

**AFPP – 6^e CONFÉRENCE SUR LES MOYENS ALTERNATIFS DE PROTECTION
POUR UNE PRODUCTION INTÉGRÉE
LILLE – 21, 22 ET 23 MARS 2017**

**MISE EN PLACE D'UNE STRATEGIE DE PROTECTION BIOLOGIQUE INTEGREE DES CULTURES
MARAICHÈRES EN MARTINIQUE**

P. LUCAS, C. SYLVANIELO, E. FRANCOIS, S. RAGOT et T. ARRICASTRES

FREDON Martinique, Route du lycée agricole, Croix Rivail 97224 DUCOS, p.lucas@fredon972.org -
c.sylvanielo@fredon972.org - e.francois@fredon972.org - s.ragot@fredon972.org -
thomas.arricastres@gmail.com

RÉSUMÉ

Les cultures maraîchères de Martinique sont soumises aux attaques de divers ravageurs, dont la pyrale des cucurbitacées (*Diaphania hyalinata*, Linnaeus, 1767), le puceron du melon (*Aphis gossypii*, Glover, 1877) et l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci*, Gennadius, 1889). La lutte biologique inondative peut être une solution pour contrôler ces ravageurs, grâce à *Trichogramma pretiosum* pour limiter les populations de pyrales et à *Chrysoperla externa* pour contrôler les pucerons et les aleurodes. Cette lutte biologique inondative doit s'intégrer dans une stratégie de Protection Biologique Intégrée, en complément des techniques alternatives aux produits phytosanitaires, de la prophylaxie, du suivi des ravageurs et de la lutte biologique de conservation. Le choix de l'utilisation de ces différentes techniques doit être adapté en fonction des besoins des agriculteurs, du ravageur ciblé et des caractéristiques des exploitations agricoles.

Mots-clés : lutte biologique, trichogramme, chrysope, PBI, maraîchage.

ABSTRACT

INTEGRATED PEST MANAGEMENT IN MARKET GARDENING SYSTEM IN MARTINIQUE

The melonworm moth (*Diaphania hyalinata*, Linnaeus 1767), the melon aphid (*Aphis gossypii*, Glover, 1877) and the silverleaf whitefly (*Bemisia tabaci*, Gennadius, 1889) are important pests for the market gardening crops in Martinique. Inundative biological control is one of the solutions for these pests, with the use of *Trichogramma pretiosum* against the melonworm moth and *Chrysoperla externa* against aphids and whiteflies. The inundative biological control must be part of an Integrated Pest Management, with the use of prophylaxis, monitoring, conservation biological control and alternative methods to phytosanitary products. Inundative biological control and other methods from IPM must be chosen according to the needs of the farmers, the targeted insect pest and the characteristics of the farms.

Keywords: biological control, trichogramma, lacewing, IPM, market gardening.

INTRODUCTION

Les cultures maraîchères en Martinique occupent une faible surface par rapport aux principales productions que sont la banane et la canne à sucre. Il s'agit de productions principalement destinées à la consommation locale et représentant donc une alternative à l'importation de produits depuis la France métropolitaine. Ces cultures sont cependant la cible de nombreux insectes ravageurs qui peuvent entraîner des pertes de rendements, voire une destruction totale de la récolte. Sur cucurbitacées et solanacées (FREDON Martinique, 2015), les insectes les plus problématiques sont :

- la pyrale des cucurbitacées (*Diaphania hyalinata*, Linnaeus, 1767), dont la chenille défoliatrice s'attaque principalement aux feuilles de concombre, de courgette, de melon et de giraumon, mais parfois aussi aux fleurs et aux fruits de ces cultures,
- l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci*, Gennadius, 1889), un insecte piqueur-suceur vecteur des virus (TYLCV et PYMV), très préjudiciables à la culture de tomate, et qui cause aussi des dégâts aux cucurbitacées en consommant la sève des plants et en entraînant la formation de fumagine,
- le puceron du melon (*Aphis gossypii*, Glover, 1877), consomme la sève de nombreuses plantes cultivées, entraîne la formation de fumagine et transmet des virus aux cucurbitacées notamment.

Ces trois insectes ravageurs sont présents dans la plupart des systèmes de cultures maraîchères de l'île : en plein champ, sous abri, sous serre insect-proof, mais aussi en pépinière.

L'utilisation de produits phytosanitaires est actuellement la technique de contrôle de ces ravageurs la plus répandue en Martinique, il s'avère alors nécessaire de mettre en place de nouvelles techniques de protection des cultures permettant une diminution de leur utilisation. La FREDON mène donc depuis 2014 un projet de mise en place d'une stratégie de Protection Biologique Intégrée (PBI) pour répondre à cet objectif. Il a alors été nécessaire, pour assurer une protection contre ces trois ravageurs grâce à une telle stratégie, de développer de nouvelles techniques de lutte ainsi que d'adapter des techniques déjà connues au contexte martiniquais. La stratégie PBI s'est alors construite autour de quatre axes :

- le suivi des ravageurs, pour une meilleure connaissance de ceux-ci, pour adapter les moyens de lutte à leur biologie et pour mesurer l'efficacité des techniques de lutte mises en œuvre ;
- la mise en place de techniques de prophylaxie, avec l'utilisation de jeunes plants indemnes de ravageurs et de virus, l'élimination des déchets végétaux et des plants virosés, la destruction de la culture en fin de cycle, l'amélioration du vide sanitaire sous serre insect-proof ;
- l'utilisation de techniques de lutte alternatives aux produits phytosanitaires, telles que la pose de pièges jaunes englués, l'élimination des plantes hôtes des aleurodes et des virus TYLC et PYMC ;
- la lutte biologique, qui permet de mettre à profit la biodiversité auxiliaire locale ou qui permet de contrôler les chenilles grâce à l'utilisation de *Bacillus thuringiensis*.

Cette biodiversité auxiliaire est bien développée en Martinique, avec la présence de nombreuses espèces de coccinelles, de chrysopes, d'hyménoptères parasitoïdes, de syrphes, de punaises prédatrices ou bien d'araignées (FREDON Martinique, 2015). Il est donc possible de la favoriser pour exercer un contrôle naturel sur les ravageurs ciblés, selon deux méthodes de lutte biologique :

- la lutte biologique de conservation, qui consiste à favoriser les auxiliaires des cultures dans et autour de celles-ci. Des travaux menés par la FREDON ont permis de montrer l'intérêt d'installer des zones refuges de sorgho à proximité des parcelles pour augmenter les populations d'insectes utiles (Lucas et Champailier, 2014).
- la lutte biologique inondative, qui consiste à lâcher des auxiliaires en grand nombre dans une culture. La réglementation française interdisant d'importer des organismes non indigènes de la Martinique sans autorisation (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) et la faune auxiliaire locale étant diversifiée, la FREDON Martinique a étudié des espèces présentes localement et intéressantes pour contrôler les ravageurs ciblés.

Le choix des auxiliaires pour la lutte biologique inondative s'est porté vers l'utilisation du chrysope *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) pour contrôler les pucerons et les aleurodes et celle du trichogramme *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) pour contrôler la pyrale des cucurbitacées.

L'espèce *Chrysoperla externa* est répandue dans la Caraïbe et est utilisée dans des programmes de lutte biologique dans différents pays (Fuentes Sandoval *et al.*, 2012) car sa larve prédatrice s'attaque à de nombreux ravageurs. Elle est notamment utilisée à Cuba contre différentes espèces de pucerons et contre *Bemisia tabaci* au Venezuela. De plus, cette espèce possède des caractéristiques intéressantes pour une production en élevage de masse, comme le souligne Albuquerque *et al.* (1994).

Le parasitoïde *Trichogramma pretiosum* est lui aussi utilisé dans des programmes de lutte biologique dans la Caraïbe, pour protéger des parcelles fourragères contre la noctuelle *Mocis latipes* (Guenée, 1852) à Cuba par exemple (Fuentes Sandoval *et al.*, 2012). Ce trichogramme est connu pour parasiter les œufs de *Diaphania hyalinata* au Brésil (Polanczyk *et al.*, 2011), montrant l'intérêt d'utiliser ce parasitoïde pour lutter contre la pyrale des cucurbitacées en Martinique.

L'utilisation de chrysopes et de trichogrammes via une lutte biologique inondative est complémentaire des autres techniques mises en avant pour assurer une stratégie de Protection Biologique Intégrée. Cette stratégie peut-elle alors être efficace en Martinique pour limiter les populations de puceron du melon, de pyrale des cucurbitacées et d'aleurode du tabac dans les cultures maraîchères ?

Cet article se propose de discuter de l'intérêt des techniques de lutte biologique inondative dans le cadre d'une stratégie PBI au regard des différentes expérimentations menées par la FREDON Martinique et de leur articulation avec les autres techniques utilisées pour protéger les cultures maraîchères contre *Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci* et *Diaphania hyalinata*.

MATERIEL ET MÉTHODES

LACHERS DE TRICHOGRAMMES POUR CONTROLER LA PYRALE DES CUCURBITACEES

Les trichogrammes de l'espèce *Trichogramma pretiosum* utilisés lors des expérimentations proviennent des élevages mis en place à la FREDON Martinique, à partir d'individus collectés dans des parcelles de l'île. Ces trichogrammes, de souche thélytoque, sont multipliés grâce à des œufs de la mite de la farine *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1866), espèce hôte élevée à la FREDON Martinique. Les trichogrammes sont lâchés dans les parcelles à l'aide d'un dispositif qui contient 1000 trichogrammes femelles de l'espèce *Trichogramma pretiosum* et permettant de protéger une surface de 100m² (soit 100 000 trichogrammes femelles par hectare). Ces dispositifs sont déposés tous les 7 jours sur la parcelle.

Dans le but de montrer que les trichogrammes peuvent assurer un contrôle au moins aussi efficace qu'un traitement phytosanitaire contre la pyrale des cucurbitacées, des lâchers de trichogrammes ont été effectués sur un ensemble de cinq parcelles réparties sur la Martinique, entre avril et août 2016 (voir tableau I). Ces parcelles contenaient deux modalités : une zone de lâcher et une zone témoin. Cette dernière n'a reçu aucun trichogramme et était conduite de façon habituelle par l'agriculteur. Ces deux zones étaient séparées par une zone tampon de 10 m.

Le suivi de la parcelle a été effectué chaque semaine, le jour de chaque lâcher, à partir du premier lâcher, en comptabilisant le nombre de petites (moins de 5 mm) et de grandes (plus de 5 mm) pyrales présentes sur un bourgeon terminal et les 5 feuilles étalées suivantes d'un rameau. La présence d'œufs parasités et non parasités a aussi été notée. L'effort d'échantillonnage pour chaque parcelle est présenté dans le tableau I.

L'efficacité des trichogrammes a pu être évaluée en comparant le nombre moyen de chenilles entre la zone de lâcher et la zone témoin, pour chaque semaine de suivi, grâce à un test non-paramétrique de

Mann-Whitney. La présence d'œufs parasités doit permettre de valider le parasitisme des œufs de pyrale des cucurbitacées.

Tableau I : Informations sur les expérimentations de lâchers de trichogrammes
(Information about *Trichogramma* releases during field trials)

	Localisation	Culture	Surface de la parcelle (en m ²)	Nombre de points de lâchers	Nombre de lâchers	Nombre de plants observés à chaque suivi par modalité
Parcelle P1	Le François	Concombre	1200	2	6	27
Parcelle P2	Case-Pilote	Concombre	800	1	5	25
Parcelle P3	Le Vauclin	Concombre	600	1	5	25
Parcelle P4	Le Robert	Melon	1500	4	5	36
Parcelle P6	Le Vauclin	Giraumon	1800	5	4	25

LACHERS DE CHRYSOPES POUR CONTROLER L'ALEURODE DU TABAC SOUS SERRE INSECT-PROOF

Les adultes et les larves de *Chrysoperla externa* utilisés lors des expérimentations proviennent de l'élevage de chrysopes mis en place à la FREDON Martinique, à partir d'individus collectés dans des parcelles agricoles de l'île. Les chrysopes sont élevées grâce à des œufs de la mite de la farine *Corcyra cephalonica*.

Lâchers de chrysopes adultes

Des lâchers de chrysopes adultes sur culture de tomate ont été effectués dans des serres insect-proof, au Morne-Rouge et au Robert. Le lâcher de chrysopes adultes représente un avantage par rapport au lâcher de larves, car cela demande moins d'individus, les femelles peuvent pondre directement dans les colonies de ravageurs et le temps nécessaire pour effectuer le lâcher dans la culture est rapide.

Tableau II : Informations sur les lâchers de chrysopes adultes sous serre insect-proof de tomate
(Information about lacewing releases in tomato greenhouse)

	Lieu	Surface de la serre (en m ²)	Stade de la culture	Date de lâcher	Quantité de chrysopes lâchées	Dates de suivi
Lâcher 1	Morne-Rouge	500	Végétatif	01/06/2016	50	02/06/16, 09/06/16 et 13/06/16
Lâcher 2			Végétatif	09/06/2016	120	
Lâcher 3	Morne-Rouge	2500	Floraison	06/10/2016	200	11/10/2016
Lâcher 4	Le Robert	1500	Floraison	14/11/2016	220	16/11/2016

Un suivi a été effectué en notant la présence d'adultes dans la culture ainsi que la présence d'œufs sur les plants, avec 81 plants observés les 02, 09 et 13 juin (lâchers 1 et 2), 45 plants le 11 octobre (lâcher 3) et 62 plants le 16 novembre (lâcher 4).

Lâchers de larves de chrysopes

L'évaluation de l'efficacité des larves de chrysopes contre les aleurodes du tabac a été effectuée en mettant en place des lâchers hebdomadaires dans des serres insect-proof de tomate au Morne-Rouge. Une première série de lâcher a été effectuée au cours de la phase de récolte, à un moment où les aleurodes sont nombreux, et une seconde série de lâchers a eu lieu au cours la phase végétative de la

culture, à partir du moment où les feuilles des plants se touchaient entre elles (1 mois après plantation).

Chaque essai comportait trois modalités :

- une modalité témoin, que l’exploitant a géré de façon habituelle ;
- une modalité recevant des sachets perforés contenant des œufs de chrysopes et de la sciure de bois ;
- une modalité recevant des plaquettes d’œufs de chrysopes.

Chaque dispositif de lâcher (plaquette ou sachet) contient 0,0045 g d’œufs, ce qui équivaut à une cinquantaine de larves après éclosion. Ces dispositifs sont déposés tous les 9 plants de tomates, en les accrochant dans le tiers médian des plants.

Tableau III : Informations sur les lâchers de larves de chrysopes sous serre-insect-proof de tomate (Information about lacewing larva releases in tomato greenhouse)

	Période de lâcher	Densité	Nombre de points de lâchers par modalité	Nombre de plants observés par modalité	Nombre de lâchers	Nombre d'observation
Série 1	du 30 juin au 21 juillet	165 000 larves/ha	7	14	3	4
Série 2	du 30 juin au 01 septembre	165 000 larves/ha	14	28	8	8

Le suivi des plants a été effectué chaque semaine, le même jour que les lâchers, par l’observation de 5 feuilles par plant sur lesquelles sont notés le nombre de feuilles occupées par les larves et l’estimation de l’abondance des larves d’aleurodes sur une échelle à 4 niveaux (0=absence, 1=moins de 5% de la feuille occupée par des larves, 2=entre 5% et 50% de la feuille occupée, 3=plus de 50% de la feuille occupée) ont été notés.

L’efficacité des larves de chrysopes a été évaluée en analysant, pour chaque observation, les variables du nombre moyen de feuilles attaquées et de l’abondance des larves en fonction des modalités. Les analyses ont été appuyées par l’utilisation du test statistique de Kruskal-Wallis. De plus, un test des rangs signés de Wilcoxon a été effectué pour analyser l’évolution de ces variables entre deux observations, modalité par modalité. Cette seconde méthode est surtout intéressante en cas d’infestation par les aleurodes, initialement différente entre les modalités étudiées.

RESULTATS

LACHERS DE TRICHOGRAMMES POUR CONTROLER LA PYRALE DES CUCURBITACEES

Les résultats obtenus lors du suivi des parcelles a permis de montrer un impact important des trichogrammes sur les populations de chenilles. Ainsi, comme le montre le tableau IV ci-dessous, les zones recevant des trichogrammes ont eu un nombre moyen de petites chenilles statistiquement inférieur ($p < 0.05$) ou égal au témoin lors de la majorité des observations, sur l’ensemble des parcelles. Il est à noter que pour la seule observation faisant exception, le dispositif de lâcher déposé la semaine précédente à cette observation a été retrouvé ouvert au sol, il n’a donc peut être pas permis un lâcher efficace des trichogrammes. Dans le même temps, les zones témoin ont pu recevoir jusqu’à 4 traitements phytosanitaires contre la pyrale, tout en obtenant des résultats moins intéressants que ceux obtenus dans la zone de lâcher. Il est à noter qu’aucun traitement n’a été effectué sur la parcelle P4, suite aux recommandations des observateurs à l’agriculteur, la population de chenilles étant faible dans la zone témoin. Enfin, des œufs parasités ont été retrouvés

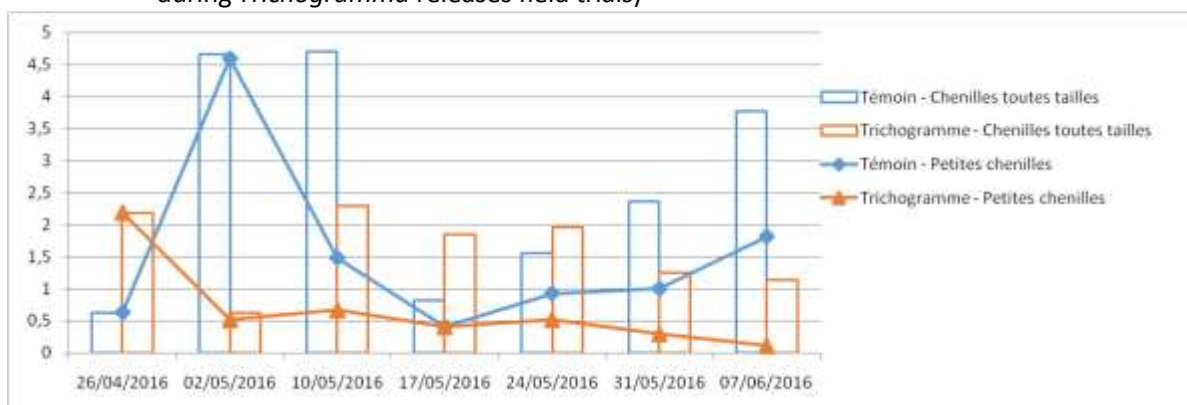
pour chacune des cinq parcelles sur les zones recevant des trichogrammes, cela démontrant le parasitisme par les trichogrammes sur les parcelles.

Tableau IV : Résultats obtenus lors du suivi des lâchers de trichogrammes (NbCL = Nombre moyen de petites chenilles dans la zone de lâcher ; NbCT = Nombre moyen de petites chenilles dans la zone témoin)
(Results from the monitoring after the release of *Trichogramma* [NbCL = Average number of caterpillar with trichogramma ; NbCT = Average number of caterpillar without trichogramma])

	Nombre d'observations	Observations avec NbCL<NbCT	Observations avec NbCL=NbCT	Observations avec NbCL>NbCT	Traitements effectués dans la zone témoin
Parcelle P1	6	5	1	0	2
Parcelle P2	5	5	0	0	4
Parcelle P3	5	3	1	1	1
Parcelle P4	5	2	3	0	0
Parcelle P6	4	1	3	0	3

Pour exemple, la figure 1 ci-dessous montre l'évolution des populations de chenilles dans la parcelle P1. La première observation correspond à celle effectuée le jour du premier lâcher et représente donc le niveau initial d'infestation des deux zones avant le premier lâcher. Excepté lors de l'observation du 17/05/2016, une différence significative ($p < 0.05$) a été observée entre le nombre moyen de petites chenilles par rameau du témoin et celui de la zone de lâcher.

Figure 1 : Evolution du nombre moyen de petites chenilles et du nombre moyen total de chenilles par rameau au cours du suivi des lâchers de trichogrammes
(Evolution of average number of little caterpillars and total average number of caterpillars during *Trichogramma* releases field trials)



Deux traitements au KARATE®K (Lambda-Cyhalothrine et Pirimicarbe) ont été effectués dans la zone témoin, après le 02/05/2016 puis après le 10/05/2016. Ces traitements ont eu un impact sur les populations de chenilles, ramenant leur population au niveau de celui de la zone de lâcher. Cependant, la population de chenilles augmente de nouveau par la suite dans la zone témoin, tandis que celle dans la zone de lâcher continue de diminuer, permettant d'avoir moins d'une petite chenille par rameau observé dès le second comptage et moins de 2 chenilles (toutes tailles confondues) par rameau lors des quatre dernières observations.

LACHERS DE CHRYSOPES POUR CONTROLER L'ALEURODE DU TABAC SOUS SERRE INSECT-PROOF

Lâchers de chrysopes adultes

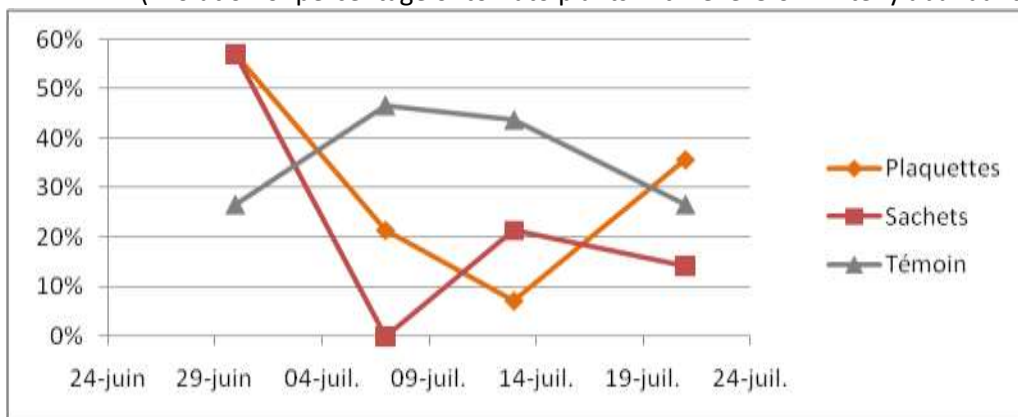
Suite aux lâchers, aucune chrysope adulte vivante n'a été retrouvée dans les serres et aucune ponte n'a été observée sur les feuilles de tomates. Lors du suivi, il a été noté la présence de lampe à soufre dans les serres du Morne-Rouge ainsi que des déchirures dans le toit des serres des deux sites.

Lâchers de larves de chrysopes

Lors de la première expérimentation, la population d'aleurodes était importante dès la première observation, avec des larves sur l'ensemble des plants, ainsi que plus de 25% des plants du témoin et de 50% des plants des zones de lâchers ayant une pullulation de larves d'aleurodes (niveau 3), comme le montre la figure 2.

Figure 2 : Evolution du pourcentage de plants présentant un niveau 3 (pullulation) d'abondance d'aleurodes

(Evolution of percentage of tomato plants with level 3 of whitefly abundance)



Excepté lors de la seconde observation, où la modalité « sachet » est statistiquement différente du témoin ($p < 0.05$), les niveaux d'infestation de niveau 3 sont proches de ceux observés sur le témoin.

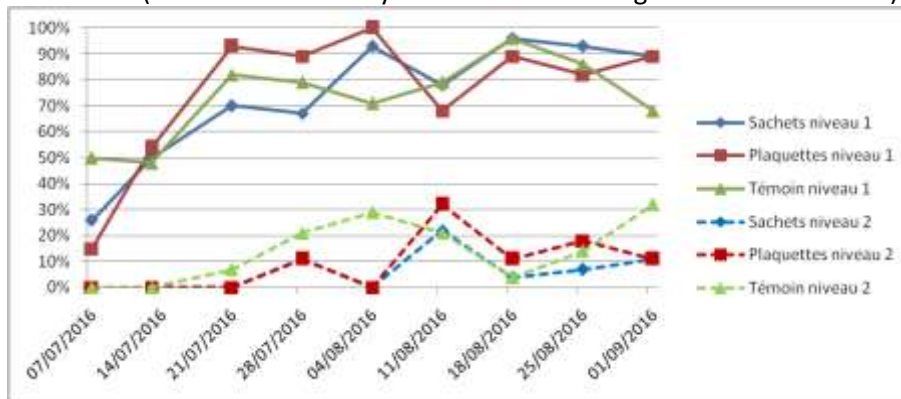
Une baisse significative du niveau de pullulation des aleurodes a été observée dans la modalité « sachet » entre les deux premières observations ($p < 0.05$), puis une augmentation de nouveau significative ($p < 0.05$). Entre les autres observations hebdomadaires, aucune autre différence significative du niveau de pullulation n'est apparue : les pullulations d'aleurodes sont donc restées stables dans toutes les modalités.

Il est à noter que trois traitements au PREV-AM (huile d'orange douce) ont été effectués sur le témoin (les 05, 15 et 19 juillet 2016) et que 7 larves de chrysope et un cocon ont été observés sur les plants des zones de lâcher au cours du suivi.

Au cours de la seconde expérimentation, le niveau d'infestation des plants était relativement faible (voir figure 3) avec, lors des deux premières semaines de suivi, uniquement des plants en niveau 1 (quelques larves). L'infestation a ensuite augmenté rapidement pour se stabiliser, avec l'ensemble des plants ayant des larves d'aleurodes et moins de 30% de plants ayant atteint le niveau 2 d'infestation. Aucune pullulation d'aleurodes (niveau 3) n'a été observée. Trois traitements ont été effectués sur le témoin au cours du suivi, avec du PREV-AM le 09 et 30 juillet puis du PREV-B2 (bore et terpène d'orange) le 19 août 2016.

Il n'y a pas de différences statistiquement significatives ($p=0.05$) entre les modalités lors des différentes observations, excepté pour celle du 04 août 2016, pour laquelle le test des paires de Wilcoxon discrimine la modalité témoin des deux autres.

Figure 3 : Evolution de l'abondance d'aleurodes suivant les modalités testés
(Evolution of whitefly abundance according to conditions of trial)



DISCUSSION

INTERETS DES LACHERS DE TRICHOGRAMMES CONTRE *DIAPHANIA HYALINATA*

L'utilisation de *Trichogramma pretiosum* a montré qu'il est possible d'exercer un contrôle sur les chenilles de *Diaphania hyalinata*, en effectuant des lâchers dès le début de la culture, à raison d'un lâcher par semaine, sur concombre, melon ou giraumon. Les trichogrammes ont eu un impact rapide sur les populations de petites chenilles, avec un nombre moyen de chenilles faible dès les premières semaines de lâcher. La comparaison des résultats obtenus dans les zones de lâchers permet de montrer que les trichogrammes permettent un contrôle aussi efficace, voire plus efficace, que lorsque des traitements sont effectués, que ce soit avec un produit phytosanitaire de synthèse ou bien du *Bacillus thuringiensis*.

Trichogramma pretiosum est déjà utilisé à Cuba contre les pyrales *Diaphania* sp. (Vazquez Moreno, 2008) et nos essais ont prouvé que cet auxiliaire peut aussi être utilisé en Martinique. Au regard du bon contrôle et de nos doses utilisées (100 000 trichogrammes femelles par hectare), il est envisageable de diminuer de moitié la quantité de trichogrammes utilisés, la quantité préconisée à Cuba étant de 100 000 trichogrammes par hectare pour une souche sexuée, soit 50 000 femelles pour un sex-ratio de 1:1 par exemple.

Nos essais ont confirmé l'importance de mettre en place les lâchers dès la plantation des plants de cucurbitacées. En effet, les chenilles ont été observées dès les premières observations, alors que les plants n'avaient que quelques feuilles. Cela est confirmé par Vazquez Moreno (2008) qui préconise d'effectuer des lâchers dès la germination.

L'observation d'œufs parasités sur l'ensemble des parcelles montre que les trichogrammes sont bien adaptés aux différentes conditions de culture dans lesquelles ils ont été testés. L'émergence d'une nouvelle génération de ces œufs parasités permet alors d'augmenter la population de trichogrammes présente sur la parcelle chaque semaine, renforçant le contrôle contre la pyrale sur le long-terme.

Le suivi de l'évolution de la population de pyrale des cucurbitacées lors de la pose des dispositifs de lâcher est nécessaire tout au long du cycle de culture, car il permet de vérifier le contrôle efficace de la pyrale et si celui-ci ne l'est pas (à cause de forte pluie les jours suivant le lâcher ou de l'ouverture des dispositifs de lâcher par exemple), il est alors possible d'intervenir rapidement grâce à un traitement à base de *Bacillus thuringiensis*, qui sera d'autant plus efficace que les chenilles sont de petites taille (FREDON Martinique, 2015).

LIMITES DES LÂCHERS DE CHRYSOPES SOUS SERRE-INSECT-PROOF POUR CONTROLER *BEMISIA TABACI*

Les lâchers d'adultes ne semblent pas adaptés pour protéger les serres de tomates. Les déchirures présentes sur le toit des serres auraient pu permettre la sortie des adultes. Les larves peuvent quant à elles se développer dans la culture de tomate sous serre, des larves et un cocon ayant été retrouvés : les chrysopes peuvent donc effectuer une partie de leur cycle dans les conditions de l'exploitation agricole où ont été effectués les lâchers.

Au cours des deux expérimentations, les lâchers de larves de chrysopes n'ont pas permis de maîtriser totalement les populations d'aleurodes mais ont permis d'obtenir un niveau de protection proche de celui obtenu avec les traitements effectués par l'agriculteur. Les résultats similaires entre les modalités de lâchers n'ont pas permis de définir une technique de lâcher plus favorable.

La première expérimentation a permis de constater que les larves peuvent se développer et probablement participer à la stabilisation d'une population d'aleurodes. Dans le cas de la seconde expérimentation, les lâchers ont été effectués très tôt, alors que les populations d'aleurodes étaient très faibles. Cette faible quantité d'aleurodes à consommer a alors pu limiter le développement des larves de chrysopes et impacter sur leur survie. De plus, l'utilisation de lampe à soufre contre l'oïdium a pu avoir un impact négatif sur les larves, comme le montre l'étude de Silva (2012) avec une mortalité de plus de 10% des larves de *Chrysoperla externa* exposés à du soufre.

Les larves de chrysopes, au regard des résultats obtenus, ne peuvent assurer la protection de la culture contre les aleurodes et les bégomovirus associés, car elles n'ont pas réussi à limiter la population de *Bemisia tabaci*.

CONCLUSION

En Martinique, la lutte biologique inondative est intéressante pour apporter une alternative aux produits phytosanitaires, mais elle n'est pas l'unique solution contre les insectes ravageurs en maraîchage. Elle doit être prise en compte dans une stratégie globale de Protection Biologique Intégrée, qui associe des techniques de prophylaxie, de suivi des ravageurs, de méthodes de lutte alternatives... C'est l'impact de l'ensemble de ces techniques cumulées qui peut alors permettre de contrôler les trois ravageurs ciblés.

Les lâchers de trichogrammes peuvent permettre de lutter efficacement contre *Diaphania hyalinata*, mais à condition d'utiliser des jeunes plants exempts de ravageurs, d'effectuer un suivi régulier des populations de pyrales, d'utiliser dans de bonnes conditions les préparations à base de *Bacillus thuringiensis*, d'installer des zones refuges pour les auxiliaires et d'éliminer la culture en fin de cycle.

Les lâchers de chrysopes (larves et adultes), menés selon les modalités actuelles, s'avèrent peu efficaces contre *Bemisia tabaci* sous serre. Cependant, ces aleurodes sont bien contrôlés à partir du moment où la stratégie PBI met en avant l'utilisation de jeunes plants exempts d'aleurodes et de virus, l'élimination des plantes hôtes des virus autour des serres, le suivi régulier des populations pour adapter les traitements, la détection et l'élimination rapide des plants virosés, l'effeuillage des feuilles âgées puis la bonne élimination des déchets de cultures, l'utilisation de pièges jaunes englués et enfin la mise en place d'un vide sanitaire efficace.

Les larves de chrysopes pourraient être utilisées en pépinière, afin de contrôler les pucerons et les aleurodes sur les jeunes plants, mais il est nécessaire d'effectuer des expérimentations pour attester de leur efficacité dans ces conditions. De même, des lâchers de trichogrammes pourraient permettre de limiter les pontes précoces de la pyrale sur les cucurbitacées sur les semis. Dans ce cas, en complément de la lutte biologique inondative, la stratégie PBI intègre le suivi des ravageurs dans les jeunes plants, la gestion des abords des pépinières (pour l'élimination des plantes hôtes des ravageurs et des virus notamment), l'utilisation de pièges jaunes englués et la mise en place de la lutte biologique de conservation.

La lutte inondative avec des chrysopes en plein champs, contre les pucerons et les aleurodes notamment, peut s'avérer complexe à mettre en œuvre (surfaces importantes à protéger, efficacité des larves à démontrer, modalités de lâchers à étudier). La lutte biologique de conservation est alors une solution intéressante pour limiter naturellement les populations de ravageurs, en favorisant les auxiliaires déjà présents dans les parcelles (chrysopes, coccinelles, syrphes, parasitoïdes..). La prophylaxie et le suivi des ravageurs doit être aussi mis en avant pour assurer un contrôle efficace des ravageurs.

Il est important que la stratégie PBI soit adaptée aux caractéristiques de chaque exploitation agricole, avec une réflexion commune entre l'agriculteur et le technicien agricole sur la chronologie des techniques à mettre en place en priorité, afin que la prophylaxie et le suivi des ravageurs soient déjà bien intégrés par l'agriculteur lorsque la lutte biologique inondative sera utilisée.

Enfin, l'acceptation de la lutte biologique inondative dépendra beaucoup du coût de production des trichogrammes et des larves de chrysopes. Ces coûts doivent maintenant être déterminés par la FREDON Martinique. Un coût de lâcher proche du coût des traitements phytosanitaires serait un avantage pour permettre le développement de la lutte biologique inondative en Martinique.

REMERCIEMENTS

Ce travail s'inscrit dans le cadre du programme Ecophyto et a été financé par l'Office de Développement de l'Economie Agricole d'Outre-Mer (ODEADOM) et l'Office de l'Eau (ODE) Martinique.

Nous remercions le professeur Fermin FUENTES SANDOVAL, spécialiste de la lutte biologique inondative à Cuba, qui a fortement contribué à la réussite de ce projet. Nous remercions aussi Nicolas RIS, Géraldine BOUT, Alexandre BOUT et Thierry DUMBARDON-MARTIAL de l'équipe RDLB (Recherche et Développement en Lutte Biologique) de l'INRA Sophia-Antipolis pour leur collaboration à ce projet. Enfin, nous remercions les agriculteurs qui nous ont mis à disposition leurs parcelles et nous ont fait part de leurs remarques lors de la mise en place des techniques relatives à la PBI.

BIBLIOGRAPHIE

Albuquerque G., Tauber C., and Tauber M., 1994. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) : life history and potential for biological control in Central and South America. *Biological Control*, 4, 8-13.

FREDON Martinique (ouvrage collectif), 2015. Mémento de la protection des cultures en Martinique. FREDON Martinique, 160 p.

Fuentes Sandoval F., Ferrer Wurst F., and Salas Aguilar J., 2012. Resena historica del control biologico en Centroamerica y el Caribe. *EAE Editorial Academia Espanola*, 188 p.

Lucas P. et Champailier M., 2014. Utilisation de zones refuges dans le cadre d'une lutte biologique de conservation en Martinique. 44e congrès du Groupe Français des Pesticides, 26-29 mai 2014, Schoelcher, 5p.

Polanczyk R.A., Barbosa W.F., Celestino F.N., Pratisoli D., Holtz A.M., Milanez A.M., Cochetto J.G., and Da Silva A.F., 2011. Influência da densidade de ovos de *Diaphania hyalinata* (L.) (Lepidoptera : Crambidae) na capacidade de parasitismo de *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Neotropical Entomology*, 40(2), 238-243.

Silva R.A., Carvalho G.A., Carvalho C.F., and Silva D.B., 2012. Effects of pesticides on eggs of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and consequences on subsequent development. *Revista Colombiana de Entomologia Bogotá*, 38, 58-63.

Vazquez Moreno L., 2008. Manejo integrado de plagas – Preguntas y respuestas para tecnicos y agricultores. INISAV, *Editorial Cientifico-Tecnica*, 486 p.