bio régulateurs de populations de ravageurs a été très souvent démontrée dans des systèmes agro-écologiquement gérés, notamment contre des populations de pucerons, de cochenilles, d'aleurodes ou bien de psylles (Michaud, 2002 ; Iperti, 1983 ; Dixon *et al.*, 1997). Les coccinelles en tant que prédateurs se divisent en plusieurs groupes. On retrouve ainsi, principalement des coccinelles aphidiphages (s'alimentant de pucerons), des coccinelles coccidiphages (s'alimentant de cochenilles), des coccinelles aleurodiphages (s'alimentant d'aleurodes), et des coccinelles acariphages (s'alimentant d'acariens tétranyques) (Lucas, 2012). Il existe également des coccinelles mycophages se nourrissant de champignons (notamment d'oïdium) ou même phytophages (Lucas, 2012). A l'intérieur de ces différents groupes, on retrouve des coccinelles plus ou moins spécialisées dans la prédation d'une famille ou d'une espèce de proie précise. Cependant, il existe des coccinelles dont la spécificité pour les proies est moins marquée, s'alimentant de plusieurs groupes de proies en fonction de la disponibilité de celles-ci.

En Martinique, on retrouve un certain nombre de coccinelles pouvant être utilisées en tant que prédateurs afin de réguler les populations de certains ravageurs (Ryckewaert et Alauzet, 2002). Les coccinelles, larves comme adultes, sont de redoutables « outils » de lutte biologique contre les ravageurs des cultures. La Fredon de Martinique a réalisé un inventaire en 2011 sur différentes parcelles en Martinique, afin d'identifier les coccinelles présentes. Ils ont ainsi recherché des coccinelles sur des parcelles de goyaviers (*Psidium guajava*) et d'agrumes (*Citrus spp.*) en privilégiant les exploitations en agriculture biologique ou raisonnée. La Fredon a ainsi pu identifier 5 espèces de coccinelles sur les parcelles de goyaviers (*Cladis nitidula*, *Cycloneda sanguinea*, *Delphastus pallidus*, *Diomus roseicollis*, *Rodalia cardinalis*) et 10 espèces de coccinelles sur les parcelles d'agrumes (*Chilocorus cacti*, *Chilocorus nigritus*, *Cladis nitidula*, *Coelophora inaequalis*, *Cryptolaemus montrouzieri*, *Cycloneda sanguinea*, *Delphastus pallidus*, *Diomus roseicollis*, *Pseudoazia trinitatis*, *Zagreus bimaculosus*). D'autres recensement, ont également eu lieu à travers l'île, amenant le nombre d'espèces de coccinelles en Martinique à 17 (Ryckewaert et Alauzet, 2002 ; Peck, 2011 ; Touroult et Poirier, 2012) (Tableau 1).

En plus des coccinelles majoritairement utilisées pour leur comportement de prédation, on trouve d'autres auxiliaires et notamment des araignées pouvant être également utilisées en lutte biologique. Parmi ces espèces, on retrouve en Martinique les Lampyridae avec la luciole *Aspisoma ignitum* (ordre des Coleoptera), les Carabidae avec le carabe *Calosoma alternans* ou la cicindèle *Brasiella argentata* (ordre des Coleoptera) et toute une batterie d'araignées qui peuvent également participer à la régulation des ravageurs de cultures (Peck, 2011). Cependant, ces insectes généralistes (s'alimentant de pucerons, de cochenilles, de lépidoptères, de mollusques et d'autres coléoptères) semblent être moins efficaces que les coccinellidae aphidiphages, aleurodiphages et coccidiphages spécialisées dans un type particulier de proies (Peck, 2011 ; Arim et Marquet 2004). Parmi l'ordre des Neuroptera (Névroptères), différentes familles peuvent présenter des intérêts agroécologiques, telle que la famille des Chrysopidae (Chrysopes) et des Hemerobiidae (Hémérobies) dont les larves de certaines espèces se nourrissent principalement de pucerons (jusqu'à 500 pucerons par larves sur une durée de 15 jours). Cependant, le régime de ce type de larve peu se diversifier en fonction de la présence ou non de pucerons (Paulian 1999). Ainsi, les larves peuvent se nourrir de psylles, de cochenilles, d'aleurodes, d'œufs et de jeunes larves de lépidoptères, d'hyménoptères, de coléoptères, de diptères, de thysanoptères et d'acariens présent sur d'autres plantes, présents ou non sur la parcelle (Paulian 1999). Les Diptera (notamment les insectes de la famille des Syrphidae et des Asilidae), les Hemiptera (notamment les punaises prédatrices de la famille des Nabidae et des Reduviidae), les Thysanoptera et les Hymenoptera (notamment la famille des Formicidae et des Vespidae) sont également des ordres d'insectes intéressant en lutte biologique en tant que prédateurs.

IV.2) Les parasitoïdes

Les parasitoïdes constituent un second groupe d'ennemis naturels très intéressant. Le mode d'action des parasitoïdes est la ponte dans le corps (endoparasitisme) ou sur le corps (ectoparasitisme) de leur hôte. Ensuite, le développement de l'œuf dans le corps de l'hôte entraîne inévitablement la mort de l'hôte. Chez les parasitoïdes, on retrouve différents ordres d'insectes comme les Coleoptera, les Nevroptera, les Lepidoptera et les Trichoptera (Jaloux, 2016). Cependant il s'agit principalement des insectes de l'ordre des Hymenoptera (superfamilles des Ichneumonoidea et des Chalcidoidea) et des Diptera chez lesquels on observe ce comportement. Les insectes parasitoïdes déposent alors leur ponte dans leurs hôtes.

Tableau II : Liste des parasitoïdes connus des ravageurs d'agrumes en Martinique (Leblanc, 2000).

Groupe de ravageurs	Ravageurs	Parasitoïdes
Cochenilles	<i>Chrysomphalus aonidum</i>	Aphelinidae : <i>Aphytis sp. et Encarsia lounburryi</i>
	<i>Parlatoria sp.</i>	Aphelinidae : <i>Encarsia lounburryi</i>
	<i>Unaspis citri</i>	Aphelinidae : <i>Encarsia lounburryi</i>
	<i>Ceroplastes rubens</i>	Eulophidae : <i>Tetrastichinae</i> (sous-famille)
	<i>Coccus hesperidum</i>	Aphelinidae : <i>Coccophagus pulvinariae</i> / Signiphoridae : <i>Signiphora sp.</i>
	<i>Coccus viridis</i>	Aphelinidae : <i>Coccophagus pulvinariae</i> / Tetrastichinae : <i>Aprostocetus sp.</i>
	<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	Encyrtidae : <i>Anagyrus kamali</i> (introduit) et <i>Gyranusoidea sp.</i>
	<i>Planococcus citri</i>	Cecidomyiidae (Diptera)
Aleurodes	<i>Aleurodicus dispersus</i>	Eulophidae : <i>Aleuroctonus sp.</i> / Aphelinidae : <i>Encarsia sp.</i>
	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	Aphelinidae : <i>Encarsia basicincta et</i> <i>Eretmoceris portoricensis</i> / Signiphoridae : <i>Signiphora sp.</i>
	<i>Dialeurodes citrifolii</i>	Aphelinidae : <i>Encarsia sp. et Eretmoceris sp.</i> / Signiphoridae : <i>Signiphora sp.</i>
	<i>Orchamoplatus mammaeferus</i>	Aphelinidae : <i>Eretmoceris sp.</i>
Pucerons	<i>Toxoptera citricida</i>	Braconidae : <i>Lysiphlebus testaceipes</i> / Pteromalidae : <i>Pachyneuron sp.</i>
Lépidoptères	<i>Phyllocnistis citrella</i>	Eulophidae : <i>Galeopsomyia fausta, Horismenus</i> <i>sp. et Cirrospilus sp.</i>
	<i>Spodoptera dolichos</i>	Scelionidae : <i>Telenomus sp.</i> / Eulophidae : <i>Euplectrus sp.</i>
Thrips	<i>Heliothrips haemorrhoidalis</i>	Trichogrammatidae : <i>Megaphragma sp.</i>

En fonction du stade parasité, on retrouve des parasitoïdes de type oophage (croissance du parasitoïde dans l'œuf de l'hôte), de type larvaire (croissance du parasitoïde dans la larve de l'hôte), de type nymphaux (croissance du parasitoïde dans la nymphe de l'hôte) ou bien parfois sur plusieurs stades. En Martinique, les pucerons *Toxoptera citricida* semblent être parasités par *Lysiphlebus testaceipes* (Braconidae) et *Pachyneuron sp.* (Pteromalidae), pour les autres parasitoïdes de pucerons des agrumes en Martinique il n'existe aucune autre donnée (Leblanc, 2000). Pour les autres ravageurs des Agrumes, des parasitoïdes ont été identifiés par Leblanc en 2000 (Tableau 2) (Leblanc, 2000).

V) **Matériels et Méthodes**

V.1) Matériel

Les Agrumes

On retrouve des agrumes quasiment dans toutes les zones comprises entre l'équateur et des latitudes légèrement supérieures à 40°. En Martinique les vergers d'agrumes sont principalement des vergers de Lime de Tahiti, d'Orangers Valencia Late, Washington Navel et de Pomelo Redblush (Le Bellec, 2005).

Les plants d'agrumes plantés sur les parcelles du Vert-Pré (Robert) sont des Limes de Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka, 1951), il s'agit d'un agrume triploïde (3n chromosomes). La triploïdie des Limes de Tahiti rend ces agrumes plus tolérants au Huanglongbing car les tubes criblés sont plus larges ralentissant l'obstruction des vaisseaux causée par ces bactéries (*Candidatus Liberibacter*). Cette culture pérenne produit un fruit très parfumé, une lime d'une grosseur moyenne (environ 7cm) plus ou moins sphérique et pourvue d'un mamelon à son extrémité apicale. Le fruit devient jaune verdâtre à maturité et sa pulpe est très juteuse et acide.

Les plants d'agrumes plantés sur la parcelle de Rivière-Lézarde (Lamentin) sont issus d'une centaine d'accessions différentes (ils sont donc tous différents, variétalement parlant).

Parcelles du Vert Pré (Robert).

Les parcelles suivies au Vert-Pré (Robert) (parcelles P1, P2, P3 et P4) se situent au lieu-dit du Vert Pré. Les précipitations de mai à décembre sont comprises en moyenne entre 130 à 250 mm par mois et entre 50 et 100 mm par mois de janvier à avril (meteofrance.gp). Ces parcelles appartenant à Madame Marie-Claude Mouriessse, exploitante agricole. Une convention d'expérimentation a été signée entre le CIRAD et Madame Mouriessse en Janvier 2017. Concernant les conditions d'expérimentations, l'exploitante met à disposition du Cirad ses parcelles de terrain (environ 3000 m²) déjà plantées en agrumes et goyaviers (plantation en



Figure 5 : Parcelle P1 Vert-Pré - *C. latifolia* + *P. guajava* / sans tonte (Photo Tim Dupin)



Figure 6 : Parcelle P2 Vert-Pré - *C. latifolia* + *P. guajava* / tonte régulière (Photo Tim Dupin)

Octobre 2015). Les goyaviers sont uniquement sur les parcelles P1 et P2. Les parcelles sont en libre accès aux agents du Cirad afin d'y mener les observations et les manipulations nécessaires à l'expérimentation. En contrepartie, le Cirad s'engage à communiquer à Madame Mouriesse toutes les informations recueillies sur l'ensemble des parcelles. Sur ces parcelles on retrouve différentes configurations (plan expérimental en Annexe I) :

- La parcelle P1 sur laquelle on trouve des *C. latifolia* et des Goyaviers (*Psidium guajava* L. 1753) avec une couverture naturelle non fauchée. En février, du *Desmodium heterocarpon* et du *Vigna radiata* ont été semés sur cette parcelle (Figure 5).
- La parcelle P2 sur laquelle on trouve des *C. latifolia* et des *P. guajava*, avec une couverture naturelle fauchée régulièrement (environ tous les 1 à 2 mois) (Figure 6).
- La parcelle P3 sur laquelle on trouve des *C. latifolia*, avec une couverture naturelle non fauchée. En février, du *D. heterocarpon* et du *V. radiata* ont été semés (Figure 7).
- La parcelle P4 sur laquelle on trouve des *C. latifolia* avec une couverture naturelle fauchée régulièrement (environ tous les 1 à 2 mois) (Figure 8).

Initialement les goyaviers ont été plantés pour suivre les populations de psylles et tester leur potentiel effet répulsif vis-à-vis du psylle (Ryckewaert P., communication personnelle). Cependant, comme les psylles sont totalement absents de ces parcelles, une autre étude a été mise en place.

Parcelles de Rivière Lézarde (Lamentin)

Concernant la parcelle de Rivière-Lézarde (Lamentin) (parcelle RLZ), les précipitations de mai à décembre sont comprises en moyenne entre 140 à 280 mm par mois et entre 80 et 110 mm par mois de janvier à avril (meteofrance.gp). Elle appartient au CIRAD qui mène tout un ensemble d'expérimentations. Il s'agit d'une parcelle (Figure 9) sur laquelle est planté une centaine d'accessions de plants (l'objectif principal de cette parcelle et de ces plants est de pouvoir sélectionner des Agrumes tolérants au HLB). La couverture de la parcelle est fauchée très régulièrement, et des pulvérisations d'herbicides y sont effectuées dès que nécessaire.

V.2) Méthode

Les échantillonnages ont eu lieu de mars (16 mars 2017) jusqu'à la fin du mois d'août (29 août 2017), les comptages se font chaque semaine si les conditions météorologiques le permettent. Les résultats de mars à début juillet seront directement analysés (du 16 mars 2017 au 4 juillet 2017 + les 2 relevés effectués par Mr Ryckewaert le 08.02.17 et le 23.02.17 pour les parcelles du Vert-Pré). Les résultats obtenus au-delà du 04.07.17 serviront pour le suivi des



Figure 7 : Parcelle P3 Vert-Pré - *C. latifolia* / sans tonte (Photo Tim Dupin)



Figure 8 : Parcelle P4 Vert-Pré - *C. latifolia* / tonte régulière (Photo Tim Dupin)

populations sur une année. L'objectif de l'étude étant, d'étudier la régulation des populations de pucerons et autres ravageurs en fonction des différentes parcelles agricoles mises à disposition, et de faire un inventaire des ravageurs et auxiliaires des parcelles.

1) Relevés des populations d'insectes

L'observation des populations de pucerons est effectuée à l'œil nu et à la loupe portative chaque semaine. Les colonies de pucerons se développent sur les flushs (jeunes rameaux) des agrumes.

Sur chaque parcelle du Vert-Pré (P1, P2, P3 et P4) 6 arbres sont suivis tout au long de l'étude. On observe ensuite 10 flushs par arbre, et on note la présence ou non de colonies de pucerons. Concernant la parcelle de Rivière-Lézarde, 24 arbres (accessions différentes) sont suivis sur la parcelle RLZ.

Pour les autres ravageurs, l'ensemble de l'arbre (feuilles, tronc, fleurs, fruits...) est inspecté en essayant de rester approximativement le même temps sur chaque arbre. Les différents pucerons des agrumes en Martinique sont relativement facilement différenciables. Mr Philippe Ryckewaert m'a donc appris à reconnaître les pucerons (fiches d'identification de pucerons aphid.aphidnet.org, Annexe II, III et IV pour *T. citricida*, *A. spiraecola* et *T. aurantii*), afin d'effectuer mes relevés plus efficacement. Dès que l'identification est délicate, les pucerons ou autres ravageurs, sont rapportés au laboratoire pour une identification plus précise. Pour les autres ravageurs, on note simplement la présence ou non sur l'arbre (les autres ravageurs ne se développent généralement pas sur les flushs).

Concernant l'observation des coccinelles, on note la présence ou non sur les flushs des agrumes. Pour les coccinelles qui sont suivies de façon précise, on déterminera ensuite leur fréquence d'occurrence définie par Dajoz en 1971 comme étant le pourcentage du nombre de relevés p contenant l'espèce i pris en considération, divisé par le nombre total de relevés N , soit : $C = p/N * 100$. Ainsi en fonction de C on distingue plusieurs catégories (une espèce est omniprésente si $C = 100 \%$; une espèce est constante si $75 \% < C < 100 \%$; une espèce est régulière si $50 \% < C < 75 \%$; une espèce est accessoire si $25 \% < C < 50 \%$; une espèce est accidentelle si $5 \% < C < 25 \%$; une espèce est rare si C inférieure à 5%).

2) Elevage et conservation des insectes ravageurs (pucerons, cochenilles aleurodes)



Figure 9 : Parcelle RLZ de Rivière Lézarde - Accessions agrumes / Tonte régulière (Photo Tim Dupin)

La conservation des insectes permet de pouvoir les envoyer à d'éventuelle spécialistes pour identification plus précise, ou pour être stockés dans le laboratoire. Pour les pucerons, les échantillons récoltés sont conditionnés dans des tubes en plastique remplis d'alcool à 70%, afin de les conserver. Pour les cochenilles et les aleurodes, la technique est identique à celle des pucerons.

Pour l'identification des parasitoïdes, il est indispensable de mettre les ravageurs présumés parasités en élevage et d'attendre l'émergence des individus. Les pucerons, les cochenilles, aleurodes et lépidoptères supposés parasités sont donc placés dans des boîtes d'élevage en plastique perforées sur leur partie supérieure, afin de leur apporter suffisamment d'oxygène. Les cochenilles, les pucerons et les aleurodes sont placés avec une partie de leur plante hôte (flush frais d'agrumes), afin qu'ils puissent survivre le temps de l'émergence du parasitoïde. Les boîtes d'élevage sont placées au laboratoire d'entomologie du Cirad Martinique dans une salle climatisée à 25°C, éclairée par une lumière naturelle. Les émergences de parasitoïdes sont surveillées tous les deux jours. Après émergence, il est préférable d'attendre quelques heures après la sortie des parasitoïdes avant de pouvoir tuer les imagos. Cette attente permet que ces derniers atteignent leur stade de sclérification définitif (sinon ils peuvent apparaître sous une couleur différente de leur couleur définitive, et donc compliquer ou fausser l'identification). On procède ensuite à la capture des individus par le biais d'aspirateurs à bouche et on les place au congélateur afin de tuer les parasitoïdes et de pouvoir les stocker.

3) Prélèvement des insectes des plantes de couvertures

Les différents fauchages des plantes de couverture sont effectués avec un filet fauchoir et les insectes récoltés sont ensuite récupérés avec un aspirateur à bouche, afin d'être stockés dans des tubes en plastique transparent. Les tubes sont ensuite placés au congélateur afin de tuer les insectes et de pouvoir procéder à leur identification en laboratoire (utilisation d'une loupe binoculaire). La zone de fauchage a été fixée afin d'avoir une même surface de prélèvement pour l'ensemble des parcelles. Il s'agit d'un rectangle d'environ 4m par 6m, soit une surface d'environ 24 mètres carrés.



Figure 10 : Plantes de couverture de la parcelle P1, essentiellement *D. heterocarpon* (Photo Tim Dupin)

4) Recherche de pucerons sur les plantes de couverture et de bordure de parcelles

Cette étape demande énormément de temps car il faut effectuer une recherche sur l'ensemble des parcelles (Figure 10) et sur les plantes situées en bordures de parcelles. Pour chaque plante inspectée, il faut examiner les feuilles (face inférieure et supérieure). Dès que des pucerons sont trouvés, ils sont placés dans des boîtes et transportés au laboratoire afin d'être identifiés. L'identification se fait grâce aux fiches d'identification du site aphid.aphidnet.org.

5) Analyses statistiques

Les analyses statistiques sont réalisées sur le logiciel XLSTAT. Les données seront traitées via des tests de Kruskal-Wallis (suivant des modèles linéaires généralisés prenant en compte les différentes variables et leurs interactions en fonction des parcelles d'études).

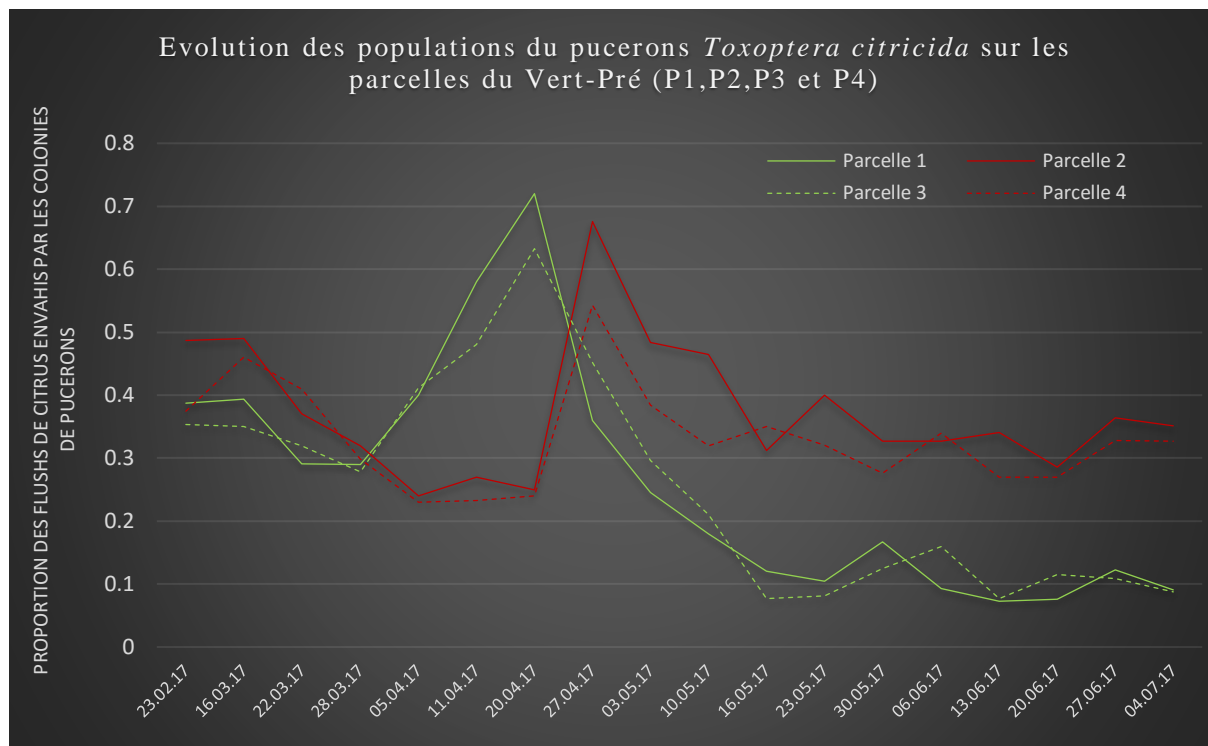


Figure 11 : Evolution des populations des pucerons *T. citricida* sur les parcelles du Vert-Pré (P1, P2, P3 et P4)

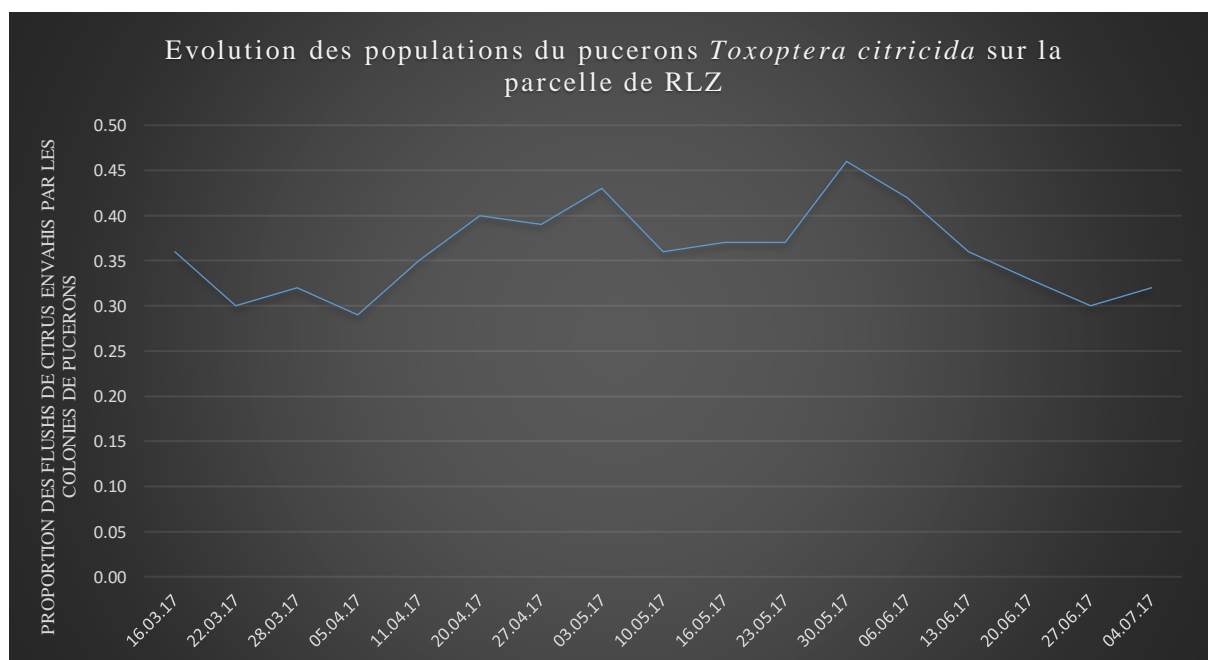


Figure 12 : Evolution des populations des pucerons *T. citricida* sur les parcelles de Rivière Lézarde (RLZ)

VI) Résultats

VI.1) Evolution des populations des pucerons sur les agrumes

La Figure 11 représente l'évolution des populations de pucerons (*Toxoptera citricida*) sur les parcelles du Vert-Pré (P1, P2, P3 et P4) pour la période du 08.02.17 au 04.07.17. De la période allant du 08.02 au 05.04 on observe des populations dont les niveaux d'infestation ne sont pas significativement différents (P1-P2 : p-value = 0,66 : pas de différence significative ; P1-P3 : p-value = 0,94 : pas de différence significative ; P1-P4 : p-value = 0,65 : pas de différence significative ; P2-P3 : p-value = 0,38 : pas de différence significative ; P2-P4 : p-value = 0,90 : pas de différence significative ; P3-P4 : p-value = 0,47 : pas de différence significative). On observe ensuite une phase de « pullulation » où les niveaux atteignent 72%, 67%, 63% et 54% (pourcentage d'infestation des flushs d'agrumes) respectivement pour P1, P2, P3 et P4. Enfin on observe une phase de stabilisation du 03.05.17 au 04.07.17. Durant cette période, les populations de pucerons diminuent fortement et tendent à se stabiliser aux alentours des 35% pour les parcelles P2 et P4, et aux alentours de 10% pour les parcelles P1 et P3. Les analyses montrent que les niveaux de ces parcelles sont significativement différents (P1-P2 : p-value = 0,0004 : différence significative ; P1-P3 : p-value = 0,99 : pas de différence significative ; P1-P4 : p-value = 0,0008 : différence significative ; P2-P3 : p-value = 0,0005 : différence significative ; P2-P4 : p-value = 0,29 : pas de différence significative ; P3-P4 : p-value = 0,001 : différence significative) (détail en Annexe V).

Concernant la parcelle de Rivière Lézarde (RLZ), on n'observe pas du tout la même dynamique d'évolution des populations de pucerons (Figure 12). Les populations semblent relativement stables et se maintiennent aux alentours des 35% d'infestation des flushs (46% au maximum et 29% au minimum). Sur la parcelle RLZ en plus des *Toxoptera citricida* observés hebdomadairement, des observations d'*Aphis spiraecola* et *Toxoptera aurantii* ont été faite ponctuellement, bien que les populations restent à des niveaux très faibles surtout pour l'espèce *Toxoptera aurantii*.

Tableau III : Présence des Coccinelles sur les différentes parcelles de l'étude. P1, P2, P3 et P4 pour le Vert-Pré (Robert) et RLZ pour la Rivière-Lézarde (Lamentin)

Espèce	Sous famille	Parcelles
<i>Cladis nitidula</i>	Chilocorinae	P1, P2, P3, P4 et RLZ
<i>Coelophora inaequalis</i>	Coccinellinae	P1, P2, P3, P4 et RLZ
<i>Cycloneda sanguinea</i>	Coccinellinae	P1, P3, P4
<i>Chilocorus cacti</i>	Chilocorinae	P1, P2, P3 et P4
<i>Rodalia cardinalis</i>	Coccidulinae	P1

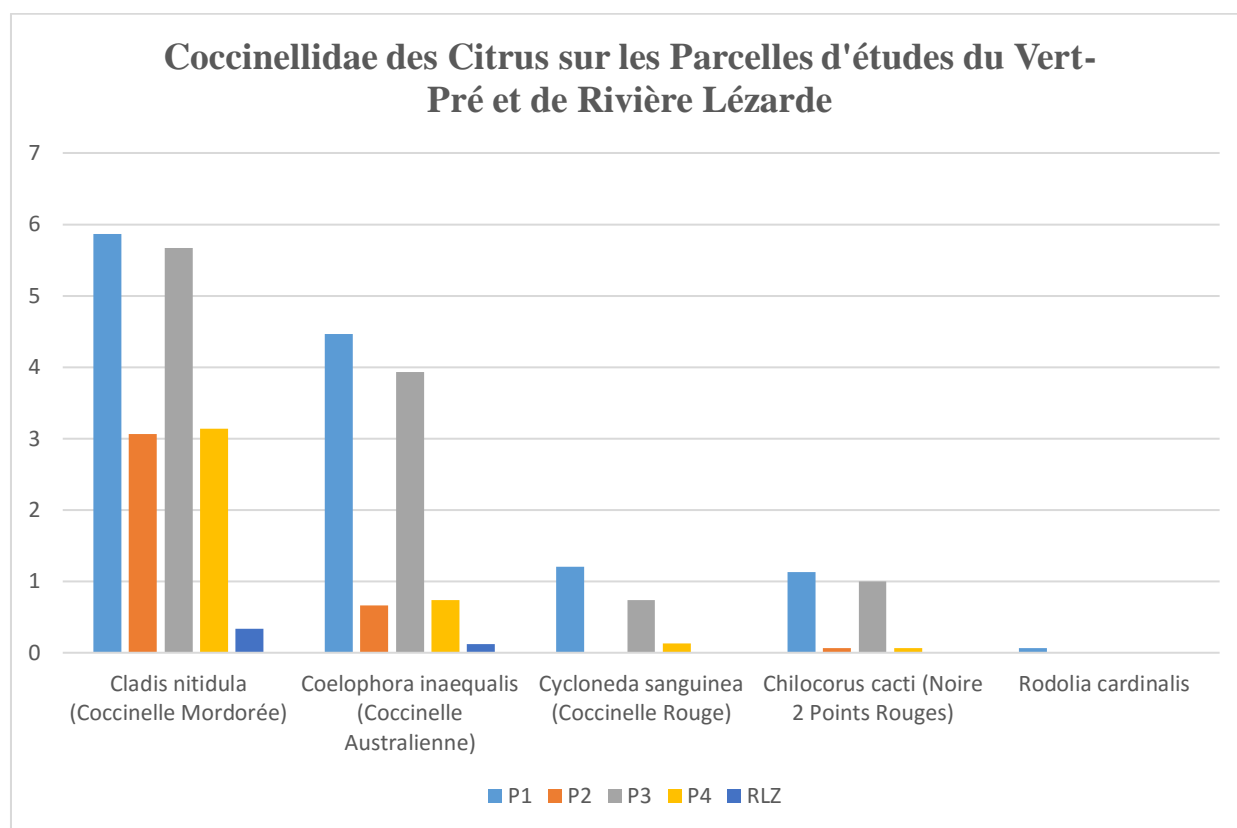


Figure 13 : Nombre moyen de coccinelles observées par comptage sur les parcelles du Vert-Pré (P1, P2, P3 et P4) et de Rivière- Lézarde (RLZ).

VI.2) Populations de Coccinellidae des différentes parcelles

Différentes coccinelles ont été trouvées sur les parcelles d'agrumes suivies. Le Tableau 3 présente les individus identifiés durant cette étude. On note ainsi sur les parcelles du Vert-Pré la présence de 5 espèces de Coccinelles (*Cladis nitidula*, *Coelophora inaequalis*, *Cycloneda sanguinea*, *Chilocorus cacti* et *Rodalia cardinalis*) sur la parcelle P1, 3 espèces (*Cladis nitidula*, *Coelophora inaequalis* et *Chilocorus cacti*) sur la parcelle P2, 4 espèces (*Cladis nitidula*, *Coelophora inaequalis*, *Cycloneda sanguinea* et *Chilocorus cacti*) sur la parcelle P3 et 4 espèces (*Cladis nitidula*, *Coelophora inaequalis*, *Cycloneda sanguinea* et *Chilocorus cacti*) sur la parcelle P4. Les espèces *Cladis nitidula*, *Coelophora inaequalis*, *Cycloneda sanguinea* et *Chilocorus cacti* ont toutes été observées se nourrissant sur les colonies de pucerons *Toxoptera citricida*. Cependant, l'unique observation de l'espèce *Rodalia cardinalis* s'est faite sur un individu se nourrissant de la cochenille *Icerya purchasi*.

Concernant la parcelle de Rivière-Lézarde, 2 espèces de Coccinelles aphidiphages ont été observées : *Cladis nitidula* et *Coelophora inaequalis*. Aucune autres coccinelles n'ont été trouvées, que ce soit des coccinelles aphidiphages, coccidiphages ou aleurodiphages.

La Figure 13 présente le nombre moyen de Coccinelles observées par comptage sur les parcelles du Vert-Pré (Robert). Les tests de Kruskal-Wallis permettent d'observer les éventuelles différences significatives en fonction de la parcelle et de la coccinelle considérée (détail en annexe VI). En effet, pour la Coccinelle *Cladis nitidula*, on observe qu'il y a une différence significative (Tableau 4) entre les populations des parcelles P1 et P3 vis-à-vis des parcelles P2 et P4 (P1-P2 : p-value : 0,00057 = différence significative ; P1-P3 : p-value : 0,096 = différence non significative ; P1-P4 : p-value : 0,00067 = différence significative ; P2-P3 : p-value : 0,00050 = différence significative ; P2-P4 : p-value : 0,0961 = différence non significative). Les résultats pour les comparaisons suivantes (Tableau 5), montrent qu'il y a des différences significatives entre les différentes parcelles en fonction des populations de coccinelles considérées. Ainsi, pour *C. inaequalis* on observe 3 groupes : P1 / P2-P4 / P3 ; pour *C. inaequalis* on observe 4 groupes : P1 / P2 / P3 / P4 et pour *C. cacti* on observe 2 groupes : P1-P3 / P2-P4. Concernant la parcelle de Rivière-Lézarde sur laquelle on observe uniquement *C. nitidula* et *C. inaequalis* mais à des niveaux plus bas qu'au Vert-Pré (en moyenne de 0,34 pour *C. nitidula* et 0,12 pour *C. inaequalis*) et compte tenu du fait que cette parcelle (de Rivière-Lézarde) soit une parcelle composée que de plants « variétalement différents », on ne peut conclure à différence significative ou pas des niveaux de populations de ces deux coccinelles vis-à-vis des populations de Vert-Pré.

Tableau IV : Différences significatives entre les différentes parcelles pour les populations de *C. nitidula*. Les cases vertes signifie qu'il y a une différence significative.

	P1	P2	P3	P4
P1	1,000000	0,000574	0,096194	0,000678
P2	0,000574	1,000000	0,000501	0,093400
P3	0,096194	0,000501	1,000000	0,000856
P4	0,000678	0,093400	0,000856	1,000000

Tableau V : Populations de Coccinelles en fonction des parcelles et des coccinelles considérées (une même lettre signifie les populations ne sont pas significativement différentes).

Echantillon	<i>C. nitidula</i>	<i>C. inaequalis</i>	<i>C. sanguinea</i>	<i>C. cacti</i>
P1	B	C	A	B
P2	A	A	B	A
P3	B	B	C	B
P4	A	A	D	A

Tableau VI : Fréquence d'occurrence ou constance des différentes coccinelles en fonction des parcelles considérées.

Coccinelles	P1	P2	P3	P4	RLZ
<i>C. nitidula</i>	97,77	51,11	94,44	52,22	5,66
<i>C. inaequalis</i>	74,44	11,11	65,56	12,22	2,00
<i>C. sanguinea</i>	20	0,00	12,22	2,22	0,00
<i>C. cacti</i>	18,88	1,11	16,67	1,11	0,00
<i>R. cardinalis</i>	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00

Enfin, concernant la fréquence d'occurrence ou constance (définie selon Dajoz en 1971), on observe de nettes différences selon les parcelles dans lesquelles se trouvent les Coccinelles (Tableau 6). En effet, on observe par exemple que pour la coccinelle *C. nitidula* elle peut être considérée comme une espèce omniprésente sur les parcelles P1 (97,77%) et P3 (94,44%) mais seulement comme une espèce régulière sur les parcelles P2 (51,11%) et P4 (52,22%) et comme espèce accidentelle sur la parcelle RLZ (5,66%). Pour l'espèce *C. inaequalis* elle peut être considérée comme espèce régulière sur les parcelles P1 (74,44%) et P3 (65,56%), comme une espèce accidentelle sur les parcelles P2 (11,11%) et P4 (12,22%) et enfin comme une espèce rare sur la parcelle RLZ (2,00%). Pour l'espèce *C. sanguinea* elle peut être considérée comme espèce accidentelle sur les parcelles P1 (20%) et P3 (12,22%) et comme une espèce rare sur les parcelles P2 (0,00%), P4 (2,22%) et RLZ (0,0%). Pour l'espèce *C. cacti* elle peut être considérée comme espèce accidentelle sur les parcelles P1 (18,88%) et P3 (16,67%) et comme une espèce rare sur les parcelles P2 (1,11%), P4 (1,11%) et RLZ (0,00%).

VI.3) Les différents bioagresseurs des agrumes et des goyaviers

En plus des suivis des populations de pucerons (photo des pucerons en Annexe VIII), des observations secondaires ont été également faites afin d'observer les éventuels autres bioagresseurs des agrumes. Ainsi, sur la quarantaine de ravageurs des agrumes connus en Martinique, un certain nombre d'entre eux ont été identifiés.

Sur les agrumes des parcelles du Vert-Pré on retrouve 7 espèces de cochenilles sur 18 actuellement recensées en Martinique (*Unaspis citri*, *Coccus viridis*, *Icerya purchasi*, *Ceroplastes rubens*, *Ceroplastes cirripediformis*, *Ferrisia virgata* et *Icerya seychellarum*), 2 espèces d'aleurodes sur 5 actuellement en Martinique (*Aleurodicus dispersus* et *Aleurothrixus floccosus*), 2 espèces de charançons sur 5 actuellement recensés en Martinique (*Diaprepes abbreviatus* et *Litostylus pudens*), 1 espèce de lépidoptères sur 3 actuellement recensées en Martinique (*Phyllocnistis citrella*) et 1 espèce de pucerons sur 5 actuellement recensées en Martinique (*Toxoptera citricida*) (Tableau 7). Concernant les cochenilles, seules *Unaspis citri* et *Coccus viridis* sont observées hebdomadairement alors que *Ceroplastes rubens*, *Ferrisia virgata*, *Icerya purchasi* et *Icerya seychellarum* ne sont observées que rarement (*C. rubens* observée à 1 reprise sur la parcelle P4, *F. virgata* observée à 1 reprise sur la parcelle P1, *I. purchasi* observée à 6 reprises sur la parcelle P1, 1 reprise sur la P2 et 1 reprise sur la P3 et *Icerya seychellarum* observé à 4 reprises sur la parcelle P1, 3 sur la P3 et 3 sur la parcelle P4).

Tableau VII : Inventaires entomologiques des ravageurs présents sur agrumes.

Ravageurs		Vert-Pré				Rivière-Lézarde
		P1	P2	P3	P4	RLZ
Lépidoptères	<i>Phyllocnistis citrella</i>	x	x	x	x	x
Cochenilles	<i>Unaspis citri</i>	x	x	x	x	x
	<i>Coccus viridis</i>	x	x	x	x	x
	<i>Icerya purchasi</i>	x	x	x	x	x
	<i>Ceroplastes rubens</i>				x	x
	<i>Ceroplastes cirripediformis</i>	x	x	x	x	x
	<i>Ferrisia virgata</i>	x	x			
	<i>Icerya seychellarum</i>					
Charançons	<i>Diaprepes abbreviatus</i>	x	x	x	x	x
	<i>Litostylus pudens</i>		x	x		x
	<i>Diaprepes famelicus</i>					x
Aleurodes	<i>Aleurodicus dispersus</i>	x	x			
	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	x	x			
Pucerons	<i>Toxoptera citricida</i>	x	x	x	x	x
	<i>Toxoptera aurantii</i>					x
	<i>Aphis spiraecola</i>					x

Tableau VIII : Inventaires entomologiques des ravageurs présents sur P. guajava

Ravageurs		Parcelles du Vert-Pré	
		P1	P2
Cochenilles	<i>Coccus viridis</i>	x	x
	<i>Ceroplastes cirripediformis</i>	x	x
	<i>Ceroplastes rubens</i>	x	x
	<i>Saissetia coffea</i>	x	
	<i>Pseudococcus longispinus</i>	x	
Aleurodes	<i>Aleurodicus dispersus</i>	x	x
	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	x	x
	<i>Paraleyrodes sp. ?</i>	x	x
	<i>2 autres espèces</i>	x	x
Pucerons	<i>Aphis gossypii</i>	x	x

Concernant la parcelle RLZ de Rivière-Lézarde, on retrouve 5 espèces de cochenilles sur 18 actuellement recensées en Martinique (*U. citri*, *C. viridis*, *I. purchasi*, *C. rubens* et *C. cirripediformis*), 2 espèces d'aleurodes sur 5 actuellement en Martinique (*A. dispersus* et *A. floccosus*), 3 espèces de charançons sur 5 actuellement recensés en Martinique (*D. abbreviatus*, *Diaprepes famelicus* et *L. pudens*), 1 espèce de lépidoptères sur 3 actuellement recensées en Martinique (*Phyllocnistis citrella*) et 3 espèces de pucerons sur 5 actuellement recensées en Martinique (*T. citricida*, *Toxoptera aurantii* et *Aphis spiraecola*) (Tableau 7). Concernant les ravageurs de *P. guajava* des parcelles P1 et P2, on observe les mêmes ravageurs à savoir 5 cochenilles (*Coccus viridis*, *Ceroplastes cirripediformis*, *Ceroplastes rubens*, *Saissetia coffea* et *Pseudococcus longispinus*), 3 aleurodes (*Aleurodicus dispersus*, *Aleurothrixus floccosus* et *Paraleyrodes sp.*, (plus 2 autres espèces, ces trois dernières étant en cours d'identification auprès d'un spécialiste) et 1 espèce de puceron (*Aphis gossypii*) (Tableau 8).

VI.4) Les différents auxiliaires présents autres que les Coccinellidae

Hormis les Coccinelles (photo en Annexe IX), d'autres auxiliaires potentiels ont été observés. Il s'agit notamment de la luciole de Martinique, *Aspisoma ignitum* de la famille des Lampyridae. Des observations ponctuelles ont été faites de cette espèce en train de se nourrir directement sur les colonies de pucerons (*Toxoptera citricida*) uniquement sur les parcelles P1 et P3. Sur les parcelles P2, P4 et RLZ, aucune observation de cette espèce n'a pu être faite. Des pontes caractéristiques de chrysopes ont également été observés sur les parcelles P1 et P3 uniquement.

Concernant les parasitoïdes, des observations en laboratoire ont permis de déterminer s'il y avait un parasitisme sur les différentes espèces de ravageurs. Concernant le puceron *Toxoptera citricida*, et quelque que soit la parcelle (P1, P2, P3, P4 ou RLZ), des parasitoïdes ont été observés. Les divers parasitoïdes récoltés seront envoyés à des spécialistes pour une identification précise. Pour les pucerons *Toxoptera aurantii*, observés uniquement sur la parcelle RLZ, des parasitoïdes ont également été collectés au laboratoire, les échantillons seront également envoyés à des spécialistes pour identification. Enfin, pour *Aphis spiraecola*, présents uniquement sur la parcelle RLZ aucun parasitoïde n'a été observé.

Concernant les cochenilles, seules les espèces *Unaspis citri* et *Coccus viridis* ont été parasitées sur les parcelles P1, P2, P3, P4 et RLZ. Les parasitoïdes de *Coccus viridis* seront envoyés à des spécialistes pour identification. Cependant pour *Unaspis citri* il s'agit d'observations indirecte puisqu'aucun parasitoïde n'a pu être prélevé, seul des trous de sorties

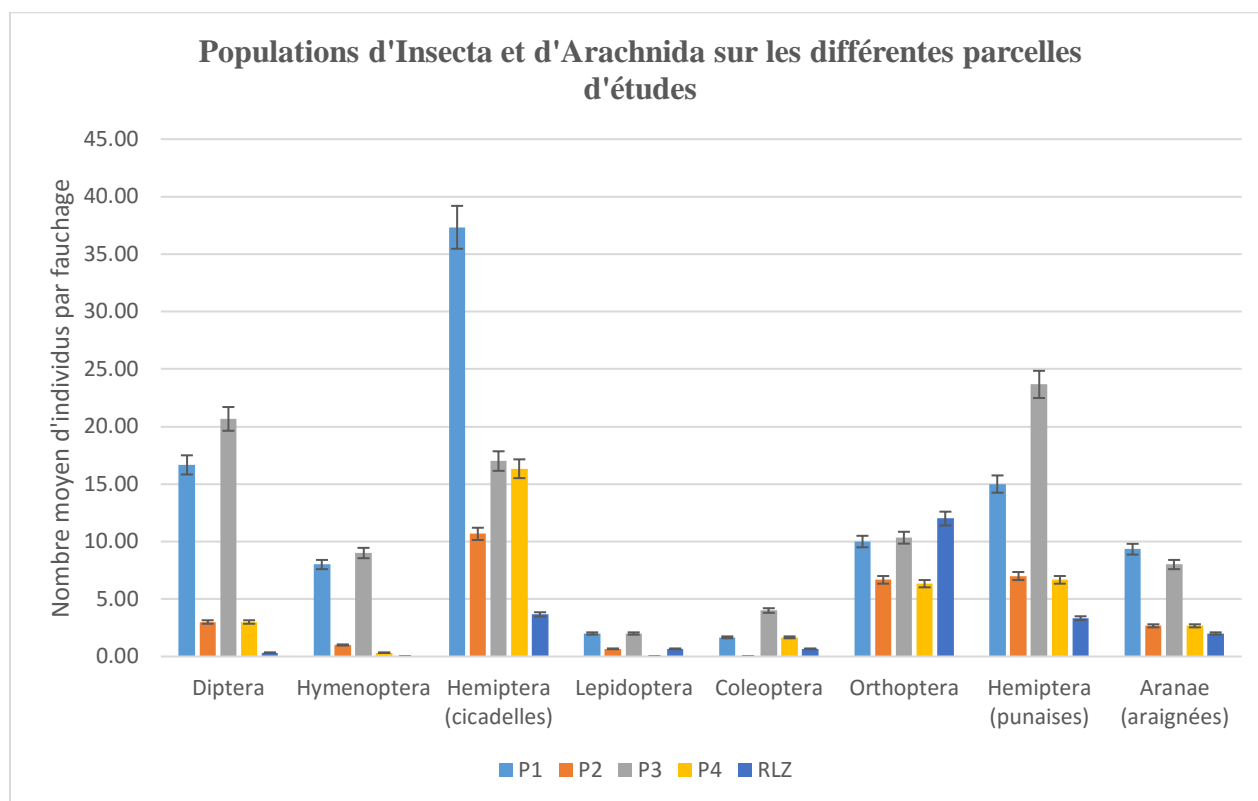


Figure 14 : Populations des différents ordres d’Insecte et Arachnida collecté en fonction des parcelles.

Tableau IV : Différences significatives en les différentes parcelles pour les populations de Diptera. Les cases vertes signifie qu’il y a une différence significative.

	P1	P2	P3	P4	RLZ
P1	1,00000	0,00105	0,76608	0,00066	0,00086
P2	0,00105	1,00000	0,00122	0,28775	0,08062
P3	0,76608	0,00122	1,00000	0,00078	0,00100
P4	0,00066	0,28775	0,00078	1,00000	0,38555
RLZ	0,00086	0,08062	0,00100	0,38555	1,00000

caractéristiques ont pu nous renseigner sur le ou les potentiels parasitoïdes de cette espèce. Des parasitoïdes ont également été observés sur l'espèce *Icerya seychellarum*.

Concernant les lépidoptères, à savoir *Phyllocnistis citrella*, des parasitoïdes ont été observés sur l'ensemble des parcelles (P1, P2, P3, P4 et RLZ). Il s'agit très probablement de l'espèce *Agonaspis citricola*. Enfin, concernant les aleurodes, des parasitoïdes ont pu être récupérés en laboratoire pour *Aleurodicus dispersus* mais pas pour *Aleurothrixus floccosus*. Pour *A. floccosus* des trous de sorties caractéristiques de parasitoïdes cependant ont pu être observés, indiquant alors que cette espèce est bien parasitée. Toutes les espèces non identifiées seront envoyées à des spécialistes pour une identification précise.

VI.5) Fauchages des insectes des plantes de couvertures

Les différents fauchages des plantes de couvertures effectués (6 au total dont le premier effectué avec Monsieur Philippe Ryckewaert), ont permis d'identifier différents ordres des Arachnida et des Insecta. Parmi la classe des Arachnida, ont été retrouvés des individus de l'ordre des Araneae. Parmi la classe des Insecta, ont été retrouvés des individus de l'ordre des Diptera, des Hymenoptera, des Hemiptera (dont des Heteroptera comme les punaises et des Homoptera comme les Cicadelles), des Orthoptera (Grillons, Sauterelles et Criquets), des Lepidoptera et des Coleoptera (Figure 14). Les analyses statistiques (test de Kruskal-Wallis) ont montré des différences concernant les populations des différents ordres en fonction des parcelles considérées (détail en annexe VII). Concernant les Diptera, on observe 2 groupes distincts (Tableau 9), le groupe A représenté par les parcelles P1 et P3 et le groupe B (le groupe A ayant un nombre moyen d'individus significativement plus élevé que le groupe B) représenté par les parcelles P2, P4 et RLZ (P1-P2 : p-value : 0,00105 = différence significative ; P1-P4 : p-value : 0,0006 = différence significative ; P1-RLZ : p-value : 0,0086 = différence significative ; P2-P3 : p-value : 0,00122 : différence significative ; P3-P4 : p-value : 0,00078 : différence significative ; P3-RLZ : p-value : 0,001 : différence significative) avec pour la parcelle P1 un nombre moyen de Diptera de 16,67 et de 20,67 pour P3, un nombre moyen de Diptera de 3 pour P2 et P4, et de 0,33 pour RLZ. Pour les autres ordres (Tableau 10) on observe ainsi, pour les Hyménoptères un groupe A avec les parcelles P1 et P3 et un groupe B avec P2, P4 et RLZ (P1 et P3 ont des populations significativement plus élevées que P2, P3 et RLZ), on observe le même scénario pour les Heteroptera (punaise). Concernant les Homoptera (cicadelles) on observe 4 groupes, A (P1), B (P2), C (P3 et P4) et D (RLZ), les populations sont significativement les plus élevées sur la parcelle P1. Concernant les Lepidoptera, on observe 3

Tableau X : Groupes de différenciation en fonction des parcelles et des ordres considérées.

Ordre d’Insecta et d’Arachnida	P1	P2	P3	P4	RLZ
Diptera	A	B	A	B	B
Hymenoptera	A	B	A	B	B
Hemiptera - Heteroptera (Punaises)	A	B	A	B	B
Hemiptera – Homoptera (Cicadelles)	A	B	C	C	D
Aranae (Araignées)	A	B	A	B	B
Orthoptera	A	B	A	B	A
Lepidoptera	A	B	A	C	B
Coleoptera	A	B	C	A	D

Tableau XI : Plantes de couverture et de bordures de parcelles hébergeant des pucerons

Plante hôte	Famille	Localisation	Pucerons identifiés
<i>Phenax sonnerati</i>	Urticaceae	P1 et P3	<i>Aphis craccivora</i>
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Euphorbiaceae	P1, P3 et RZL	<i>Aphis gossypii</i>
<i>Chamaesyce hirta</i>	Euphorbiaceae	P1 et P3	<i>Aphis gossypii</i>
<i>Mammea americana</i>	Clusiaceae	RZL	<i>Toxoptera aurantii</i>
<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae	P1, P2, P3 et P4	<i>Aphis craccivora</i>

groupes, A (P1 et P2), B (P2 et RLZ) et C (P4), les populations sont significativement plus élevées sur les parcelles P1 et P2. Concernant les Coleoptera, on observe 4 groupes, A (P1 et P4), B (P2), C (P3) et D (RLZ), les populations sont significativement plus élevées sur la parcelles P3. Concernant les Orthoptera, on observe 2 groupes, A (P1, P3 et RLZ) et B (P2 et P4), les populations sont significativement plus élevées sur les parcelles P1, P3 et RLZ. Concernant les Heteroptera (punaises), on observe 2 groupes, A (P1 et P2) et B (P2, P4 et RLZ), les populations sont significativement plus élevées sur les parcelles P1 et P3. Enfin concernant les araignées, on observe 2 groupes, A (P1 et P3) et B (P2, P4 et RLZ), les populations sont significativement plus élevées sur les parcelles P1 et P3.

VI.6) Plantes de couverture et en bordure de parcelles hébergeant des pucerons

Lors des sorties sur les parcelles, les observations ont permis de recenser 5 plantes sur lesquelles se trouvaient des pucerons (Tableau 11). Il s'agit de plantes directement présentes sur les parcelles ou bien se trouvant plus ou moins en bordure de parcelle (entre 50 et 100m de la parcelle RLZ pour *Mammea americana* et 10 m de P1 et P2 pour les *Gliricidia sepium*).

- ***Phenax sonnerati*** (Poir.) Wedd., est une Urticaceae. Il s'agit d'une herbe annuelle d'une taille comprise entre 20 et 80 cm. Son nom vernaculaire Ortie Batarde (Zouti Bata), cette plante se retrouve dans des lieux frais et ombragés. Cette plante est présente sur les parcelles P1 et P3, elle n'est pas présente sur la parcelle de Rivière-Lézarde (Lamentin). Des pucerons de l'espèce *Aphis craccivora* ont été identifiés sur cette plante.

- ***Euphorbia heterophylla*** (L.) Garcke est une Euphorbiaceae. Il s'agit d'une herbe annuelle d'une hauteur pouvant aller de 25 à 90 cm. Son nom vernaculaire est Grosse Malnommée (Gwo Malonmé), et cette plante est particulièrement envahissante si des tontes ne sont pas effectuées régulièrement. Sur les parcelles P1 et P3 elle recouvrait quasiment toute la superficie en début d'expérimentation (de Mars 2017 à Avril), puis une fois que les autres plantes se sont développées (notamment le *Desmodium heterocarpon*) elle est restée présente, mais moins envahissante. Des pucerons de l'espèce *Aphis gossypii* ont été identifiés sur cette plante.

- ***Chamaesyce hirta*** (L.) Millsp est une Euphorbiaceae. Il s'agit d'une herbe annuelle d'une hauteur de 10 à 40 cm, son nom vernaculaire l'Herbe Malnommé ou Malnommée vraie (Zèb Malonmé ou Malonmé Vwé). Cette plante est retrouvée dans de nombreuses situations écologiques et sur les sols cultivés notamment (toutes cultures sauf bananeraies adultes). Des pucerons de l'espèce *Aphis gossypii* ont été identifiés sur cette plante.

- *Mammea americana* ou l'abricotier pays est un arbre de la famille des Clusiaceae. Originaire de la Caraïbe, il peut mesurer jusqu'à 25m de hauteur. En Martinique, on trouve quelques plantations, dont celle de Rivière-Lézarde qui se trouve à une centaine de mètres de la parcelle des agrumes. Des pucerons de l'espèce *Toxoptera aurantii* ont été identifiés sur cette plante.

- *Gliricidia sepium* est un arbre de la famille des Fabaceae. On le retrouve généralement en bordure de chemin et mesure entre 10 et 15 m. Des arbres se trouvent à proximité des parcelles du Vert-Pré (Robert). Des pucerons de l'espèce *Aphis craccivora* ont été identifiés sur cette plante.

VII) Discussion

Les populations de pucerons (*Toxoptera citricida*) présentaient des niveaux d'infestation significativement similaires en début d'étude (08.02 au 05.04) pour les 4 parcelles du Vert-Pré, avant de voir un « pic » de pullulation pour l'ensemble des parcelles. Après les pics de pullulation du 20.04.17 pour les parcelles P1 et P3 et du 27.04.17 pour les parcelles P2 et P4, les populations semblent se stabiliser pour atteindre un équilibre à partir du 16.05.17 pour l'ensemble des parcelles. A partir de cette date, les populations pour les parcelles P1 et P3 se stabilisent aux alentours de 10 à 15% de flushs colonisés par les pucerons et aux alentours des 30 à 35% pour les parcelles P2 et P4. Ainsi, après ce pic l'effet des différentes parcelles commence à se faire voir. En effet, en début d'étude, les parcelles P1 et P3 avaient un sol quasiment nu, puisqu'on venait de semer les plantes de couverture (les parcelles P2 et P4 étant déjà recouvertes en grande majorité par des Monocotylédones type graminées, fauchées régulièrement). Par conséquent, au fil des semaines les plantes de couverture se sont progressivement installées, et on a vu l'action des auxiliaires se faire sur les parcelles P1 et P3 (davantage que sur les parcelles P2 et P4).

Ces résultats montrent donc bien que les parcelles non fauchées P1 et P3, possèdent de concert, une couverture plus riche et plus complexe, maintenant les taux d'infestation de pucerons relativement bas. En effet, sur les parcelles P1 et P3 davantage de coccinelles ont été observées en termes de diversité et de quantité, puisque l'on dénombre 4 espèces de coccinelles aphidiphages sur ces parcelles, alors que sur la parcelle P2 on en dénombre 3, sur la parcelle RLZ (parcelle également fauchée régulièrement) 2 et 4 sur la parcelle P4. De plus, concernant les fréquences d'occurrence, on constate que l'espèce *Cladis nitidula* est considérée comme constante sur les parcelles P1 et P3 alors qu'elle est considérée comme régulière sur les parcelles P2 et P4 (sur la parcelle RLZ elle est même considérée comme étant accidentelle). De même, concernant *Coleophora inaequalis* on constate, que cette espèce est considérée comme régulière sur P1 et P3 alors que sur P2 et P4 elle est considérée comme accidentelle. Enfin concernant les espèces *Cycloneda sanguinea* et *Chilocorus cacti*, elles sont considérées comme accidentelles sur P1 et P3 mais rares, voir absentes sur P2, P3 ou RLZ. Ces données montrent donc bien que les coccinelles jouent un rôle prédominant parmi les prédateurs concernant la régulation des populations de pucerons, en particulier pour *Toxoptera citricida*. Il est fort à parier que les parasitoïdes jouent également un rôle très important dans la régulation des pucerons.

Il n'est pas évident de comparer directement les parcelles du Vert-Pré et de Rivière Lézarde concernant les populations de pucerons. Car, sur les parcelles de Rivière Lézarde, il s'agit d'arbres tous différents d'un point de vue « variétal ». Il est donc fort supposé que l'appétence des arbres soit différent vis-à-vis des pucerons, et entre en compte dans l'évolution des populations. Cependant, elle permettra par la suite de comparer des parcelles régulièrement fauchées et des parcelles non fauchées.

Concernant les fauchages, bien que l'on ne connaisse pas précisément les espèces récupérées, on constate tout de même que les parcelles P1 et P3 hébergent une plus grande quantité d'*Insecta* et d'*Arachnida*. Or on peut retrouver dans ces groupes, potentiellement, de nombreux auxiliaires comme des prédateurs (araignées, punaises prédatrices, diptères) et des parasitoïdes (diptères et hyménoptères (Paulian, 1999 ; Peck, 2011)).

Ainsi, concernant l'impact des plantes de couverture et la fréquence de tonte sur les populations d'*Insecta* et d'*Arachnida* aux seins des parcelles, on observe d'importantes différences entre les parcelles fauchées régulièrement (P2 et P4) et les parcelles non fauchées (P1 et P3) où sont plantés les *Vigna radiata* et *Desmodium heterocarpon*. En effet, concernant les populations d'*Hymenoptera*, de *Diptera*, d'*Araneae* et d'*Hemiptera* (punaises) on observe des populations plus élevées sur les parcelles non fauchées (P1 et P3) que sur les parcelles fauchées régulièrement (P2, P4 et RLZ). Cette différence peut s'expliquer par le fait que les parcelles fauchées régulièrement (et à faible hauteur) favorisent l'implantation d'une flore de Monocotylédones, avec principalement des Graminées (Ryckewaert P., communication personnelle ; Langellotto et Denno, 2004). Or, cette flore de Graminées n'est pas propice à la diversification des espèces d'*Insecta* et d'*Arachnida* (Ryckewaert P., communication personnelle ; Langellotto et Denno, 2004). Alors que sur les parcelles non fauchées (P1 et P3), on observe davantage de Dicotylédones (en mélange avec d'autre Graminées), et d'une manière générale la flore est beaucoup plus diversifiée favorisant ainsi l'installation de plus d'*Insecta* et d'*Arachnida* qui trouvent de nombreuses ressources alimentaires et des habitats (Wackers *et al.*, 2007 ; communication personnelle). Or, on retrouve chez ces différents ordres de nombreux auxiliaires, comme des parasitoïdes chez les *Hymenoptera* et *Diptera* et des prédateurs chez les *Diptera*, *Hemiptera* (Punaises) et *Araneae* (Arim et Marquet 2004 ; Paulian 1999 ; Leblanc, 2000). Il serait donc très intéressant de pouvoir continuer les fauchages et d'identifier précisément les différentes espèces d'insectes et d'araignées afin de faire mettre en place une stratégie culturelle favorisant l'implantation de ces espèces.

L'augmentation de la diversité des plantes présentes dans les vergers en tant que plantes de couverture fournit aux ennemis naturels des ravageurs des ressources alternatives supplémentaires comme des proies, du nectar, du pollen, des refuges leur permettant de se protéger vis-à-vis des perturbations météorologiques, de se reproduire... (Landis *et al.*, 2010). La présence d'une couverture au sol plus diversifiée favorise l'abondance des ennemis naturels dans le couvert végétal mais aussi dans les arbres du verger (Markó et Keresztes 2014 ; Wan *et al.*, 2014). Ainsi, de nombreux producteurs utilisent déjà cette approche de lutte par conservation biologique en diminuant leur fréquence de tonte. En effet, la tonte représente une perturbation mécanique en soi, elle diminue la hauteur et la complexité de la couverture végétale (Langellotto et Denno, 2004). De plus, l'abondance des araignées est impactée par la fréquence des tontes. Plus les tontes sont régulières et plus les populations sont faibles, et alors moins fréquentes dans les plantes de couvertures et sur les arbres du verger (Horton, 2003). Or, un couvert végétal complexe et diversifié favorise notamment les populations d'arthropodes grâce à la présence d'abris et de ressources alimentaires alternatives. Le déplacement des ennemis naturels entre les plantes de couverture et la canopée des arbres du verger est influençable par plusieurs facteurs comme la mobilité de l'ennemi naturel, la proximité physique des strates (strate couvert végétal et strate arbres du verger), la disponibilité en proies, les perturbations anthropologiques et le micro climat de la zone de vie des auxiliaires (Horton *et al.* 2009 ; Schellhorn *et al.*, 2014).

Néanmoins, il arrive que la présence de couvert végétal spécialisé ne favorise pas le service de lutte biologique. En effet, s'il y a une incompatibilité entre les espèces florales favorisées et les ennemis naturels, il se peut que les auxiliaires ne soient pas suffisamment attirés et ne profitent pas suffisamment des ressources florales supplémentaires qui leur sont allouées (Rusch *et al.*, 2010). De plus, il est également possible qu'un décalage temporel se mette en place entre la présence des auxiliaires et des ravageurs des cultures, entraînant inévitablement une diminution des actions de prédation et de parasitisme (Rusch *et al.*, 2010). Il est donc très important de pouvoir bien identifier les plantes qui servent de refuges et de ressources alimentaires supplémentaire aux auxiliaires et de connaître la biologie des auxiliaires afin d'optimiser l'effet de ces plantes de couverture.

Les prospections sur les différentes parcelles ont permis d'identifier des pucerons potentiellement dangereux pour les agrumes (Susant *et al.*, 1998) comme *Aphis craccivora* sur *Phenax sonnerati* et *Gliricidia sepium* ; *Aphis gossypii* sur *Euphorbia heterophylla* et

Chamaesyca hirta et *Toxoptera aurantii* sur *Mammea americana*. Concernant la parcelle de Rivière- Lézarde, bien que des *M. americana* (avec des pucerons *T. aurantii*) soient présents à une centaine de mètres des agrumes, le risque semble moins important car des pucerons *T. aurantii* ont déjà été retrouvés sur la parcelle RLZ. Cependant, pour les parcelles du Vert-Pré en particulier pour les parcelles P1 et P3 les pucerons *A. craccivora* et *A. gossypii* retrouvés sur *P. sonnerati* et *E. heterophylla* représentent un risque pour les agrumes s'ils parviennent à se déplacer sur ces derniers. Il peut s'agir également d'un réservoir de proies pour les prédateurs mais il est toujours difficile d'estimer la balance entre les effets négatifs et positifs (Ryckewaert P., communication personnelle). Enfin concernant les pucerons *A. craccivora* retrouvés sur *G. sepium*, ils peuvent représenter un risque pour l'ensemble des parcelles P1, P2, P3 et P4 (les parcelles P1 et P2 étant tout de même plus proches de ces arbres). Il conviendrait donc de poursuivre les observations afin de confirmer si un déplacement de ces populations est potentiellement faisable ou s'ils restent uniquement sur ces plantes qui présentent a priori une appétence plus grande pour eux que les agrumes. Cependant, bien que ces pucerons présentent un risque possible en tant que ravageurs des agrumes, ils représentent une ressource alimentaire non négligeable si les populations de pucerons présentes sur les agrumes viennent à diminuer de façon trop importante (Landis *et al.*, 2010). Les populations de coccinelles pourraient alors se déplacer sur ces plantes afin de trouver une nouvelle source de nourriture sur ces plantes (Landis *et al.*, 2010). Cependant aucunes coccinelles n'ont été trouvées sur ces plantes en train de se nourrir de pucerons. Il est possible que ce soit le fait d'une population de pucerons trop faibles, ou bien d'un possible effet répulsif de ces plantes vis-à-vis des coccinelles.

Concernant les perspectives, il serait intéressant de poursuivre le suivi des populations de pucerons sur une année ou davantage, car il se peut qu'on observe des fluctuations vis-à-vis des saisons climatiques et de nouvelles pullulations, montrant que l'équilibre naturel est fragile. Ensuite, il faudrait poursuivre l'identification des parasitoïdes des pucerons (les espèces récoltées durant cette étude seront envoyées à des spécialistes pour identification), et étudier de façon précise l'impact de ces derniers sur les populations de pucerons et autres ravageurs comme les cochenilles *Coccus viridis* et *Unaspis citri*.

Il serait également intéressant de poursuivre l'identification des insectes récoltés lors des fauchages. L'identification précise permettrait de savoir lesquels sont d'éventuels auxiliaires régulant les différents bioagresseurs des parcelles de agrumes. De plus, il faudrait également identifier les plantes qui attirent et sur lesquelles vivent ces insectes afin de les promouvoir dans les programmes de lutte par conservation.

En Martinique, la recherche agronomique visant à améliorer les vergers d'agrumes dans leur ensemble est très dynamique et diverses équipes travaillent sur plusieurs approches afin d'apporter aux agriculteurs locaux des solutions innovantes, durables et plus agroécologiques. D'autre part, des essais de créations variétales sont menés sur la parcelle de Rivière-Lézarde où plusieurs accessions de Citrus sont testées vis-à-vis de leur tolérance au HLB transmis par *Diaphorina citri* (le psylle asiatique). D'autres essais sont réalisés en chambre climatique où l'effet répulsif de broyat de feuilles *Psidium guajava* (pulvérisé sur des plants de *Murraya paniculata* utilisés à la place d'agrumes) vis-à-vis du psylle asiatique. En parallèle de cet essai, des tests via des olfactomètres sont effectués afin de vérifier et confirmer l'efficacité de l'effet répulsif d'extraits de feuilles de *Psidium guajava* locaux. Cette expérimentation est menée en collaboration avec des équipes américaines de Floride. Cependant, cette voie de recherche s'avère particulièrement compliquée et lente à mettre en place, car les autorisations afin de tester ces extraits de broyats de feuilles en plein champs demanderont de longues procédures administratives, et à l'heure actuelle seul le CTCS de la Martinique (Centre Technique de la Canne à Sucre) est en mesure d'effectuer ce type d'essais en plein champs (communication personnelle).

Bien sûr, tous ces résultats vont de pair avec un transfert des connaissances acquises aux cours de ces expérimentations aux agriculteurs locaux souhaitant promouvoir ces techniques d'agroécologies et d'améliorations variétales concernant les vergers d'agrumes. Les exploitants agricoles espèrent ainsi pouvoir mettre en place ce genre de solutions plus respectueuses de l'environnement. Il convient donc au CIRAD et aux autres acteurs du monde agricole de la Martinique de transférer ces connaissances à l'ensemble de la profession.

Conclusion

Les agriculteurs locaux souhaitent gérer leurs vergers avec des solutions plus respectueuses de l'environnement. Il semblait donc nécessaire de pouvoir apporter une réponse à leur demande. C'est en quoi cette étude a répondu du moins en partie, concernant la gestion des pucerons des agrumes en Martinique et plus précisément pour l'espèce *Toxoptera citricida*. En mettant en place cette expérimentation, on a pu comparer l'impact des couvertures végétales et les fréquences de tonte des parcelles sur la régulation des populations de pucerons et sur la biodiversité entomologique aux seins des parcelles d'agrumes.

En effet, il a été montré que la mise en place d'une stratégie de lutte biologique par conservation permettait d'apporter des solutions vis-à-vis de ce problème de pucerons, sans utilisation d'insecticides. En intégrant dans leur itinéraire cultural des plantes de couverture diversifiées et adaptées, et en effectuant le moins possible de tontes, on est capable de favoriser l'action d'auxiliaires qui s'installeront au sein de ces plantes refuges. Ainsi, en utilisant cette technique, l'agriculteur favorise l'action des prédateurs comme les coccinelles, les chrysopes, les punaises prédatrices, ou bien les araignées mais également l'action des parasitoïdes. De la sorte, en favorisant les interactions entre ces auxiliaires et les ravageurs des cultures, il est possible de ne plus traiter les parcelles avec des produits phytosanitaires trop souvent polluants. Il est donc envisageable pour les agriculteurs désireux de mettre en place ces programmes de lutte biologique par conservation, de mener des vergers d'agrumes en Martinique via des pratiques agroécologiques respectueuses de l'environnement.

La recherche agronomique accompagnant les agrumiculteurs Martiniquais est actuellement très dynamique, et il est donc urgent et indispensable qu'instituts de recherche, administration départementale-régionale et agriculteurs saisissent cette opportunité afin de développer sur le sol Martiniquais une agriculture propre, respectueuse pour l'environnement et qui laisse aux générations futures un bel avenir.

A mimi,

Bibliographie

- Arim, M., Marquet, P.A., 2004. Intraguild predation: a widespread interaction related to species biology. *Ecol. Lett.* 7, 557–564. doi:10.1111/j.1461-0248.2004.00613.x
- Bartlett, B. R. (1974). Introduction into California of Cold-tolerant Biotypes of the Mealybug Predator *Cryptolaemus montrouzieri*, 1 and Laboratory Procedures for Testing Natural Enemies for Cold-hardiness. *Environmental entomology*, 3(3), 553-556.
- Beaugendre J., 2005. La Chlordécone aux Antilles et les risques liés à l'utilisation des produits phytosanitaires quel bilan du passé ? Quelles leçons pour l'avenir. Rapport d'information parlementaire N°2430. Assemblée Nationale française.
- 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. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 273, 1715–1727. doi:10.1098/rspb.2006.3530.
- Brown, M. W. (2004). Role of aphid predator guild in controlling spirea aphid populations on apple in West Virginia, USA. *Biological Control*, 29(2), 189-198.
- Caltagirone, L.E. and Doutt, R.L. (1989) The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control. *Ann. Rev. Entomol.*, 34: 1-16.
- Cardinale, B. J., Srivastava, D. S., Duffy, J. E., Wright, J. P., Downing, A. L., Sankaran, M., & Jouseau, C. (2006). Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature*, 443(7114), 989.
- Carson, R. (2002). *Silent spring*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Chabert, S., Allemand, R., Poyet, M., Eslin, P., & Gibert, P. (2012). Ability of European parasitoids (Hymenoptera) to control a new invasive Asiatic pest, *Drosophila suzukii*. *Biological Control*, 63(1), 40-47.
- Colignon, P., Haubruge, É., Gaspar, C., & Francis, F. (2003). Effets de la réduction de doses de formulations d'insecticides et de fongicides sur l'insecte auxiliaire non ciblé *Episyrphus balteatus* [Diptera: Syrphidae]. *Phytoprotection*, 84(3), 141-148.
- Costamagna, A.C., Landis, D.A. & Difonzo, C.D. (2007). Suppression of soybean aphid by generalist predators results in a trophic cascade in soybeans. *Ecological Applications*, 17, pp 441-451.
- Dayan, T., & Simberloff, D. (2005). Ecological and community-wide character displacement: the next generation. *Ecology Letters*, 8(8), 875-894.
- Dajoz, R. 1971. Précis d'écologie. Ed. Dunod Paris. pp.434.
- Deguine, J. P. and F. Leclant (1997). *Aphisi gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae). Montpellier.
- Dieye M, Veronique-Baudin J, Draganescu C, Azaloux H. Cancer incidence in Martinique: a model of epidemiological transition. *Eur J Cancer Prev* 2007; 16 : 95-101.
- Dixon, A. F. G., Hemptinne, J. L., & Kindlmann, P. (1997). Effectiveness of ladybirds as biological control agents: patterns and processes. *Entomophaga*, 42(1-2), 71-83.
- Étienne, J., Quilici, S., Marival, D., & Franck, A. (2001). Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (hymenoptera: Eulophidae). *Fruits*, 56(5), 307-315.
- Ghosh, A., Das, A., Lepcha, R., Majumdar, K., & Baranwal, V. K. (2015). Identification and distribution of aphid vectors spreading Citrus tristeza virus in Darjeeling hills and Dooars of India. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 18(3), 601-605.
- Gurr, G.M., Wratten, S.D. (Eds.), 2000. *Biological Control: Measures of Success*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.

Hamon, A. B., & Fasulo, T. R. (2008). Cottony cushion scale, *Icerya purchasi* Maskell. Document EENY-034, Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

Hodge, M.A., 1999. The Implications of Intraguild Predation for the Role of Spiders in Biological Control. *J. Arachnol.* 27, 351–362.

Horton DR, Jones VP, Unruh TR (2009) Use of a new immunomarking method to assess movement by generalist predators between a cover crop and tree canopy in a pear orchard. *Am Entomol* 55:49–56.

Horton DR, Broers DA, Lewis RR, Granatstein D, Zack RS, Unruh TR, Moldenke AR, Brown JJ (2003) Effects of mowing frequency on densities of natural enemies in three Pacific Northwest pear orchards. *Entomol Exp Appl* 106:135–145.

Houdart, M., Bonin, M., Saudubray, F., & Fort, M. (2006). Un itinéraire méthodologique pour modéliser les interactions agriculture-environnement. Application à un territoire rural Martiniquais.

Iperti G. 1983. Les coccinelles de France, p. 89-96 in: Faune et flore auxiliaires en agriculture. Actes des journées d'études et d'informations, ACTA, Paris, 368 p.

Inserm. Pesticides : effets sur la santé. Collection Expertise collective. Paris : Inserm, 2013.

Ives, A. r., Klug, J. I., Gross, K., 2000. Stability and species richness in complex communities. *Ecol. Lett.* 3, 399–411. doi:10.1046/j.1461-0248.2000.00144.x.

Jaloux Bruno, cours Méthodes de protection vis-à-vis des bioagresseurs. « Les bases scientifiques de la lutte biologique contre les insectes ravageurs. Agro Campus Ouest Angers, 2017.

Jan Fuh-Jyh, Chen Tsung-Chi, Yeh Shyi-Dong - Occurrence, importance, taxonomy and control of thrips-borne tospoviruses - *Advances in plant disease management* 2003. pp. 391-411. ISBN 81-7736-191-0.

Jonsson, M., Wratten, S. D., Landis, D. A., & Gurr, G. M. (2008). Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. *Biological control*, 45(2), 172-175.

Landis DA, Wratten SD, Gurr GM (2000) Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu Rev Entomol* 45:175–201

Langellotto G, Denno R (2004) Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. *Oecologia* 139:1–10.

Légifrance (2012). Décret n° 2012-140 du 30 janvier 2012 relatif aux conditions d'autorisation d'entrée sur le territoire et d'introduction dans l'environnement de macro-organismes non indigènes utiles aux végétaux, notamment dans le cadre de la lutte biologique.

Le Maguet Jean, Herrbach Etienne, Lemaire Olivier - L'enroulement viral de la vigne et la cochenille *Phenacoccus aceris*: Plusieurs années d'expérimentations révèlent que cette espèce est vectrice de la maladie. *Phytoma – La Défense des végétaux*. ISSN 1164-6993 . 2010, n°636, pp. 46-50 [5 page(s) (article)] (1/4 p.).

Lucas, P. D. (2012). Les coccinelles de la Martinique: une ressource biologique méconnue pour la protection durable des cultures. *Coléoptères de Petites Antilles*, 1, 86-94.

Markó V, Keresztes B (2014) Flowers for better pest control? Ground cover plants enhance apple orchard spiders (Araneae), but not necessarily their impact on pests. *Biocontrol Sci Technol* 24:574–596.

Mattias Jonsson, Stece D. Wratten, Doug A. Landis, Goeff M. Gurr. Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. *Biological Control* 45 (2008) 172–175.

- Messing, R., Roitberg, B., & Brodeur, J. (2006). Measuring and predicting indirect impacts of biological control: competition, displacement and secondary interactions. In : Bigler, F., Babendreier, D., & Kuhlmann, U. (2006). Environmental impact of invertebrates for biological control of arthropods: methods and risk assessment.
- Messéan, A., Lô-Pelzer, E., Bockstaller, M., Lamine, C., Angevin, F. (2010). Outils d'évaluation et d'aide à la conception de stratégies innovantes de protection des grandes cultures. *Innovations Agronomiques*, 8, pp 69-81.
- Michaud, J. P. (1999). Sources of mortality in colonies of brown citrus aphid, *Toxoptera citricida*. *Biocontrol*, 44(3), 347-367.
- Michaud, J. P. (2002). Invasion of the Florida citrus ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and asymmetric competition with a native species, *Cycloneda sanguinea*. *Environmental Entomology*, 31(5), 827-835
- Mignon, J., Colignon, P., Haubruge, É., & Francis, F. (2003). Effet des bordures de champs sur les populations de chrysopes [Neuroptera: Chrysopidae] en cultures maraîchères. *Phytoprotection*, 84(2), 121-128.
- Newman M.C., Unger M.A. (2003). *Fundamentals of Ecotoxicology*. 2nd ed., Academic Press, Boca Raton.
- Ollagnier, S. & Vittecoq, B (2007). Suivi de la qualité des eaux souterraines de Martinique, campagne de saison des pluies 2006 : Résultats et interprétation. BRGM/RP-55499-FR.
- Paulian, M. (1999). Lutte biologique contre les ravageurs: Les Chrysopes et auxiliaires contre des insectes divers: Ravageurs. *Phytoma-La Défense des végétaux*, (522), 41-46.
- Peck, S. B. (2011). The beetles of Martinique, Lesser Antilles (Insecta: Coleoptera); diversity and distributions. *Insecta Mundi*, 178, 1-57.
- Pluke, R. W., Escribano, A., Michaud, J. P., & Stansly, P. A. (2005). Potential impact of lady beetles on *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Puerto Rico. *Florida Entomologist*, 88(2), 123-128.
- Polis, G.A., Myers, C.A., Holt, R.D., 1989. The Ecology and Evolution of Intraguild Predation: Potential Competitors That Eat Each Other. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20, 297–330.
- Rice, M. E., & Wilde, G. E. (1988). Experimental evaluation of predators and parasitoids in suppressing greenbugs (Homoptera: Aphididae) in sorghum and wheat. *Environmental Entomology*, 17(5), 836-841.
- Rondón, A., E. Arnal and F. Godoy, 1981. Comportamiento del *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas, patógeno del áfido *Toxoptera citricida* (Kirk.) en finca citricolas de Venezuela. *Agron. Trop.* 30: 201–212.
- Rusch, A., Valantin-Morison, M., Sarthou, J. P., & Roger-Estrade, J. (2010). 6 Biological Control of Insect Pests in Agroecosystems: Effects of Crop Management, Farming Systems, and Seminatural Habitats at the Landscape Scale: A Review. *Advances in agronomy*, 109, 219.
- Ryckewaert, P., & Alauzet, C. (2002). The natural enemies of *Bemisia argentifolii* in Martinique. *BioControl*, 47(1), 115-126.
- Saharaoui L., Gourreau J.M., Iperiti G. 2001. Etude de quelques paramètres bioécologiques des coccinelles aphidiphages d'Algérie (Coleoptera-Coccinellidae). *Bulletin de la Société zoologique de France* 126 (4): 351- 373.
- Satyanarayana Tatineni, Siddarama Gowda, María A. Ayllón, and William O. Dawson - Closterovirus bipolar virion: Evidence for initiation of assembly by minor coat protein and its restriction to the genomic RNA 5' region *PNAS* 2004 101: 799-804.
- Schellhorn NA, Bianchi F, Hsu CL (2014) Movement of entomophagous arthropods in agricultural landscapes: links to pest suppression. *Annu Rev Entomol* 59:559–581.

Schmutterer Heinrich., 1990. Crop Pests in the Carribean with particular reference to the Dominican Republic. Edition Eschborn.

Sforza René, 2000 – Hémiptères vecteurs : le cas des insectes de la vigne. Insecte INRA N° 117 2000(2).

Shamayim T. Ramírez-Puebla, Ernesto Ormeño-Orrillo, Arturo Vera-Ponce de León, Luis Lozano, Alejandro Sanchez-Flores, Mónica Rosenblueth and Esperanza Martínez-Romero - Genomes of *Candidatus Wolbachia bourzisii* wDacA and *Candidatus Wolbachia pipientis* wDacB from the Cochineal Insect *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) G3: GENES, GENOMES, GENETICS October 1, 2016 vol. 6 no. 10 3343-3349. doi10.1534.

Spiewak, R. (2001). Pesticides as a cause of occupational skin diseases in farmers. *Annals of agricultural and environmental medicine*, 8(1), 1-5.

Swingle W.T, P.C. Reece The botany of Citrus and orange relatives in the orange subfamily (2nd ed.) W. Reuther, Webber H.J., Batchelor D.L. (Eds.), The Citrus Industry, vol. 1, California Univ. Press, Berkeley (1967), pp. 190-340.

Symondson, W.O.C., Sunderland, K.D., Greenstone, M.H., 2002. Can Generalist Predators Be Effective Biocontrol Agents?. *Annu. Rev. Entomol.* 47, 561–594. doi:10.1146/annurev.ento.47.091201.145240.

Touroult, J., & Poirier, E. (2013). Inventaire entomologique des ZNIEFF de Martinique: Mission 2011 pour le compte de la DEAL Martinique. Rapport de la Société entomologique Antilles-Guyane, no 2012-I. 53 p.

Vacante Vincenzo 2010 – Citrus Mites : identification, bionomy and control. Edition CABI. ISBN 978-1-84593-498-9.

Wan N-F, Ji X-Y, Gu X-J, Jiang J-X, Wu J-H, Li B (2014) Ecological engineering of ground cover vegetation promotes biocontrol services in peach orchards. *Ecol Eng* 64:62–65.

Wang, J. J., & Tsai, J. H. (2001). Development and functional response of *Coelophora inaequalis* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on brown citrus aphid, *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). *Agricultural and Forest Entomology*, 3(1), 65-69.

Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for sustainable development*, 29(4), 503-515.

Wezel, A., & Soldat, V. (2009). A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(1), 3-18.

Wilby, A., Thomas, M.B., 2002. Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. *Ecol. Lett.* 5, 353–360. doi:10.1046/j.1461-0248.2002.00331.x

Wilkinson, T.K., Landis, D.A., 2005. Habitat diversification in biological control: the role of plant resources. In: Wačkers, F.L., van Rijn, P.C.J., Bruin, J. (Eds.), *Plant Provided Food and Plant-Carnivore Mutualism*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 305–325.

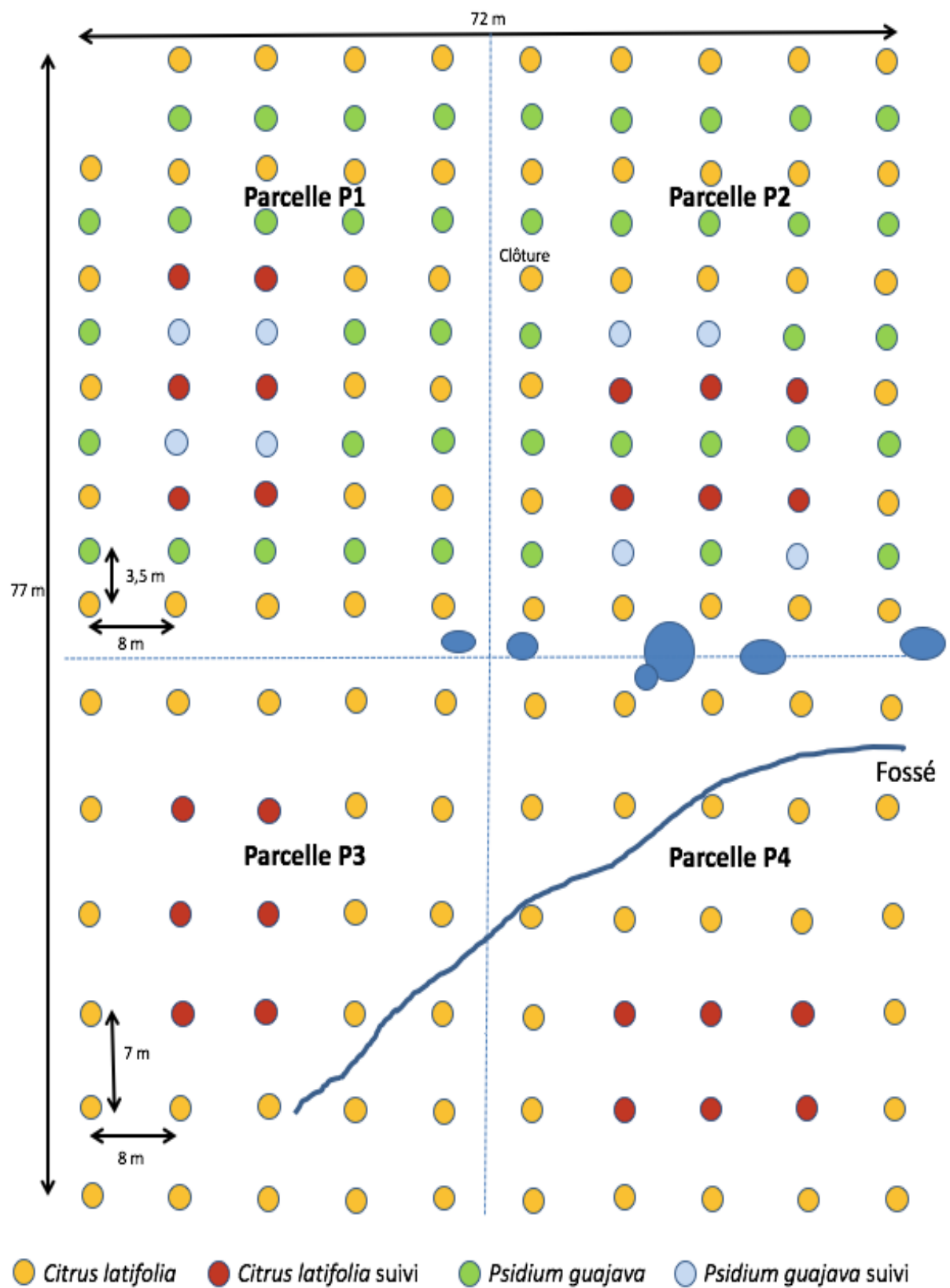
Wright, M. G., & Bennett, G. M. (2017). Evolution of biological control agents following introduction to new environments. *BioControl*, 1-12.

Zehnder, G., Gurr, G.M., Kuñne, S., Wade, M.R., Wratten, S.D., Wyss, E., 2007. Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology* 52, 57–80.

<http://agreste.agriculture.gouv.fr/en-region/martinique/> - Martinique : memento régional 09/10/2013

Annexes

Annexe I : Plan du dispositif expérimental des parcelles du Vert-Pré



Annexe II : Fiche d'identification du puceron *Toxoptera citricida* (= *Toxoptera citricidus*)

External Links at AphidNet (<http://aphidnet.org>)

[Previous \(Toxoptera_aurantii.php\)](#) | [Next \(Toxoptera_odinae.php\)](#)

Toxoptera citricidus

is a species ranging from tropical to warm temperate climates and attacking mostly citrus.

Common names. Brown citrus aphid (<http://www.entsoc.org/common-names>). Tropical citrus aphid.

Distribution. This aphid is globally distributed from tropical to warm temperate climates of the world.

Host associations. It has a relatively broad host range, having been recorded from species of nearly 30 plant families.

Economic importance. It is particularly important on Citrus, but it also can attack other crops such as apple, corn, and sugarcane, and a variety of ornamentals. It has been implicated in the transmission of nearly 10 plant viruses.

See also. Taxonomy at Aphid Species File (<http://aphid.speciesfile.org/Common/basic/Taxa.aspx?TaxonNameID=1387>). Aphids on the World's Plants (http://www.aphidsonworldsplants.info/d_APHIDS_T.htm#Toxoptera). Literature references ([#references](#)).

All ([javascriptvoid\(null\);](#)) Life ([javascriptvoid\(null\);](#)) Habitus ([javascriptvoid\(null\);](#)) Head ([javascriptvoid\(null\);](#))
Abdomen ([javascriptvoid\(null\);](#))



([images/Toxoptera_citricidus/life1_big.jpg](#))

In life

© J. Poorani 2007 ([credits.php#Poorani](#)).



([images/Toxoptera_citricidus/habitus aptera_big.jpg](#))

Habitus (aptera
([glossary.php#aptera](#)))



([images/Toxoptera_citricidus/habitus alata_big.jpg](#))

Habitus (alata ([glossary.php#alata](#)))



([images/Toxoptera_citricidus/head aptera_big.jpg](#))

Head ([glossary.php#head](#)) (aptera
([glossary.php#aptera](#)))



([images/Toxoptera_citricidus/head alata_big.jpg](#))

Head ([glossary.php#head](#)) (alata
([glossary.php#alata](#)))



([images/Toxoptera_citricidus/antenna aptera_big.jpg](#))

Antenna ([glossary.php#antenna](#))
(aptera ([glossary.php#aptera](#)))

Annexe III : Fiche d'indentification du pucerons *Aphis spiraecola*

External Links at AphidNet (<http://aphidnet.org>)

[Previous \(Aphis solanella.php\)](#) | [Next \(Aulacorthum solani.php\)](#)

Aphis spiraecola

is a nearly worldwide and highly polyphagous aphid species.

Common names. *Spiraea* aphid (<http://www.entsoc.org/common-names>). Green citrus aphid.

Distribution. This aphid is globally distributed, located in all but the coldest terrestrial habitats.

Host associations. It has a broad host range, having been recorded from species of over 90 plant families.

Economic importance. It is particularly important on species of citrus, but also attacks a broad range of other crops such as crucifers (Brassicaceae), potato, peppers, and tobacco (Solanaceae), apple, *Spiraea*, and *Prunus* (Rosaceae), and a variety of ornamentals. It has been implicated in the transmission of 17 plant viruses.

See also. [Taxonomy at Aphid Species File](http://aphid.speciesfile.org/Common/basic/Taxa.aspx?TaxonNameID=2289) (<http://aphid.speciesfile.org/Common/basic/Taxa.aspx?TaxonNameID=2289>). [Aphids on the World's Plants](http://www.aphidsontheworldsplants.info/d_APHIDS_A.htm#Aphis) (http://www.aphidsontheworldsplants.info/d_APHIDS_A.htm#Aphis). [Literature references](#) ([#references](#)).

All ([javascriptvoid\(null\);](#)) Life ([javascriptvoid\(null\);](#)) Habitus ([javascriptvoid\(null\);](#)) Head ([javascriptvoid\(null\);](#))
Abdomen ([javascriptvoid\(null\);](#))



([Images/Aphis_spiraecola/life1_big.jpg](#))

In life

© A.Jensen 2011 ([credits.php#Jensen](#)).



([Images/Aphis_spiraecola/life2_big.jpg](#))

In life

© J.Poorani 2007 ([credits.php#Poorani](#)).



([Images/Aphis_spiraecola/life3_big.jpg](#))

In life

© J.Poorani 2007 ([credits.php#Poorani](#)).



([Images/Aphis_spiraecola/habitus_aptera_big.jpg](#))

Habitus (aptera
([glossary.php#aptera](#)))



([Images/Aphis_spiraecola/habitus_alata_big.jpg](#))

Habitus ([alata](#) ([glossary.php#alata](#)))



([Images/Aphis_spiraecola/head_aptera_big.jpg](#))

Head ([glossary.php#head](#)) (aptera
([glossary.php#aptera](#)))

Annexe IV : Fiche d'identification du puceron *Toxoptera aurantii*

Toxoptera aurantii

is a tropical and highly polyphagous aphid species.

Common names. Black citrus aphid (<http://www.entsoc.org/common-names>).

Distribution. This aphid is distributed throughout the tropics and subtropics including the Pacific Islands. It is also found in greenhouses in temperate regions.

Host associations. It has a broad host range, having been recorded from species of over 70 plant families.

Economic importance. It is particularly important on citrus, cacao, coffee, and tea, but also attacks other crops such as sugar apple, fig, and mango, and a variety of ornamentals. It has been implicated in the transmission of at least 5 plant viruses.

See also, Taxonomy at Aphid Species File (<http://aphid.speciesfile.org/Common/basic/Taxa.aspx?TaxonNameID=4758>). Aphids on the World's Plants (http://www.aphidsonworldsplants.info/d_APHIDS_T.htm#Toxoptera). Literature references ([#references](#)).

All (javascript:void(null);) Life (javascript:void(null);) Habitus (javascript:void(null);) Head (javascript:void(null);)
Abdomen (javascript:void(null);)



([images/Toxoptera_aurantii/habitus_aptera_big.jpg](#))

Habitus (aptera
([glossary.php#aptera](#)))



([images/Toxoptera_aurantii/habitus_alate_big.jpg](#))

Habitus (alata ([glossary.php#alata](#)))



([images/Toxoptera_aurantii/head_aptera_big.jpg](#))

Head ([glossary.php#head](#)) (aptera
([glossary.php#aptera](#)))



([images/Toxoptera_aurantii/head_alate_big.jpg](#))

Head ([glossary.php#head](#)) (alata
([glossary.php#alata](#)))



([images/Toxoptera_aurantii/antenna_aptera_big.jpg](#))

Antenna ([glossary.php#antenna](#))
(aptera ([glossary.php#aptera](#)))



([images/Toxoptera_aurantii/antenna_alate_big.jpg](#))

Antenna ([glossary.php#antenna](#))
(alata ([glossary.php#alata](#)))

Annexe V : Analyse Kruskal-Wallis (comparaisons multiples par paires suivant Steel-Dwass-Critchlow-Fligner) sur XLSTAT 2017, données pour la partie concernant les suivis de populations de *T. citricida* (exemple de comparaison du 03.05.17 au 04.07.17) pour les parcelles du Vert-Pré (Robert), P1, P2, P3 et P4.

Statistiques descriptives :

Variable	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimu m	Maximu m	Moyenn e	Ecart -type
P1	0	11	0,070	0,290	0,141	0,071
P2	0	11	0,290	0,480	0,362	0,063
P3	0	11	0,080	0,300	0,149	0,080
P4	0	11	0,270	0,380	0,317	0,035

Test de Kruskal-Wallis / Test bilatéral :

K (Valeur observée)	30,633
K (Valeur critique)	7,815
DDL	3
p-value (unilatérale)	< 0,0001
alpha	0,05

Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H0 : Les échantillons proviennent de la même population.

Ha : Les échantillons proviennent de populations différentes.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.

Des ex-aequo ont été détectés et les corrections appropriées ont été appliquées.

Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner / Test bilatéral :

Echantillon	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes
P1	11	128,000	11,636	A
P3	11	135,500	12,318	A
P4	11	333,000	30,273	B
P2	11	393,500	35,773	B

Comparaisons par paires :

Wij :

	P1	P2	P3	P4
P1		-5,578	-0,187	-5,347
P2	5,578		5,533	2,473
P3	0,187	-5,533		-5,074
P4	5,347	-2,473	5,074	

p-values :

	P1	P2	P3	P4
P1	1,000000			0,000898
P2	0,000465	1,000000	0,000529	0,298571
P3	0,999179	0,000529	1,000000	0,001893
P4	0,000898	0,298571	0,001893	1,000000

Différences significatives :

	P1	P2	P3	P4
P1		Oui	Non	Oui
P2	Oui		Oui	Non
P3	Non	Oui		Oui
P4	Oui	Non	Oui	

Annexe VI : Analyse Kruskal-Wallis (comparaisons multiples par paires suivant Steel-Dwass-Critchlow-Fligner) sur XLSTAT 2017, données pour la partie coccinelles des pucerons concernant *Cladis nitidula*.

Statistiques descriptives :

Test de Kruskal-Wallis / Test bilatéral :

K (Valeur observée)	31,87
K (Valeur critique)	4
DDL	7,815
p-value (unilatérale)	3
)	<
alpha	0,000
	1
	0,05

Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H0 : Les échantillons proviennent de la même population.

Ha : Les échantillons proviennent de populations différentes.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$,

on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.

Des ex-aequo ont été détectés et les corrections appropriées ont été appliquées.

Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner / Test bilatéral :

Echantillon	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupe s
P2	105,000	10,500	A
P4	105,000	10,500	A
P3	276,000	27,600	B
P1	334,000	33,400	B

Comparaisons par paires :

Wij :

	P1	P2	P3	P4
P1		5,505	3,264	5,505

P2	-		-5,442	0,000
	5,505			
P3	-	5,442		5,442
	3,264			
P4	-	0,000	-5,442	
	5,505			

p-values :				
	P1	P2	P3	P4
P1	1,000000	0,000574	0,096194	0,000574
P2	0,000574	1,000000	0,000687	1,000000
P3	0,096194	0,000687	1,000000	0,000687
P4	0,000574	1,000000	0,000687	1,000000

Différences significatives :				
	P1	P2	P3	P4
P1		Oui	Non	Oui
P2	Oui		Oui	Non
P3	Non	Oui		Oui
P4	Oui	Non	Oui	

Annexe VII : Analyse Kruskal-Wallis (comparaisons multiples par paires suivant Steel-Dwass-Critchlow-Fligner) sur XLSTAT 2017, données pour la partie fauchage des plantes de couvertures concernant les Diptera.

Statistiques descriptives

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
P1	6	0	10	14,000	18,000	16,67	0,516
P2	6	0	10	2,000	4,000	3,00	1,075
P3	6	0	10	16,000	23,000	20,67	1,155
P4	6	0	10	3,000	5,000	3,00	0,422
RLZ	6	0	10	0,000	1,000	0,33	0,516

Test de Kruskal-Wallis / Test bilatéral :

K (Valeur observée)	39,923
K (Valeur critique)	9,488
DDL	4
p-value (unilatérale)	< 0,0001
alpha	0,05

Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H0 : Les échantillons proviennent de la même population.

Ha : Les échantillons proviennent de populations différentes.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.

Des ex-aequo ont été détectés et les corrections appropriées ont été appliquées.

Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner / Test bilatéral :

Echantillon	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
RLZ	6	15,00	2,5	A	
P4	6	16,00	2,66666666	A	
			7		
P2	6	18,00	3	A	
P1	6	84,00	14		B
P3	6	88,00	14,66666666		B
			7		

Comparaisons par paires :

Wij :	P1	P2	P3	P4	RLZ
P1		5,466	-1,661	5,627	5,536
P2	-5,466		-5,415	2,766	3,601
P3	1,661	5,415		5,572	5,483
P4	-5,627	-2,766	-5,572		2,517
RLZ	-5,536	-3,601	-5,483	-2,517	

p-values :	P1	P2	P3	P4	RLZ
P1	1,00000	0,00105	0,76608	0,00066	0,00086
P2	0,00105	1,00000	0,00122	0,28775	0,08062
P3	0,76608	0,00122	1,00000	0,00078	0,00100
P4	0,00066	0,28775	0,00078	1,00000	0,38555
RLZ	0,00086	0,08062	0,00100	0,38555	1,00000

Différences significatives :

	P1	P2	P3	P4	RLZ	Groupes
P1		Oui	Non	Oui	Oui	B
P2	Oui		Oui	Non	Non	A
P3	Non	Oui		Oui	Oui	B
P4	Oui	Non	Oui		Non	A
RLZ	Oui	Non	Oui	Non		A

Annexe VIII : Photo de pucerons sur jeunes flush d'Agrumes



Toxoptera citricida sur *Citrus sp.* (Photo Association Nationale de Défense des Végétaux du Brésil)



Aphis spiraecola sur *Citrus sp.* (Photo aphid.aphidnet.org)



Toxoptera aurantii sur *Citrus sp.* (Photo aphid.aphidnet.org)



Aphis craccivora sur *Citrus sp.* (Photo aphid.aphidnet.org)



Aphis gossypii (Photo Bernard Chaubet, INRA)

Annexe IX : Photo des différentes Coccinelles collectées durant l'étude (Photos Philippe Ryckewaert).



Chilocorus cacti




Cladis nitidula



Cycloneda sanguinea



Coelophora inaequalis

	Diplôme / mention : Master 2 Sciences et Technologie Santé / Biologie et Technologie du Végétal Spécialité : Production et Technologie du Végétal (ProTeV) Parcours : Production Végétales spécialisées Option : Produits Phytosanitaires, Réglementations et Méthodes <i>Alternatives</i>
Auteur : Tim Dupin Date de naissance : 02/03/1993 Nb de pages : 35 Annexes : 9 Année de soutenance : 2017	Organisme d'accueil : CIRAD Adresse : Petit Morne, 97232 Lamentin, Martinique Maitre de stage : Philippe Ryckewaert
<p>Titre français : Observation des ravageurs et de leurs ennemis naturels dans des vergers d'agrumes menés avec des pratiques agroécologiques en Martinique. Titre anglais: Observation of pests and their beneficials in citrus orchards managed in agroecological way in Martinique.</p> <p>Résumé : L'utilisation massive de produits phytosanitaires a causé et continue de causer de graves troubles sur les écosystèmes naturels et la santé humaine. Ainsi, dans un objectif global de réduction de l'utilisation de ces produits, des vergers d'agrumes gérés de façon agroécologique via une stratégie de lutte biologique par conservation ont été mis en place. L'objectif de cette expérimentation est de vérifier si les ravageurs et notamment les pucerons (principalement <i>Toxoptera citricida</i>) des agrumes en Martinique sont mieux régulés sur des parcelles menées avec des pratiques agroécologiques présentant une importante couverture végétale que sur d'autres parcelles dont la couverture végétale est fauchée régulièrement. Les résultats ont montré que le fait de laisser une importante couverture végétale en place favorise l'installation et l'action des auxiliaires de ces ravageurs. Il s'agit dans ce cas principalement des coccinelles (<i>Cladis nitidula</i>, <i>Coelophora inaequalis</i>, <i>Cycloneda sanguinea</i>, et <i>Chilocorus cacti</i>). Des parasitoïdes (de pucerons) semblent également jouer un rôle non négligeable et des études devront par la suite permettre de mieux connaître l'impact de ces auxiliaires. Il est maintenant indispensable de pouvoir informer les agriculteurs locaux, afin de les convaincre que ce type de stratégie (lutte biologique par conservation) fonctionne et qu'ils ont tout intérêt à la mettre en place.</p>	
<p>Abstract : The important use of chemicals for crop protection has caused and continues to cause serious disturbances to natural ecosystems and human health. Thus, in an overall objective to reduce the use of chemicals for crop protection, <i>Citrus</i> orchards managed in agroecological way (using the strategy of conservation biological control) are implemented. The experimental objective is to verify whether the <i>Citrus</i> pest, especially aphids (mainly <i>Toxoptera citricida</i>) in Martinique are better regulated on agricultural parcels "agroecological" with a significant vegetal cover versus other agricultural parcels mowed regularly. The results showed that leaving a significant vegetal cover favors the installation and the action of beneficials of these <i>Citrus</i> pests. In that case, these are mainly ladybirds (<i>Cladis nitidula</i>, <i>Coelophora inaequalis</i>, <i>Cycloneda sanguinea</i>, et <i>Chilocorus cacti</i>). Parasitoids of aphids also seem to play a significant role, but species identification is currently underway and they will allow for a depth study of the impact of these beneficials. Now, it's essential to be able to inform local farmers, in order to convince them that this strategy (conservation biological control) works and that they have interest in setting it up.</p>	
Mots-clés : Agroécologie ; Lutte par conservation ; Pucerons ; Coccinelles ; Martinique ; Agrumes Key Words: Agroecology; Conservation biological control; Aphids; Ladybirds; Martinique; Citrus	