

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB –BLIDA1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des biotechnologies



THESE DE DOCTORAT

En Sciences Agronomiques

Spécialité : Biodiversité-Bioprotection

ANALYSE DES INTERACTIONS ENTRE LES RAVAGEURS ALEYRODIDAE ET LEURS PROTAGONISTES DANS LES VERGERS AGRUMICOLES DE CHLEF: CONTRAINTES CLIMATIQUES ET AGROECOLOGIQUES

Soutenue le Dimanche 12 Mai 2019

Par

Abdelhaq MAHMOUDI

Devant le jury composé de :

Zahr-Eddine DJAZOULI	Professeur, Université de Blida 1	Président
Mohamed BELHAMRA	Professeur, Université de Biskra	Examineur
Farid BOUNACEUR	Professeur, Université de Tiaret	Examineur
Ferroudja MEDJDOUB	Professeur, Université de Tizi Ouzou	Examinatrice
Rachida BELGUENDOZ	Maître de conférences (A), Université de Blida 1	Examinatrice
Leila ALLAL BENFEKIH	Professeur, Université de Blida1	Directrice de thèse

Blida Mai 2019

RÉSUMÉ

ANALYSE DES INTERACTIONS ENTRE LES RAVAGEURS ALEYRODIDAE ET LEURS PROTAGONISTES DANS LES VERGERS AGRUMICOLES DE CHLEF: CONTRAINTES CLIMATIQUES ET AGROECOLOGIQUES

Ce travail est consacré à l'étude des populations Aleyrodidae et leurs interactions avec les citrus et leurs ennemis naturels dans la région agrumicole de Chlef. Les dégâts causés sur le feuillage ainsi que sur les fruits sont considérables réduisant ainsi la qualité commerciale de la production fruitière et provoquent l'affaiblissement des arbres d'agrumes.

Durant la période allant de juillet 2013 à juin 2016, un échantillonnage périodique des populations d'entomofaune a été réalisé à l'aide de plaques jaunes engluées et par l'observation des rameaux porteurs de feuilles au niveau de six vergers répartis sur toute la région agrumicole de Chlef. Les principaux facteurs climatiques ainsi que les périodes de poussée de sèves ont été enregistrés afin de révéler leurs effets sur les fluctuations d'abondance des populations d'aleurodes. Un inventaire exhaustif des plantes adventices a eu lieu afin de faire apparaître leur lien avec la diversité des communautés d'insectes auxiliaires circulantes au niveau des vergers.

Deux espèces d'Aleyrodidae ont été identifiées, l'aleurode floconneux *Aleurothrixus floccosus* et l'aleurode des citrus *Dialeurodes citri*. La première espèce (*A.floccosus*) inventoriée au niveau d'un seul verger d'oranger à Oued sly évolue en trois générations annuelles, est associée trois parasitoïdes Aphelinidae (*Cales noacki*, *Encarsia* sp1 et *Eretmocerus* sp), un prédateur Coccinellidae (*Clitostethus arcuatus*) et deux prédateurs Coniopterygidae (*Semidalis aleyrodiformis* et *Chrysoperla carnea*). L'aleurode des citrus repéré au niveau de cinq vergers évolue en deux générations annuelles et est associé à un groupe de protagoniste relativement riche par rapport à celui de l'aleurode floconneux, constitué principalement en plus des espèces prédatrices déjà citées d'une autre Coniopterygidae présente en faible abondance (*Conwentzia psociformis*). Les parasitoïdes associés à *D.citri* appartiennent aux Aphelinidae dont quatre espèces

du genre *Encarsia*, une du genre *Eretmocerus* et *Cales noacki*. Un taux de parasitisme très négligeable a été enregistré au niveau des populations de l'aleurode des citrus contre des taux relativement élevés dépassant 70% chez les populations larvaires de l'aleurode floconneux.

L'analyse de l'effet des paramètres climatiques sur les fluctuations des populations Aleyrodidae révèlent que les températures comprises entre 25°C à 35°C semblent être favorables à l'émergence des adultes des mouches blanches en présence d'une humidité moyenne et des vents modérés. Néanmoins, les populations larvaires des deux espèces peuvent s'adapter à des températures atteignant jusqu'à 41°C. Quant à la relation entre la phénologie des citrus et la dynamique des populations d'Aleyrodidae, il est mis en évidence que la période d'émergence des adultes a lieu au moment du développement des jeunes feuilles durant la période de poussée de sève expliquant ainsi la préférence des deux espèces d'aleurodes aux feuilles tendres nouvellement sorties, idéales pour la ponte et la nutrition des jeunes larves.

Il semble que les vergers les plus peuplés par la flore adventice se caractérise par une grande richesse en auxiliaires parasitoïdes notamment le verger de Chlef, Oued sly et Boukader.

L'étude des communautés saisonnières d'insectes bénéfiques sur clémentinier à Chlef 1 a révélé une disponibilité importante d'entomophages parasitoïdes spécifiques notamment. Ces communautés semblent différentes entre elles selon le recrutement temporel des taxons les plus abondants.

Mots clés : Aleyrodidae, protagonistes, parasitisme, citrus, poussée de sève, climat, Chlef, couvert végétal.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN DEVASTATING ALEYRODIDAE AND THEIR PROTAGONISTS IN CITRUS ORCHARDS OF CHLEF REGION: CLIMATIC AND AGROECOLOGICAL CONSTRAINTS

This work is dedicated to the study of Aleyrodidae populations and their interactions with citrus plant hosts and natural enemies occurring in Chlef citrus region. The damages caused on foliage as well as on fruits are considerable which can reduce commercial fruit production quality involving in a weakening of the citrus trees.

During the period going from July 2013 till June 2016, a periodic sampling of the insect fauna populations was realized through captures by yellow sticky traps and observation of expanding twigs of sheets, in six orchards distributed on entire Chlef citrus region. The main climatic factors as well as the saps flush periods were recorded to reveal the effects on the fluctuations in whiteflies' abundance. An exhaustive inventory of the adventitious plants took place to reveal also their link with the diversity of the circulating auxiliary insect communities at the orchards level.

Two Aleyrodidae species were identified: the wooly whitefly *Aleurothrixus floccosus* and the citrus whitefly *Dialeurodes citri*. *A.floccosus* was inventoried in a single orange orchard situated in Oued Sly locality, it evolves in three annual generations and it is associated with three Aphelinidae parasitoids (*Cales noacki*, *Encarsia* sp and *Eretmocerus* sp), also with a Coccinellidae predatory specie (*Clitostethus arcuatus*) and two Coniopterygidae predators (*Semidalis aleyrodiformis* and *Chrysoperla carnea*). The citrus whitefly was located at the level of five Clementine and orange orchards, it evolves in two annual generations and it is associated with a relatively rich protagonist group compared with that of the wooly whitefly, constituted in addition to previously mentioned predators, the Coniopterygidae specie *Conwentia psociformis* which was represented by a low abundance.

Parasitoids associated to *D.citri* belongs to the Aphelinidae family including *Cales noacki*, one specie from *Encarsia*, and one other from *Eretmocerus* genus. An insignificant rate of parasitism was recorded on the citrus whitefly populations while woolly whitefly rates ones were relatively more than 70 % on larval populations.

The analysis of the climatic parameters effect on Aleyrodidae fluctuations reveal that temperatures from 25°C to 35°C, an average humidity and moderate winds, seem to be favorable to the adult emergence. Larval of both species populations can never the less adapt themselves to temperatures which can achieve 41°C. Regarding relationship between citrus trees phenology and the Aleyrodidae populations dynamics, it is highlighted that emergence period of the adults takes place at young sheets development time during period of sap flush, which explains the preference of both whiteflies species to soft sheets newly developed and attractive for laying and young larvae nutrition.

It seems that the orchards most populated by the adventitious flora are characterized by a great wealth of parasitoid auxiliaries including the orchard of Chlef, Oued sly and Boukader.

The study of the seasonal beneficial insect's communities on Clementine tree in Chlef 1 orchard revealed in particular important entomophagous parasitoids availability. These communities appear to be differentiated according to the temporal recruitment of the most abundant taxa.

Keywords: Aleyrodidae, protagonists, parasitism, citrus, saps flush, climate, Chlef region, vegetation cover.

ملخص

تحليل التفاعلات بين الذباب الأبيض (Aleyrodidae) وأعدائها الحيوية في بساتين الحمضيات بالشلف: العوائق المناخية, الفلاحية و الإيكولوجية

يهدف هذا العمل لدراسة مجموعات الذباب الأبيض (Aleyrodidae) وتفاعلاتها مع شجرات الحمضيات وأعدائها الحيوية في منطقة الشلف. أضرارها على أوراق و ثمار الحمضيات كبيرة جدا مما أدى إلى تضرر المنتوج و إضعاف الأشجار.

خلال المرحلة الممتدة من شهر جويلية 2013 إلى جوان 2016, تم القيام بزيارات دورية لأخذ عينات لهجموعات الحشرات باستعمال المصائد اللاصقة الصفراء و الملاحظة الميدانية للأغصان الحاملة للأوراق في ستة بساتين موزعة في منطقة الحمضيات بالشلف.

أهم العوامل المناخية و مراحل دوران النسغ وخروج الأوراق الجديدة تم تسجيلها وذلك لأجل كشف تأثيرها على تغيرات وفرة مجموعات الذباب الأبيض. قمنا بجرد شامل للأعشاب الضارة في كافة البساتين لإظهار علاقتها بتنوع الحشرات الطفيلية النافعة في البساتين المدروسة.

تم التعرف على نوعين من الحشرات الدقيقة, الذبابة البيضاء الصوفية *Aleurothrixus floccosus* و ذبابة الحمضيات البيضاء *Dialeurodes citri*. النوع الأول (*A. floccosus*) تم معاينته فقط في بستان البرتقال بوادي سلي ويتميز بثلاثة أجيال في السنة و يتواجد برفقة ثلاثة حشرات طفيلية نافعة تهاجمه وهي *Cales noacki*, *Encarsia sp1* و *Eretmocerus sp* تنتمي كلها لعائلة *Aphelinidae*, مع وجود حشرات مفترسة متمثلة في الدعسوقة *Clitostethus arcuatus* و مفترسين ينتميان لعائلة *Coniopterygidae* هما *Semidalis aleyrodiformis* و *Chrysoperla carnea*.

ذبابة الحمضيات البيضاء تم رصدها في البساتين الخمسة المتبقية و تتميز بجيلين في السنة و تتواجد برفقة مجموعة غنية من الأعداء الحيوية مقارنة بالذبابة البيضاء الصوفية, وتتكون خصيصا بالإضافة إلى أنواع الحشرات المفترسة السالفة الذكر من صنف *Coniopterygidae*. *Conwentzia psociformis* المنتمي لعائلة

الحشرات الطفيلية المرتبطة بذبابة الحمضيات البيضاء *D. citri* تنتمي لعائلة *Aphelinidae* و أربعة أنواع تنتمي إلى جنس *Encarsia*, *Eretmocerus*, و *Cales noacki*. لقد تم تسجيل نسبة تطفل ضئيلة جدا في مجموعات ذبابة الحمضيات البيضاء مقارنة بمجتمعات الذبابة البيضاء الصوفية بنسب تفوق 70%.

إن تحليل تأثير العوامل المناخية على تغيرات وفرة مجموعات الذباب الأبيض أظهر أن درجات الحرارة المتغيرة من 25°م إلى 35°م تكون محفزة للذبابات البيضاء البالغة للخروج من جلود الانسلاخ تحت تأثير رطوبة و سرعة رياح معتدلة.

لكن مجموعات اليرقات لنوعي الذبابات الأبيض تمكنت من التأقلم مع درجات حرارة عليا وصلت لحد 41°م. فيما يخص العلاقة بين الدورة التطورية (فينولوجيا) الحمضيات و ديناميكية مجموعات الذباب الأبيض تبين تزامن خروج الذباب الأبيض من جلود الانسلاخ مع بداية ظهور الأوراق الجديدة مما يؤكد تفضيل هذه الحشرات للأوراق الطرية لوضع البيض و تغذية اليرقات الصغيرة.

يبدو أن البساتين التي بها عدد معتبر من الأعشاب الضارة تتميز بوجود وفرة كبيرة من الحشرات الطفيلية خاصة بستان الشلف, وادي سلي و بوقادير.

كشفت دراسة مجتمعات الحشرات النافعة الموسمية على شجرة الحمضيات من نوع كلمنتين في بستان الشلف 1 عن وجود عدد معتبر من الحشرات خاصة الطفيلية النافعة. تبدو هذه المجتمعات مختلفة عن بعضها البعض وفقاً للتعيين المؤقت لأكثر أنواع الأصناف وفرة.

الكلمات المفتاحية: الذباب الأبيض ، الأعداء الحيوية ، تطفل ، الحمضيات ، دوران النسغ ، المناخ ، الشلف ، الغطاء النباتي.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, qu'il me soit permis d'adresser le témoignage de ma gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation.

Pour commencer, je remercie avant tout Dieu le tout puissant de m'avoir donné la force et le courage nécessaire pour réaliser ce travail, et pour avoir mis sur ma route des gens qui m'ont permis d'évoluer.

Ce travail a été réalisé sous la direction du Pr.ALLAL BENFEKIH Leila, professeur à l'université de Blida 1 qui, par son intérêt, toujours renouvelé, ses conseils, tant sur le plan de l'élaboration du mémoire et sa connaissance approfondie en entomologie, m'ont été précieux pour mener à terme, et dans les meilleures conditions, cette étude dont elle a déterminée les orientations, tout en me laissant entière liberté pour la conduire à mon gré. Je lui adresse ici toute ma reconnaissance et mon admiration.

Je tiens à exprimer mes remerciements et mes respects à Mr.REYNAUD Philipe et aux membres du laboratoire de la santé des végétaux (ANSES) de Montpellier, pour leur disponibilité, leur soutien, et leur encouragement durant mon séjour à Montpellier. Merci à toute l'équipe du LSV pour leur accueil chaleureux, leur bonté et leur enthousiasme.

Je ne pourrais oublier de remercier Mr.STREITO Jean-Claude Chercheur à l'INRA de Montpellier, pour sa direction judicieuse, son excellence scientifique et son assistance permanente qui ont permis d'identifier les aleurodes, Je lui témoigne ici ma profonde gratitude et toute mon amitié.

Mes sincères remerciements vont également à Mr.FERRAN Garcia Mari professeur à l'université polytechnique de Valence, pour m'avoir guidé, conseillé et orienté pour l'identification des parasitoïdes.

J'exprime également ma reconnaissance à Pr.SNOUSSI Sid Ahmed professeur et directeur du laboratoire de recherche en biotechnologie des productions végétales, pour avoir accepté de faire de moi un membre de son

laboratoire, et sans oublié ses encouragements. Je lui témoigne ici ma profonde gratitude.

Je voudrais également remercier Pr.DJAZOULI Zahreddine de l'université de Blida 1, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de cette thèse, mais aussi pour les sincères encouragements et les conseils efficaces qu'il m'a donné depuis le début de la réalisation de ce travail, Je lui témoigne ici ma profonde gratitude et toute mon amitié.

Je tiens à exprimer mes remerciements et mes respects aux membres du jury de thèse composé de Pr.BELHAMRA Mohamed de l'université de Biskra, Pr.BOUNACEUR Farid de l'université de Tiaret, Pr.MEDJDOUB Ferroudja de l'université de Tizi Ouzou et Dr.BELGUENDOZ Rachida de l'université de Blida1, d'avoir accepté d'honorer et d'enrichir mon travail. Pour cela, je leur exprime ma profonde reconnaissance.

Je ne pourrais oublier de remercier mon frère Pr.MAHMOUDI Hacene, professeur à l'université de Chlef, et ma sœur Rabea pour m'avoir soutenu moralement et encouragé tout au long de mon parcours d'études. Je dis un très grand merci à mes enseignants à l'université de Blida 1 et mes collègues du département d'Agronomie et biotechnologie à l'université de Chlef, sans oublié Mme.DJEMAI Amina, ingénieur au niveau du laboratoire de zoologie de l'université de Blida, pour sa disponibilité, sa gentillesse et son soutien et de m'avoir attribué le matériels nécessaires pour l'identification des insectes au niveau de son laboratoire.

Je tiens aussi à remercier tous les agriculteurs qui nous ont autorisés à travailler dans leurs vergers et nous ont accordés le soutien permanant durant notre expérimentation.

Je dédie de tout mon cœur ce travail à l'âme de Dr.AROUN M.E.F

Merci aux oubliés

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à :

- ✓ La mémoire de ma petite fille Asma, ma sœur Meriem et ma grande mère Meriem rabi yarhamhom inchalah, en témoignage de ma profonde gratitude et amour, que leurs âmes reposent en paix.
- ✓ Mes très chers parents Papa "Moussa" et Maman "Khedidja" pour leurs encouragements et leurs soutiens durant chaque étape de ma vie.
- ✓ Ma très Chère femme Amina, qui ma toujours soutenu et encouragé pendant les périodes difficiles.
- ✓ Mes Chères fillettes Maria et Asma, mes perles si pures, si belles, que dieu leur protège.
- ✓ Mes frères, Pr.Hacene et son épouse Pr.Nawel, Djalel et son épouse Meriem, Dr.Mohamed, Slimane et mes sœurs Rabea et son époux Abdelkader, Fouzia, Kheira et son époux Dr.Mustapha, et leurs enfants, et toute la famille Mahmoudi et Benzaamia.
- ✓ Ma belle famille Belalia, Dr.Miloud, ma belle mère Houria, Dr. Azzedine, et mes beaux frères et mes belles sœurs et leurs époux.
- ✓ A tous mes amis et collègue de la faculté SNV à l'université de Chlef et toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail.

Abdelhaq

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
INTRODUCTION.....	1
Chapitre 1 : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	
1 LES AGRUMES ET LEURS RAVAGEURS ALEYRODIDAE	7
1.1 LES AGRUMES DANS LE MONDE ET EN ALGERIE.....	7
1.2 PHENOLOGIE ET POUSSEES DE SEVE	8
1.3 LES RAVAGEURS ALEYRODIDAE DES AGRUMES.....	10
2 ESPECES DE MOUCHES BLANCHES AU NIVEAU DE LA REGION AGRUMICOLE DE CHLEF	13
2.1 LA MOUCHE BLANCHE FLOCONNEUSE DES AGRUMES <i>ALEUROTHRIXUS FLOCCOSUS</i> (MASKELL).....	13
2.1.1 <i>Description des stades de développement d'A.floccosus</i>	14
2.1.1.1 Les œufs	14
2.1.1.2 Les larves (nymphe)	15
2.1.1.3 Les pupariums.....	16
2.1.1.4 Les adultes.....	17
2.1.2 <i>Cycle de vie</i>	18
2.1.3 <i>Dégâts d'Aleurothrixus floccosus</i>	20
2.2 L'ALEURODE DES CITRUS <i>DIALEURODES CITRI</i> ASHMEAD	21
2.2.1 <i>Description des stades de développement de D.citri</i>	22
2.2.1.1 L'œuf.....	22
2.2.1.2 Les larves (nymphe)	22
2.2.1.3 Les pupariums.....	24
2.2.1.4 L'adulte	25
2.2.2 <i>Cycle de vie</i>	26
2.2.3 <i>Dégâts de Dialeurodes citri</i>	27
2.3 METHODES DE CONTROLE DES ALEYRODIDAE AU NIVEAU DES VERGERS D'AGRUMES .	28
2.3.1 <i>Le contrôle chimique des Aleyrodidae inféodés aux agrumes</i>	29
2.3.2 <i>Le contrôle physique des Aleyrodidae inféodés aux agrumes</i>	30
2.3.3 <i>Le contrôle biologique des Aleyrodidae inféodés aux agrumes</i>	31
2.3.3.1 Les champignons entomopathogènes de D.citri et A.floccosus	32
2.3.3.2 Les prédateurs de D.citri et d'A.floccosus.....	34
2.3.3.2.1 Les coléoptères prédateurs	35
2.3.3.2.2 Les neuroptères prédateurs.....	37
2.3.3.2.3 Les acariens prédateurs	40
2.3.3.3 Les parasitoïdes de D.citri et d' A.floccosus	40
2.3.3.3.1 Les parasitoïdes de l'aleurode des citrus (<i>D.citri</i>)	41
2.3.3.3.2 Les parasitoïdes de l'aleurode floconneux (<i>A.floccosus</i>)	42
Chapitre II : MATERIELS ET METHODES	
1 CARACTERISTIQUES DESCRIPTIVES DE LA REGION D'ETUDE	49
1.1 CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES	49
1.1.1 <i>Les températures</i>	49
1.1.2 <i>La pluviométrie</i>	50

1.1.3	<i>Diagramme ombrothermique</i>	51
1.1.4	<i>Climagramme d'Emberger</i>	52
1.2	VEGETATION NATURELLE	54
2	DESCRIPTION DES VERGERS D'ETUDE	54
3	METHODES D'ECHANTILLONNAGE SUR LE TERRAIN.....	59
3.1	OBSERVATIONS DIRECTES SUR LES RAMEAUX	59
3.2	CAPTURES DES AILES PAR LES PIEGES JAUNES ENGLUES	60
3.3	PRELEVEMENTS FOLIAIRES POUR L'ETUDE DU TAUX D'INFESTATION ET DU PARASITISME 61	
3.4	DIVERSITE DE LA FLORE ADVENTICE AU NIVEAU DES VERGERS D'ETUDE	62
4	METHODES ADOPTEES AU LABORATOIRE	62
4.1	OBSERVATIONS DES FEUILLES INFESTEES ET DES LARVES PARASITEES.....	62
4.2	IDENTIFICATIONS DE L'ENTOMOFAUNE	63
4.2.1	<i>Identification de l'entomofaune utile</i>	63
4.2.2	<i>Identification des aleurodes</i>	66
5	ANALYSE DES DONNEES	69
5.1	DETERMINATION DU TAUX D'INFESTATION PAR LES ALEURODES	69
5.2	EVALUATION DU TAUX DE PARASITISME	69
5.3	ETUDE DE LA PHENOLOGIE DES ARBRES D'AGRUMES	69
5.4	ANALYSE FLORISTIQUE	70
5.5	ETUDE DES ABONDANCES, DES RICHESSES ET DES DIVERSITES DE L'ENTOMOFAUNE .	70
4.2.	DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE.....	70
5.6	ANALYSES STATISTIQUES.....	71
5.6.1	<i>Analyses multivariées</i>	71
5.6.2	<i>Analyse univariée (Modèle linéaire global)</i>	71

Chapitre III : RESULTATS

1	RESULTATS DES IDENTIFICATIONS DES ALEYRODIDAE ET LEURS PROTAGONISTES RENCONTRES DANS LES VERGERS D'ETUDE.....	73
2	ACTIVITE SPATIOTEMPORELLE DES DEUX ESPECES D'ALEURODES.....	77
2.1	VARIATION TEMPORELLE DE L'ABONDANCE DE L'ALEURODE FLOCONNEUX <i>A.FLOCCOSUS</i> 77	
2.1.1	<i>Variabilité des infestations larvaires et adultes en fonction des paramètres climatiques</i>	77
2.1.2	<i>Variation temporelle de l'abondance des adultes d'A.floccosus en fonction de la poussée de sève de l'oranger dans le verger de Oued Sly</i>	79
2.1.3	<i>Evolution des états larvaires d'A.floccosus sur le feuillage</i>	81
2.1.4	<i>Répartition des populations de l'aleurode floconneux en relation avec l'orientation</i>	83
2.2	VARIATION TEMPORELLE DE L'ABONDANCE DE L'ALEURODE DES CITRUS <i>D.CITRI</i>	84
2.2.1	<i>Variabilité des infestations larvaires et adultes de D.citri en fonction des paramètres climatiques</i>	85
2.2.1.1	<i>Variabilité des infestations de juillet 2013 à juin 2014</i>	85
2.2.1.2	<i>Variabilité des infestations de Juillet 2014 à juin 2015</i>	86
2.2.1.2.1	<i>Verger de Chlef 2</i>	86
2.2.1.2.2	<i>Verger de Chettia</i>	88
2.2.1.3	<i>Variabilité des infestations de Juillet 2015 à juin 2016</i>	89
2.2.1.3.1	<i>Verger de Oued Fodda</i>	90
2.2.1.3.2	<i>Verger de Boukader</i>	91

2.2.2	<i>Variation temporelle de l'abondance des adultes de D.citri en fonction de la poussée de sève</i>	92
2.2.2.1	Période d'échantillonnage de juillet 2013 à juin 2014	93
2.2.2.2	Période d'échantillonnage de Juillet 2014 à juin 2015	94
2.2.2.2.1	Verger de Chlef 2	95
2.2.2.2.2	Verger de Chettia	96
2.2.2.3	Période d'échantillonnage de Juillet 2015 à juin 2016	97
2.2.2.3.1	Verger de Oued Fodda	97
2.2.2.3.2	Verger de Boukader	98
2.2.3	<i>Evolution des états larvaires de D.citri sur le feuillage</i>	99
2.2.3.1.	Evolution mensuelles comparées	99
2.2.3.1.1.	Cas des larves vivantes	99
2.2.3.1.2.	Cas des larves mortes	99
2.2.3.1.3.	Cas des pupariums vides	100
2.2.3.1	Evolution globale comparées	101
2.2.3.1.1	Verger Chlef 1	101
2.2.3.1.2	Verger Chlef 2	102
2.2.3.1.3	Verger Chettia	102
2.2.3.1.4	Verger Oued Fodda	102
2.2.3.1.5	Verger Boukader	102
2.2.4	<i>Répartition des populations de l'aleurode des Citrus D.citri en relation avec l'orientation</i>	103
2.2.4.1	Répartition cardinale des adultes	104
2.2.4.2	Répartition cardinale des larves	107
2.3	EMERGENCE COMPAREES DES ADULTES DES POPULATIONS D'ALEURODES DANS LES VERGERS D'ETUDE	109
3	ETUDE DU COMPLEXE PARASITAIRE PROTAGONISTE DES ALEYRODIDAE DANS LES DIFFERENTS VERGERS	111
3.1	LA FAUNE AUXILIAIRE ASSOCIEE A L'ALEURODE FLOCONNEUX <i>A.FLOCCOSUS</i>	111
3.2	LA FAUNE AUXILIAIRE ASSOCIEE A L'ALEURODE DES CITRUS <i>DIALEURODES CITRI</i>	114
3.2.1	<i>Variabilité des captures de juillet 2013 à juin 2014</i>	115
3.2.1.1	Verger de Chlef 1	115
3.2.2	<i>Variabilité des captures de juillet 2014 à juin 2015</i>	119
3.2.2.1	Verger de Chlef 2	119
3.2.2.2	Verger de Chettia	122
3.2.3	<i>Variabilité des captures de juillet 2015 à juin 2016</i>	125
3.2.3.1	Verger de Oued fodda	125
3.2.3.2	Verger de Boukader	129
4	ANALYSE DE L'EFFET DU RECOUVREMENT VEGETAL	133
4.1	INFLUENCE DU COUVERT VEGETAL SUR LES AUXILIAIRES	133
4.1.1	<i>Inventaire végétal dans les vergers d'agrumes étudiés</i>	133
4.1.2	<i>Caractéristiques écologiques du couvert végétal dans les vergers étudiés</i>	134
4.1.3	<i>Distribution spatiale de la végétation spontanée dans les vergers d'étude</i>	135
4.1.4	<i>Analyse de l'interaction entre le recouvrement végétal et l'abondance des parasitoïdes dans les vergers d'étude</i>	137
5	ETUDE DE LA COMMUNAUTE AUXILIAIRE ASSOCIEE AUX RAVAGEURS DES AGRUMES : ETUDE DE CAS AU NIVEAU DU VERGER DE CHLEF 1 (AOUT 2013- JUILLET 2014)	139

5.1 COMPOSITION ET PARAMETRES ECOLOGIQUES DES COMMUNAUTES D'AUXILIAIRES SUR CLEMENTINIER	139
5.2 DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE ET RECRUTEMENT DES ESPECES	140
5.3 COMPOSITION COMPAREE DES COMMUNAUTES SAISONNIERES D'AUXILIAIRES.....	143
5.4 DISTRIBUTION TEMPORELLE DES GROUPES TROPHIQUES CIRCULANTS DANS LE VERGER DE CLEMENTINIER.....	145

Chapitre IV : DISCUSSION

DISCUSSION GÉNÉRALE.....	151
1 VARIATION POPULATIONNELLE DE L'ALEURODE FLOCONNEUX DANS LE VERGER DE OUED SLY	152
2 VARIATION POPULATIONNELLE DE L'ALEURODE DES CITRUS SUR CLEMENTINIER ET ORANGERS.....	159
3 LE COMPLEXE AUXILIAIRE DANS LES VERGERS D'ETUDE	166
3.1 LA FAUNE AUXILIAIRE ASSOCIEE A L'ALEURODE FLOCONNEUX <i>A.FLOCCOSUS</i>	166
3.2 LA FAUNE AUXILIAIRE ASSOCIEE A L'ALEURODE DES CITRUS <i>DIALEURODES CITRI</i>	171
4 COMMUNAUTE AUXILIAIRE ASSOCIEE AUX RAVAGEURS DES AGRUMES AU NIVEAU DU VERGER DE CHLEF 1 (AOUT 2013- JUILLET 2014).....	177
5 INFLUENCE DU COUVERT VEGETAL SUR LES AUXILIAIRES.....	180

Chapitre V : CONCLUSION

CONCLUSION GÉNÉRALE	185
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	192
ANNEXES.....	219

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Principaux insecticides utilisés par les agriculteurs de la région de Chlef contre les aleurodes sur agrumes [68].....	30
Tableau 2 : Les principaux champignons entomopathogènes d' <i>A.floccosus</i> et de <i>D.citri</i> [70].....	34
Tableau 3 : Les principaux prédateurs naturels d' <i>A.floccosus</i> et de <i>D.citri</i> [70]....	35
Tableau 4 : Les principaux parasitoïdes de l'aleurode des agrumes [70]	41
Tableau 5 : Les principaux parasitoïdes de l'aleurode floconneux [70].	45
Tableau 6 : Définition du type de climat et d'hiver [187]	53
Tableau 7 : Description des vergers d'étude	58
Tableau 8 : Les principaux caractères morphologiques de l'aleurode des citrus et l'aleurode floconneux	67
Tableau 9 : Périodes d'émergences approximatives des deux espèces d'aleurodes observées dans les vergers étudiés durant la période d'échantillonnage	110
Tableau 10 : Présence-absence des principales espèces végétales inventoriées dans les vergers d'étude	133
Tableau 11 : Caractéristiques écologiques des vergers d'étude	134
Tableau 12 : Corrélations de Pearson relatives aux caractéristiques écologiques du couvert végétal dans les vergers d'étude	134
Tableau 13 : Abondances des parasitoïdes en relation avec les recouvrements en végétation spontanée au niveau des vergers étudiés.	137
Tableau 14 : Indices écologiques des assemblages saisonniers d'entomophages et valeurs de significativité des différences entre les indices (Past 3.17, test des bootstrap).....	139
Tableau 15 : Probabilités associées à la comparaison des diversités (pentes des droites de Motomura) entre les communautés saisonnières des auxiliaires dans le verger de clémentinier.....	141
Tableau 16 : Pourcentages de contribution des taxons (n=40) aux différences d'abondances entre les communautés saisonnières d'auxiliaires durant la période de suivi. (Contr.% : pourcentage de contribution, F.Eté : communauté de fin de l'été 2013, Aut 13 : communauté d'automne 2013, D. Eté 14 : communauté du début été 2014, Prts 14 : communauté de printemps 2014).	144
Tableau 17 : Principales espèces d'auxiliaires entomophages et périodes de pics d'abondance au niveau du verger de Chlef 1	148

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Origine des formes cultivées d'agrumes [35]	7
Figure 2 : Quelques espèces d'aleurodes ravageurs des agrumes [67].....	12
Figure 3 : Œufs d' <i>A.floccosus</i> disposés en cercle (A), en demi-cercle (B), fraîchement déposés (blancs) et matures (bruns) (C) [71]; [76]	15
Figure 4 : Les stades larvaires d' <i>A.floccosus</i> : Larves 1 ^{er} stade (A); Larves 2 ^{eme} stade (B); Larves 3 ^{eme} et 4 ^{eme} stade caractérisées par des sécrétions cireuses sous forme de gouttelette de mélasse ségréguée au niveau de l'orifice vasiforme (C) ; masse cotonneuse blanchâtre sur la face inférieure des citrus (D) [71]; [76]; [67].....	16
Figure 5 : Morphologie générale du puparium d' <i>A.floccosus</i> : ouverture en fente verticale du puparium après sortie de l'adulte (A); Vue dorsale du puparium (B); vue dorso-ventrale globale du puparium (C) [79]; [80]	17
Figure 6 : Adultes d' <i>A.floccosus</i> sur la face inférieure des feuilles d'agrumes [71]; [75].....	18
Figure 7 : Cycle de développement de l'aleurode floconneux (Originale)	19
Figure 8 : Dégâts de l'Aleurode floconneux sur jeunes feuilles : masse cotonneuse sur la face inférieure des feuilles (A) ; fumagine sur la face supérieure des feuilles d'agrumes (B) [24] ; [75].....	21
Figure 9 : Les œufs de <i>Dialeurodes citri</i> [96], photo originale à droite (grossissement x200).....	22
Figure 10 : Les différents stades larvaires de <i>D.citri</i> sur une feuille d'agrumes: (L1 : Larve du 1 ^{er} stade ; L2 : Larve du 2 ^{eme} stade; L3 : Larve du 3 ^{eme} stade) (A); Les yeux sont observés dans le stade final de développement (L4 : 4 ^{eme} stade) (B) [93]; [91]	24
Figure 11 : Puparium vide après l'émergence de l'adulte (A,B); Trachée thoracique marginale (C); orifice vasiforme de <i>Dialeurodes citri</i> (D) [96]; [98]	25
Figure 12 : Adultes de <i>D.citri</i> sur la face inférieure des feuilles d'agrumes [91]; [99]	26
Figure 13 : Cycle de vie de l'aleurode des Citrus <i>Dialeurodes citri</i> [95]; [104] modifiée	27
Figure 14 : Infestation de <i>Dialeurodes Citri</i> sur les citrus : fumagine sur la face inférieure des feuilles (A); couverture noire (fumagine) sur le fruit d'orange favorisée suite à la sécrétion du miellat par les larves (B) [106] ; originale (B)	28
Figure 15 : <i>Aschersonia aleyrodinis</i> couvrant les larves de <i>D.citri</i> (A); <i>Aschersonia</i> sp attaquant une colonie d' <i>A.floccosus</i> (B) [133]; [93]	33
Figure 16 : Œufs de <i>C.arcuatus</i> pondu à côté des œufs d' <i>A.floccosus</i> (A) ; Larve de <i>C.arcuatus</i> dévorant un adulte d' <i>A.floccosus</i> (B); pupa de <i>C.arcuatus</i> (C); Adulte et larve de <i>C.arcuatus</i> (D) [140].	37
Figure 17 : <i>Chrysoperla carnea</i> : cycle de vie de <i>C.carnea</i> (A) ; Larve de <i>C.carnea</i> dévorant des larves d' <i>A.floccosus</i> (B) [152]; Originale (B))	38

Figure 18 : les Coniopterygidae prédateurs d'aleurodes Larve de <i>C.psociformis</i> (A), adulte de <i>C.psociformis</i> (B) ; larve de <i>S.aleyrodiformis</i> (C), adulte de <i>S.aleyrodiformis</i> (D) [155].	40
Figure 19 : Les parasitoïdes de l'aleurode des citrus : Larve d' <i>Encarsia lahorensis</i> développée à l'intérieur d'une larve de <i>D.citri</i> (A) : pore de sortie d' <i>E.lahorensis</i> (B) : Adulte d' <i>E.lahorensis</i> déposant des œufs à l'intérieur des larves de <i>D.citri</i> (C) : Adulte d' <i>E.lahorensis</i> en recherche d'une larve de <i>D.citri</i> (D) [166]; [160]	42
Figure 20 : Les parasitoïdes de l'aleurode floconneux: Larves d' <i>A.floccosus</i> parasitées par <i>Amitus spiniferus</i> (A), (B) : Adulte d' <i>A.spiniferus</i> (C) : Adulte de <i>Signiphora aleyrodidis</i> (D) [140]; [171].	43
Figure 21 : Adulte de <i>Cales noacki</i> parasitant des larves d' <i>A.floccosus</i> (A), (B) : Larve de <i>C.noacki</i> dépourvue de soies caractéristiques des larves de l'aleurode floconneux (C) : puparium d' <i>A.floccosus</i> vide avec pores de sortie des <i>C.noacki</i> (D) [140]; [160]; [85].	44
Figure 22 : Variabilité des températures mensuelles (A) et moyennes annuelles (B) durant la période 2012-2016 au niveau de la région de Chlef [180].	50
Figure 23 : Précipitations moyennes mensuelles (A) et annuelles (B) de 2012-2016 au niveau de la région de Chlef [180].	51
Figure 24 : Diagramme ombrothermique de la région de Chlef de la période de 2012-2016 [180].	52
Figure 25 : Climagramme d'Emberger de la région de Chlef (2009-2017) [180].	53
Figure 26 : Répartition des vergers d'étude au niveau de la région agrumicole de Chlef.	55
Figure 27 : Répartition géographique des vergers d'études (verger 1 : Chlef 1 ; Verger 2 : Oued sly ; verger 3 : Chlef 2 ; verger 4 : Chettia ; verger 5 : Boukader ; verger 6 : Oued fodda) (Google earth)	57
Figure 28 : Technique d'échantillonnage des rameaux porteurs des feuilles (1) et échantillonnage des populations sur les quatre directions cardinales (2) [N : nord, S : sud, E : est, O : ouest].	60
Figure 29 : Emplacement des pièges jaunes englués au niveau des arbres d'agrumes	61
Figure 30 : Les principales caractéristiques morphologiques des prédateurs et parasitoïdes des aleurodes inféodées aux agrumes	65
Figure 31 : Logigramme du montage microscopique permanent des puparium d'aleurodes [213]; [104].	66
Figure 32 : Les principaux caractères morphologiques distincts d' <i>A.floccosus</i> et <i>D.citri</i> [104]; [213]; [214]; [215].	68
Figure 33 : Principales caractéristiques morphologiques spécifiques à l'aleurode floconneux (original)	74
Figure 34 : Principales caractéristiques morphologiques spécifiques à l'aleurode des citrus (original)	75
Figure 35 : Les prédateurs et parasitoïdes associés aux populations d'Aleyrodidae rencontrés au niveau des vergers agrumicoles étudiés.	76

Figure 36 : Variabilité et évolution des taux d'infestation des populations larvaires (inf_L) et adultes (inf_ad) d' <i>A.floccosus</i> durant la période d'échantillonnage à Oued Sly	79
Figure 37 : Variation des paramètres climatiques durant la période d'échantillonnage au niveau de la région agrumicole de Oued Sly (P, TM, Tm, T, v, H% : valeurs de la: pluviométrie, températures mensuelles maximale minimale et mensuelle moyenne, de la vitesse du vent et de l'humidité relative).....	79
Figure 38 : Evolution de l'abondance des adultes par observation directe sur le feuillage (A) et à travers les pièges jaunes englués (B) au niveau du verger de Oued Sly (1 ^e PS, 2 ^e PS, 3 ^e PS: 1 ^{ere} 2 ^{eme} et 3 ^{eme} poussées de sève).	80
Figure 39 : Variabilité et évolution de l'abondance de l'aleurode floconneux sur le feuillage au niveau du verger de Oued sly (Lv : Larves vivantes, Lm : Larves mortes, Pu_v : Pupariums vides, Lp : Larve parasitées)	82
Figure 40 : Taux de parasitisme mensuel et global des larves d' <i>A.floccosus</i> par son parasitoïde spécifique <i>Cales noacki</i> au niveau du verger de Oued Sly (A) ; nombre de parasitoïdes émergées des pièges d'élevages au laboratoire (B).....	82
Figure 41 : Pourcentages respectifs de la répartition saisonnière des adultes et des larves de l'aleurode floconneux selon l'exposition au niveau du verger de Oued Sly (P : printemps, E : été, A : automne)	83
Figure 42 : Résultats de l'Analyse de la répartition temporelle des populations adultes et larvaires d' <i>A.floccosus</i> selon l'exposition (Modèle linéaire global, Systat vers. 13.2)	84
Figure 43 : Taux d'infestations des populations larvaires (inf_L) et adultes (Inf_ad) de <i>D.citri</i> en relation avec les variations mensuelles des paramètres climatiques au niveau du verger de Chlef 1(P, TM, Tm, T, v, H% : valeurs de la: pluviométrie, températures mensuelles maximale minimale et mensuelle moyenne, de la vitesse du vent et de l'humidité relative).....	86
Figure 44 : Taux d'infestations des populations larvaires (inf_L) et adultes (Inf_ad) de <i>D.citri</i> en relation avec les paramètres climatiques au niveau des vergers de Chlef 2 (P, TM, Tm, T, v, H% : valeurs de la: pluviométrie, températures mensuelles maximale minimale et mensuelle moyenne, de la vitesse du vent et de l'humidité relative).	88
Figure 45 : Taux d'infestations des populations larvaires (inf_L) et adultes (Inf_ad) de <i>D.citrien</i> relation avec les paramètres climatiques au niveau des vergers de Chlef 2 (P, TM, Tm, T, v, H% : valeurs de la: pluviométrie, températures mensuelles maximale minimale et mensuelle moyenne, de la vitesse du vent et de l'humidité relative).	89
Figure 46 : Taux d'infestations des populations larvaires (inf_L) et adultes (Inf_ad) de <i>D.citri</i> en relation avec les paramètres climatiques au niveau du verger du Oued Fodda(P, TM, Tm, T, v, H% : valeurs de la: pluviométrie, températures mensuelles maximale minimale et mensuelle moyenne, de la vitesse du vent et de l'humidité relative).	91
Figure 47 : Taux d'infestations des populations larvaires (inf_L) et adultes (Inf_ad) de <i>D.citrien</i> relation avec les paramètres climatiques au niveau du verger de	

Boukader(P, TM, Tm, T, v, H% : valeurs de la: pluviométrie, températures mensuelles maximale minimale et mensuelle moyenne, de la vitesse du vent et de l'humidité relative).	92
Figure 48 : Variation populationnelle des adultes de <i>D. citri</i> de juillet 2013 à Juin 2014 au niveau du verger de Chlef 1 sur le feuillage (A) à travers les captures (B)(1 ^e PS, 2 ^e PS, 3 ^e PS: 1 ^{ere} 2 ^{eme} et 3 ^{eme} poussées de sève)	94
Figure 49 : Variation populationnelle des adultes de <i>D. citri</i> sur le feuillage (A) et à travers les captures (B) de juillet 2014 à Juin 2015 au niveau du verger de Chlef 2 (1 ^e PS, 2 ^e PS, 3 ^e PS: 1 ^{ere} 2 ^{eme} et 3 ^{eme} poussées de sève)	95
Figure 50 : Variation populationnelle des adultes de <i>D. citri</i> sur le feuillage (A) et à travers les captures (B) de juillet 2014 à Juin 2015 au niveau du verger de Chettia(1 ^e PS, 2 ^e PS, 3 ^e PS: 1 ^{ere} 2 ^{eme} et 3 ^{eme} poussées de sève).....	96
Figure 51 : Variation populationnelle des adultes de <i>D. citri</i> sur le feuillage (A) et à travers les captures (B) de juillet 2014 à Juin 2015 au niveau du verger de Oued fouda (1 ^e PS, 2 ^e PS, 3 ^e PS: 1 ^{ere} 2 ^{eme} et 3 ^{eme} poussées de sève)	97
Figure 52 : Variation populationnelle des adultes de <i>D.citri</i> sur le feuillage (A) et à travers les captures (B) de juillet 2014 à Juin 2015 au niveau du verger de Boukader (1 ^e PS, 2 ^e PS, 3 ^e PS: 1 ^{ere} 2 ^{eme} et 3 ^{eme} poussées de sève).....	98
Figure 53 : Evolution des abondances mensuelle et globale des états larvaires de <i>D.citri</i> sur le feuillage (Lv : Larves vivantes, Lm : Larves mortes, Pu_v : Pupariums vides)	101
Figure 54 : Evolutions globales comparées des abondances des états larvaires de <i>D.citri</i> sur le feuillage (Lv : Larves vivantes, Lm : Larves mortes, Pu_v : Pupariums vides)	103
Figure 55 : Pourcentages respectifs de la répartition saisonnière des populations adultes de <i>D.citri</i> selon l'exposition (P : printemps, E : été, A : automne)	105
Figure 56 : Analyse de la répartition temporelle des populations adultes <i>D.citri</i> selon l'exposition (GLM) au niveau des vergers d'étude.....	106
Figure 57 : Pourcentages respectifs de la répartition saisonnière des populations larvaires de <i>D.citri</i> selon l'exposition (P : printemps, E : été, A : automne)	107
Figure 58 : Analyse de la répartition temporelle des populations larvaires <i>D.citri</i> selon l'exposition (GLM) au niveau des vergers d'étude.....	108
Figure 59 : Evolution de l'abondance des auxiliaires d' <i>A.floccosus</i> capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Oued sly	111
Figure 60 : Evolution de l'abondance des prédateurs (A) et des parasitoïdes (B) associés à l'aleurode floconneux au niveau du verger de Oued sly.....	112
Figure 61 : Analyse multivariée « AFC » représentant la distribution de l'aleurode floconneux et ses auxiliaires capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Oued sly (juillet 2013-juin 2014).....	113
Figure 62 : Classification hiérarchique de la phénologie de l'aleurode floconneux et ses auxiliaires associés dans le temps au niveau du verger de Oued sly (juillet 2013- juin 2014)	114
Figure 63 : Evolution de l'abondance des auxiliaires adultes de <i>D.citri</i> capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Chlef 1.....	116

Figure 64: Evolution de l'abondance spécifique des prédateurs (A) et des parasitoïdes (B) associés à l'aleurode des citrus au niveau du verger de Chlef 1	117
Figure 65 : Analyse multivariée «AFC» représentant la distribution de <i>D.citri</i> et ses auxiliaires capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Chlef 1 (juillet 2013- juin 2014).....	118
Figure 66 : Classification hiérarchique de la phénologie de <i>D.citri</i> et ses auxiliaires associés dans le temps au niveau du verger de Chlef 1 (juillet 2013- juin 2014)	118
Figure 67 : Evolution de l'abondance des auxiliaires adultes de <i>D.citri</i> capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Chlef 2.....	119
Figure 68 : Evolution de l'abondance des prédateurs (A) et du parasitoïde (B) associés à l'aleurode des citrus au niveau du verger de Chlef 2.....	120
Figure 69 : Analyse multivariée «AFC» représentant la distribution de <i>D.citri</i> et ses auxiliaires capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Chlef 2 (juillet 2014- juin 2015).....	121
Figure 70 : Classification hiérarchique de la phénologie de <i>D.citri</i> et ses auxiliaires associés dans le temps au niveau du verger de Chlef 2 (juillet 2014- juin 2015)	121
Figure 71 : Evolution de l'abondance des auxiliaires adultes de <i>D.citri</i> capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Chettia.....	122
Figure 72 : Evolution de l'abondance des prédateurs (A) et du parasitoïde (B) associés à l'aleurode des citrus au niveau du verger de Chettia.....	123
Figure 73 : Analyse multivariée «AFC» représentant la distribution de <i>D.citri</i> et ses auxiliaires capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Chettia (juillet 2014- juin 2015).....	124
Figure 74 : Classification hiérarchique de la phénologie de <i>D.citri</i> et ses auxiliaires associés dans le temps au niveau du verger de Chettia (juillet 2014- juin 2015)	125
Figure 75 : Evolution de l'abondance des auxiliaires adultes de <i>D.citri</i> capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Oued fouda	126
Figure 76 : Evolution de l'abondance des prédateurs (A) et du parasitoïde (B) associés à l'aleurode des citrus au niveau du verger de Oued fouda	127
Figure 77 : Analyse multivariée «AFC» représentant la distribution de <i>D.citri</i> et ses auxiliaires capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Oued fouda (juillet 2015- juin 2016).....	128
Figure 78 : Classification hiérarchique de la phénologie de <i>D.citri</i> et ses auxiliaires associés dans le temps au niveau du verger de Oued fouda (juillet 2015- juin 2016).....	128
Figure 79 : Evolution de l'abondance des auxiliaires adultes de <i>D.citri</i> capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Boukader.....	129
Figure 80: Evolution de l'abondance des prédateurs (A) et du parasitoïde (B) associés à l'aleurode des citrus au niveau du verger de Boukader.....	131
Figure 81 : Analyse multivariée «AFC» représentant la distribution de <i>D.citri</i> et ses auxiliaires capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Boukader (juillet 2015- juin 2016).....	132

Figure 82 : Classification hiérarchique de la phénologie de <i>D.citri</i> et ses auxiliaires associés dans le temps au niveau du verger de Boukader (juillet 2015- juin 2016)	132
Figure 83 : Projection des taux de recouvrement végétal (%) des vergers d'étude sur le plan factoriel F1xF2 de l'AFC.	135
Figure 84 : Dendogramme de la classification hiérarchique des variables des recouvrements végétaux dans les différents vergers d'étude.	136
Figure 85 : Relation entre le recouvrement végétal des vergers étudiés et l'abondance globale des parasitoïdes	138
Figure 86 : Composition taxonomique et hiérarchisation saisonnière des communautés d'auxiliaires capturées dans le verger de clémentinier ((A) communauté du fin été 2013, (B) communauté de l'automne 2013, (C) communauté de printemps 2014, (D) communauté de début été 2014, voir le tableau 4 pour la légende des abréviations des taxons).....	142
Figure 87 : Variation saisonnière des groupes fonctionnels d'entomophages dans le verger de clémentinier	145
Figure 88 : Fluctuations temporelles des principales espèces de prédateurs, parasitoïdes primaires et secondaires et leurs abondances relatives durant la période d'échantillonnage	147

INTRODUCTION

L'arboriculture fruitière fait partie intégrante de la vie économique et sociale chez les pays producteurs au niveau mondiale; elle constitue les produits de transformation en plusieurs dérivés en particulier les jus, les confitures et mêmes quelques essences [1].

Au monde, les agrumes sont considérés comme les fruits les plus produits et sont cultivés dans plus de 80 pays [2]. En région méditerranéenne, la culture des citrus est devenue un secteur important jouant ainsi un grand rôle dans l'alimentation des populations et le développement économiques des pays producteurs [3].

Une large gamme de produits est obtenue par extraction des fruits d'agrumes, englobant des huiles essentielles, des antioxydants et autres composés [2]. Selon Gorinstein *et al.* [4], ces fruits sont très riches en vitamines C (40 à 80 mg/100g) et en calcium (20 à 40 mg /100g) totalisant une valeur énergétique variant de 32 à 45 kcal/100g.

En Algérie, les grandes zones agrumicoles sont situées dans le nord du pays avec une superficie de 63.589 ha et une production annuelle estimée à 1 372 000,4 tonnes, dont 1 025 000,5 tonnes d'orange produites en 2016 [5]; [6]. La production algérienne en agrumes est relativement modeste (10 tonnes/hectare) comparativement à celle de nombreuses régions productrices d'agrumes dans le monde, où le rendement annuel moyen des vergers adultes varie entre 30 et 35 tonnes/ha ou plus [7].

La région de Chlef est considérée comme la deuxième région de production d'agrumes en Algérie avec plus de 5000 ha de superficie dont près de 90% sont représentés par d'anciennes plantations héritées de l'époque coloniale [8].

Ces anciens vergers sont gravement touchés par les maladies et cette situation est susceptible de s'étendre à tous les agrumes. Ajoutant ainsi l'instabilité

organisationnelle et structurelle du secteur agricole du pays conduisant à des évolutions très contrastées de la production agricole, engendrant des rendements faibles qui n'ont pas progressé depuis les années soixante [9].

Les importantes sécheresses qui réduisent l'eau disponible pour l'irrigation, les pratiques culturales inadaptées, le vieillissement des vergers d'agrumes existants ainsi que l'augmentation des problèmes de ravageurs et de maladies sont parmi les facteurs les plus importants expliquant la baisse des rendements, d'après la FAO [7].

Malgré qu'ils soient longtemps considérés comme une culture nécessitant peu d'entretien [10], leur développement dépend de plusieurs conditions dont la bonne gestion phytosanitaires en constitue le pilier.

Les agrumes sont en effet, la cible d'attaque de plusieurs ravageurs causant des dégâts considérables [11]; [12]; [13]. Les ravageurs peuvent endommager la production d'agrumes directement, par exemple, en se nourrissant de feuilles, de racines ou de fruits, ou indirectement, en servant de vecteurs à des micro-organismes pathogènes [14]. Plus de 300 espèces d'insectes, 24 acariens, 17 nématodes et plusieurs vertébrés ont été signalés dans les vergers agrumicoles, et la plupart de ces ravageurs ne constituent pas une vraie menace, mais ils développent au moins une partie de leur cycle de vie dans ces vergers et causent des dommages occasionnels [15]. Sahraoui [13] signale en 2010, que la chute de la production en agrumes, serait essentiellement due aux dégâts occasionnés par les maladies et les ravageurs qui sont prédominants dans les vieilles plantations.

Les aleurodes figurent parmi leurs principaux ennemis [16]. L'aleurode floconneux, *Aleurothrixus floccosus* Maskell, et l'aleurode des citrus, *Dialeurodes citri*, sont les principales espèces de mouches blanches causant des dégâts économiquement importants dans le monde [15]; [17]; [18]; [19]; [20]. L'aleurode floconneux a été introduit accidentellement en Algérie (Oranie) en 1981 depuis l'Espagne ou le Maroc [21]. Par contre, aucun rapport n'a été établi sur la première

installation de l'aleurode des citrus. Probablement, cette espèce aurait colonisé la région de Chlef, quelques années plus tard à partir de la plaine de Mitidja.

Les ravageurs Aleyrodidae se nourrissent exclusivement de jeunes feuilles apparaissant en grande partie en période de poussée de sève. Plusieurs travaux réalisés ont montré la relation étroite entre les périodes d'apparition des nouvelles pousses tendres des citrus et la pullulation de certains ravageurs potentiels tel que la mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella* [22] et en l'occurrence l'aleurode floconneux *Aleurothrixus floccosus* [23]. Les larves d'aleurodes produisent de grandes quantités de miellat collant suite à leur alimentation, à partir de la surface inférieure des feuilles des citrus causant des dégâts considérables [24]. Malheureusement, les méthodes de lutte chimique ont une faible efficacité contre ces mouches blanches [25]; [26] et le recours à l'utilisation de la lutte biologique s'impose devant les pullulations de ces ravageurs.

En effet, plusieurs ennemis naturels peuvent être utilisés pour combattre les aleurodes. Parmi eux figurent des coccinelles prédatrices spécifiques (*Clitostethus arcuatus*) et des prédateurs polyphages tels que *Chrysoperla carnea* et *Semidalis aleyrodiformis*, il ya lieu de signaler également des parasitoïdes Hyménoptères, Aphelinidae, très efficaces comme *Encarsia lahorensis*, parasitoïde très actif de l'aleurode des citrus et *Cales noacki* considéré comme le principal agent de lutte biologique contre l'aleurode floconneux au monde [15]; [24]; [27]; [28]; [29] et en Algérie [21]; [30].

La connaissance et la compréhension de la relation entre les périodes de l'apparition des nouvelles pousses et les pullulations des ravageurs inféodés aux agrumes en l'occurrence les aleurodes peuvent être un moyen de surveillance très efficace pour une approche globale de lutte intégrée [22]. En outre, les ennemis naturels subissent l'influence de plusieurs facteurs écologiques en particulier le couvert végétal adventice existant au niveau des vergers agrumicoles assurant ainsi une source d'alimentation en pollen pour la plupart des adultes de parasitoïdes.

C'est dans cette approche, que cette étude a eu lieu dans six vergers sélectionnés au niveau de la région agrumicole de Chlef. Peu d'études sur les interactions des ennemis naturels avec leurs ravageurs ont eu lieu au niveau des écosystèmes agrumicoles algériens, dont une récente étude réalisée par Moustefaoui [31] au niveau de la Mitidja. Cependant aucun travail n'a été réalisé en région Chélifienne.

Les objectifs de ce travail sont développés comme suit:

i) La Distribution spatiotemporelle des deux espèces de mouches blanches inventoriées au niveau de la région d'étude, en étudiant la distribution des différentes phases de leur développement sur le feuillage des arbres d'agrumes.

ii) Le suivi et l'analyse des fluctuations annuelles d'abondances des populations des deux espèces de mouches blanches ainsi que leurs auxiliaires circulants au niveau des vergers d'études.

iii) L'analyse comparée des périodes d'activité et des pics d'abondance des deux espèces d'aleurodes sous l'influence des paramètres climatiques et du couvert végétal des vergers d'étude.

iv) L'étude de la diversité spécifique des parasitoïdes et prédateurs autochtones pouvant être utiles dans un programme de lutte contre les aleurodes des agrumes au niveau d'un verger de clémentinier.

Cette étude permettra d'apprécier la relation qui lie les mouches blanches et leurs auxiliaires tout en montrant les périodes de grandes activités des aleurodes sous les conditions particulières de la région de Chlef ainsi que la diversité des ennemis naturels circulant au niveau des vergers, permettant ainsi d'établir un calendrier de surveillance utile pour prévoir les infestations.

Afin de faciliter la lecture de ce mémoire, cinq chapitres son structurés comme suit:

- ❖ Une introduction générale comportant les principaux objectifs visés et les problématiques posées.
- ❖ Un premier chapitre dédié pour une recherche bibliographique sur la bioécologie des Aleyrodidae et leurs faunes auxiliaires associés tout en montrant l'intérêt des agrumes dans le monde et en Algérie.
- ❖ Un second chapitre, est consacré à la présentation de la région d'étude et la méthodologie de travail.
- ❖ Un troisième chapitre, comprend les résultats auxquels nous avons aboutis.
- ❖ Un quatrième chapitre est dédié à une discussion de nos résultats en comparaison avec différents travaux déjà réalisés dans le monde, en Méditerranée ainsi qu'en Algérie.
- ❖ Enfin une conclusion générale accompagnée de perspectives achève ce travail.

Chapitre I

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1 Les agrumes et leurs ravageurs Aleyrodidae

1.1 Les agrumes dans le Monde et en Algérie

L'agrumiculture est pratiquée depuis plus de 4000 ans [32]; [33]. Les citrus ou « acrumen » en latin, sont des arbres et des arbustes originaires de l'Asie du Sud-est caractérisée par des climats chauds et humides, mais ils se rencontrent sur les cinq continents [34].

La région méditerranéenne constitue la première région productrice de fruits frais dont l'Espagne est le producteur principal. Ollitrault *et al.* [35] attribuent l'origine de la diversité génétique des agrumes à quatre taxons structurant le genre *Citrus* : le pamplemoussier (*Citrus maxima* (Burm. f.)), le *Citrus micrantha* Wester, le cédratier (*Citrus medica* L.) et le mandarinier (*Citrus reticulata* Blanco) (Fig.1).

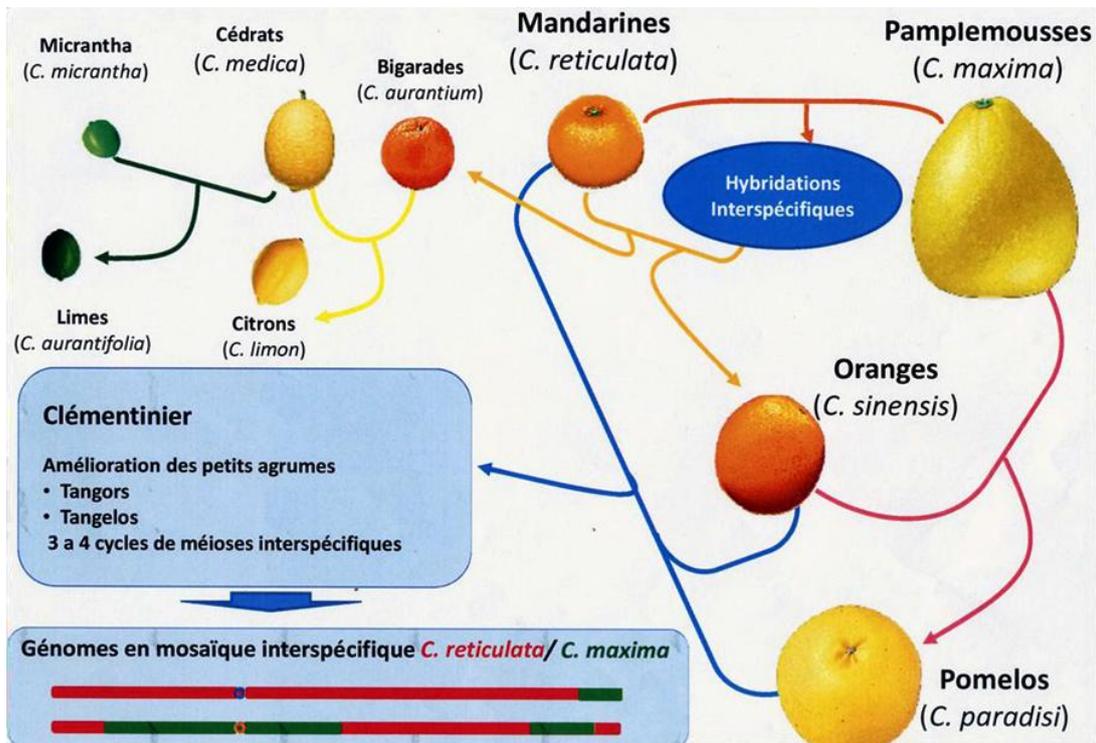


Figure 1 : Origine des formes cultivées d'agrumes [35]

La FAO [6], estime qu'au cours de la campagne 2016/2017, la production mondiale d'agrumes s'élève à 124 millions de tonnes avec plus de 66 millions de

tonnes d'oranges. Cette production annuelle a été caractérisée par une baisse de près de 6 millions de tonnes par rapport à la campagne de 2015/2016 qui est due principalement à la chute de la production des oranges estimée à 1,5 millions de tonnes.

En Algérie, les terres agricoles ne représentent que 17,8 % de la grande superficie totale du pays dont 1 087 700 ha sont improductifs et 8 423 340 ha sont fertiles et consacrés pour les exploitations agricoles, avec près de 63 589 ha dédiées aux plantations agrumicoles [8]. La production d'agrumes totale a atteint au cours de la campagne agricole 2016/2017 près de 1 372 milles de tonnes, dont plus de 1 025 milles de tonnes d'oranges produites [6]. Les oranges occupent la majeure partie du marché en raison de l'utilisation industrielle intensive des jus consommés en tant que produit frais [36].

La région de Chlef, compte parmi les zones potentielles productrices d'agrumes, dont la surface agrumicole atteint 5 956,5 ha avec une production annuelle avoisinant 1 098 680 quintaux (rendement 20 T/ha) [37].

Selon Larousse [38], les agrumes se développent sous des températures moyennes oscillant entre 13°C et à 39°C, avec des besoins en eau de 120 mm/mois au minimum (1200 à 1500 mm/an), souvent complétés par l'irrigation. Les *citrus* sont sensibles à la salinité et préfèrent des sols légers et bien drainés avec des pH variant entre 5,5 et 7,5 [39].

1.2 Phénologie et poussées de sève

La phénologie d'après Agusti *et al.* [40] est définie comme étant la science qui traite des phénomènes biologiques périodiques, tels que la germination, la floraison, la maturation du fruit, etc., liés au climat et surtout aux changements saisonniers auxquels les plantes sont soumises, et du point de vue agronomique, sa connaissance permet d'extraire des conséquences par rapport à un certain microclimat, et vice versa. D'un point de vue économique, ces données, convenablement traitées, permettent de prédire l'apparition éventuelle d'un

organisme nuisible, la nécessité d'effectuer une fertilisation spécifique ou l'application d'un produit hormonal [40] ; [22].

Les feuilles des agrumes sont persistantes, ne chutent pas en automne et par conséquent, peuvent avoir un âge supérieur à 1 an [14]. La croissance et le développement de la frondaison se fait sous forme de poussée foliaire, flux végétatifs qui s'alternent avec des périodes de repos végétatif des arbres. Néanmoins même en climat tropical (humide) avec des conditions permettant une activité végétative continue, les *citrus* entrent en période de vie ralentie [41].

Selon Carver [42], en Australie les poussées végétatives des *citrus* sont suffisamment distinctes pour que les pucerons tels *Toxoptera citricidus* ne puissent pas se maintenir continuellement sur l'arbre. Par contre en climat équatorial, les pousses sont plus rares et définies par les pluies [43].

Dans les zones climatiques plus chaudes de la région subtropicale [14], révèle que le nombre de poussées de sève peut atteindre 3, 4 et 5 par an alors que dans les zones tropicales chaudes et humides, l'apparition et le développement de jeunes feuilles est presque continu.

En région méditerranéenne, les *citrus* présentent trois poussées phénologiques successives et distinctes [1]; [39]; [44]: Une première est la plus importante au printemps (de la fin février au début mai) se caractérise par une élongation des ramifications et le développement de jeunes feuilles vertes claires, très distinctes des autres feuilles plus âgées colorées en vert sombre sur ces nouvelles ramifications apparaissent en avril-mai les boutons floraux, puis les fleurs. Une deuxième poussée apparaît en été (courant juillet-août), plus ou moins importante selon les températures, les irrigations et la vigueur des arbres et enfin la troisième pousse automnale, dite pousse d'automne apparaît entre octobre et fin novembre, assurant en partie le renouvellement de la frondaison.

Les jeunes pousses sorties sont le résultat du flux de sève qui commande le développement végétatif de l'arbre, se traduisant par une intense activité d'absorption au niveau du système racinaire et des synthèses chlorophylliennes

au niveau de la frondaison [1]. En général, la floraison est associée à la première poussée de sève [45], en accompagnant avec des feuilles, ainsi que des fruits de différents âges [39].

Berk [14], précise que les feuilles des citrus sont les organes de la photosynthèse, de la transpiration et des échanges gazeux. Elles représentent les principaux indicateurs de l'état de santé de l'arbre, des carences en nutriments, des maladies et des attaques de la plupart des ravageurs dont les symptômes apparaissent sous la forme de changements dans la couleur, la taille, des déformations, etc.

1.3 Les ravageurs Aleyrodidae des agrumes

Les arbres d'agrumes sont fréquemment infestés par les insectes appartenant à l'ordre des Homoptères et en particulier la famille des Aleyrodidae [46].

Selon Begum *et al.* [47], les mouches blanches (Hemiptera: Aleyrodidae) constituent un problème majeur pour les agriculteurs du monde entier. Ces ravageurs tirent leur nom commun de la sécrétion blanche et cireuse poudrée sur le corps et les ailes de la plupart des adultes. La racine grecque "aleuro" signifie "farine", et tous les adultes et les larves se nourrissent en ingérant la sève du phloème [48].

Environ 1560 espèces de mouches blanches ont été décrites, avec peut-être deux ou trois fois plus d'espèces en attente de collecte et d'étude taxonomique [48]; [49]. Mound et Halsey [50], ont recensé plus de soixante espèces de mouches blanches sur les citrus. La grande majorité d'entre eux n'ont pas un effet néfaste sur la culture, quelques-unes seulement peuvent produire des pertes économiques importantes [51]. Dans les zones tropicales et subtropicales, la plupart des espèces d'aleurodes causent des dommages, mais certaines peuvent occasionnellement les causer dans des latitudes plus au Nord [52] ; [53].

Les principaux genres de mouches blanches regroupant les principales espèces sont, *Acaudaleyrodes*, *Aleurocanthus*, *Aleurodicus*, *Aleurolobus*, *Aleyrocybotus*, *Aleuroplatus*, *Aleurothrixus*, *Aleurotrachelus*, *Aleurotuberculatus*, *Bemisia*, *Ceraleurodicus*, *Dialeurodes*, *Dialeurolonga*, *Hexaleurodicus*, *Metaleurodicus*, *Orchamoplatus*, *Parabemisia*, *Paraleyrodes*, *Tetraleurodes* et *Trialeurodes* [54]; [32]. Cependant, seulement six espèces sont actuellement des ravageurs importants, ce sont surtout, *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance), *Dialeurodes citrifolii* (Morgan), *Aleurocanthus woglumi* (Ashby), *Aleurothrixus floccosus* (Maskell), *Dialeurodes citri* (Ashmead), *Parabemisia myricae* (Kuwana) [55] (Fig. 2). Ces trois dernières espèces sont considérées comme étant les principaux ennemis des agrumes au niveau du bassin méditerranéen et en Algérie [8]; [30]; [55]; [56]; [57]; [58]; [59]; [60].

Les larves de l'aleurode extraient la sève du phloème des tissus de la feuille, ce qui provoque le flétrissement et la chute des feuilles s'il y a de grandes populations, résultant ainsi d'une sécrétion de grandes quantités de miellat [32]; [61].

Les dommages se traduisent par une réduction de la productivité des cultures, due à l'extraction des hydrates de carbone et d'autres nutriments du phloème des plantes et à la sécrétion du miellat, qui peut contaminer directement les fruits ou couvrir la surface foliaire provoquant la croissance fongique de *Capnodium citri* agent causal de la fumagine [62]; [63].

Les effets combinés de l'alimentation par les larves et la présence de la fumagine peuvent entraîner la mort de jeunes arbres et de sérieuses réductions du rendement des fruits. Ces derniers deviennent noirs et ont un goût insipide [32]; [15], suite à l'augmentation de l'absorption thermique de la feuille, causée essentiellement par l'exposition au soleil des surfaces sombres. Cela entraîne une réduction de l'activité photosynthétique et respiratoire des feuilles due à la diminution de la lumière atteignant les cytochromes, et au blocage des stomates ainsi qu'à la limitation des échanges gazeux, entraînant la mort prématurée des tissus [46].

D'importants taux d'infestations par les aleurodes ont été signalés, et les pertes de production peuvent varier de 25 à 50% à cause de l'attaque de *D.citri* [64], contre des pertes atteignant jusqu'à 60% causées par *Aleurocanthus woglumi* [65], ainsi que près de 95% de dommages ont été enregistrés au niveau des arbres d'agrumes infestés par *Aleurothrixus floccosus* [66].



Aleurocanthus spiniferus



Parabemisia myricae

Figure 2 : Quelques espèces d'aleurodes ravageurs des agrumes [67]

2 Espèces de mouches blanches au niveau de la région agrumicole de Chlef

La baisse du rendement des agrumes en Algérie et plus particulièrement au niveau de la région de Chlef est due à plusieurs facteurs, notamment, le maintien d'un itinéraire technique traditionnel ne conférant pas les exigences quotidiennes des agrumes en eaux et éléments fertilisants, ajoutant la mauvaise gestion phytosanitaire rendant la plupart des vergers abandonnés et soumis aux attaques de divers ravageurs qui continuent à se propager et à pulluler en provoquant des dégâts considérables [37].

A Chlef, les aleurodes figurent parmi les principales espèces de déprédateurs causant des dommages importants sur les citrus, nécessitant ainsi un suivi particulier afin de diminuer leurs populations à des niveaux économiquement acceptables [68]. La station régionale de la protection des végétaux de Chlef estime avoir repéré seulement *Aleurothrixus floccosus* et *Dialeurodes citri* au niveau des vergers Chelifiens.

Peu de travaux sur les aleurodes des agrumes à Chlef ont été réalisés. Notons celui de Berkani en (1989) [30] sur l'aleurode floconneux (*A.floccosus*) et celui de Dellali et Tarfaoui en (2016) [69] sur la bioécologie de l'aleurode des citrus (*D.citri*) au niveau d'un verger agrumicole à Chlef.

2.1 La mouche blanche floconneuse des agrumes *Aleurothrixus floccosus* (Maskell)

Il existe vingt espèces du genre *Aleurothrixus*, dont 80% se trouvent au Mexique, en Amérique centrale et du Sud, et les îles des Caraïbes [19].

Selon Evans [70], l'espèce *A.floccosus* (Maskell) 1895, inféodée aux agrumes, est présente dans les zones biogéographiques néarctique, néo-tropicale, paléarctique occidentale, afro-tropicale du Paléarctique orientale et du Pacifique. C'est l'un des ravageurs les plus importants des citrus et les dégâts qu'il

provoque, la difficulté de sa lutte et son coût, conditionne l'ensemble des interventions phytosanitaires sur les agrumes [71].

Dans les pays méditerranéens, cet aleurode a été découvert en France en 1966, et deux ans plus tard en Espagne [26]; [72]. A partir des années 70, ce ravageur s'est propagé en Egypte, au Maroc et même en Algérie [71]. Cependant, Doumandji-Mitiche et Doumandji [73], rapportent que son introduction accidentelle en Algérie a eu lieu en 1981-1982 à Oran puis s'est rapidement étendu aux vergers d'agrumes de l'ouest (Tlemcen, Misserghine, Mohammadia); au printemps 1985, *A.floccosus* a atteint Alger (Hussein-dey) et quelques mois après, il a été signalé au niveau de la Mitidja et en 1986, il a été repéré à l'est du pays (Jijel, Skikda, Annaba). L'introduction de ce ravageur en Algérie semble être faite soit par le transport des adultes par le vent soit par des fragments de végétaux depuis le Maroc ou l'Espagne [73].

2.1.1 Description des stades de développement d'*A.floccosus*

En 1895, Maskell a décrit L'aleurode floconneux comme *Aleurodes floccosus*, et plus tard, en 1914, comme *Aleurothrixus floccosus* [74], c'est un Homoptère Aleyrodidae de la sous famille des Aleyrodinae. Les pupariums du genre *Aleurothrixus* sont menés d'une bordure marginale angulaire composée d'une chaîne de double rangée de dents, et d'un orifice vasiforme de petite taille de forme elliptique, il est ainsi facilement reconnaissable grâce à la présence d'une masse cotonneuse sécrétée sur les feuilles recouvrant ses larves (Quaintance et Baker in [74]).

2.1.1.1 Les œufs

L'œuf très petit a une forme ovoïde allongée de 0,17 mm de long et de couleur blanche [75]. Habituellement, les œufs sont pondus isolément en petits groupes, en cercles ou en demi-cercles (Fig. 3), et il est plus facile de les détecter grâce à une zone de poussière cireuse qui les entoure [24]; [76].

D'après Chermiti et Onillon [77], les œufs de l'aleurode floconneux sont pourvus d'un court pédoncule, inséré dans les tissus végétaux, pour le maintien de l'œuf et sa turgescence.

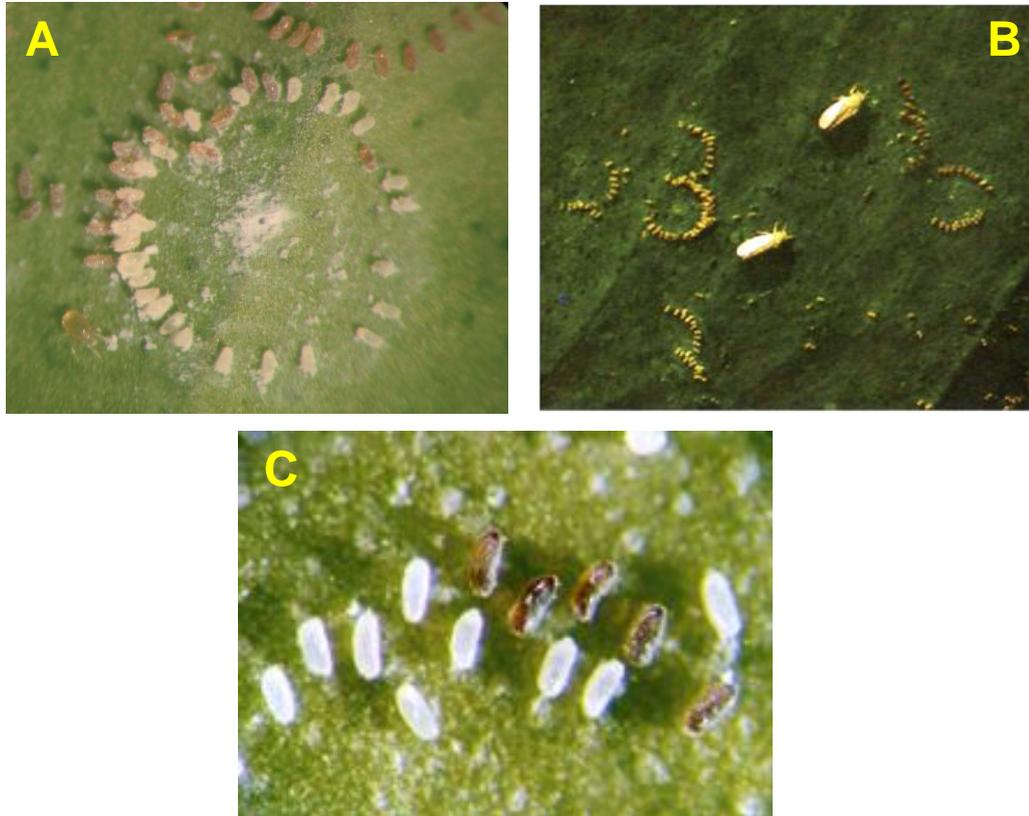


Figure 3 : Œufs d'*A. floccosus* disposés en cercle (A), en demi-cercle (B), fraîchement déposés (blancs) et matures (bruns) (C) [71]; [76]

2.1.1.2 Les larves (nymphe)

Les œufs déposés sur la face inférieure des feuilles éclosent peu de temps après et passe par quatre stades larvaires [26], ces larves sédentaires, de couleur verte claire se développent rapidement, formant des colonies denses, et excréant de grandes quantités de miellat de texture visqueuse. Les feuilles infestées deviennent noire et très collantes suite au développement de la fumagine. Les larves du troisième stade sécrètent également de longs fils de cire qui persistent tout au long du stade pseudo-pupal, en conséquence, les colonies semblent être couvertes par des masses de coton [78].

Selon Chermiti et Onillon [77], la larve du 1^{er} stade est le stade de dissémination de l'espèce au niveau de la feuille, elle est mobile pendant les premières heures de sa vie, elle ne tarde pas à se fixer à la face inférieure des feuilles; devient aveugle, ses antennes et ses pattes s'atrophient (Fig. 4 (A)), la larve du 2^{ème} stade est plus grande entourée d'une frange marginale de sécrétions cireuses plus ou moins découpée (Fig. 4 (B)) ; les larves du 3^{ème} et 4^{ème} stade se distinguent, en plus d'une notable augmentation de la taille (Fig. 4 (C)), par l'apparition de sécrétions cireuses filamenteuses abondantes qui recouvrent parfois entièrement les larves et leur donnent l'aspect d'amas floconneux d'où le nom de l'espèce (Fig. 4 (D)).

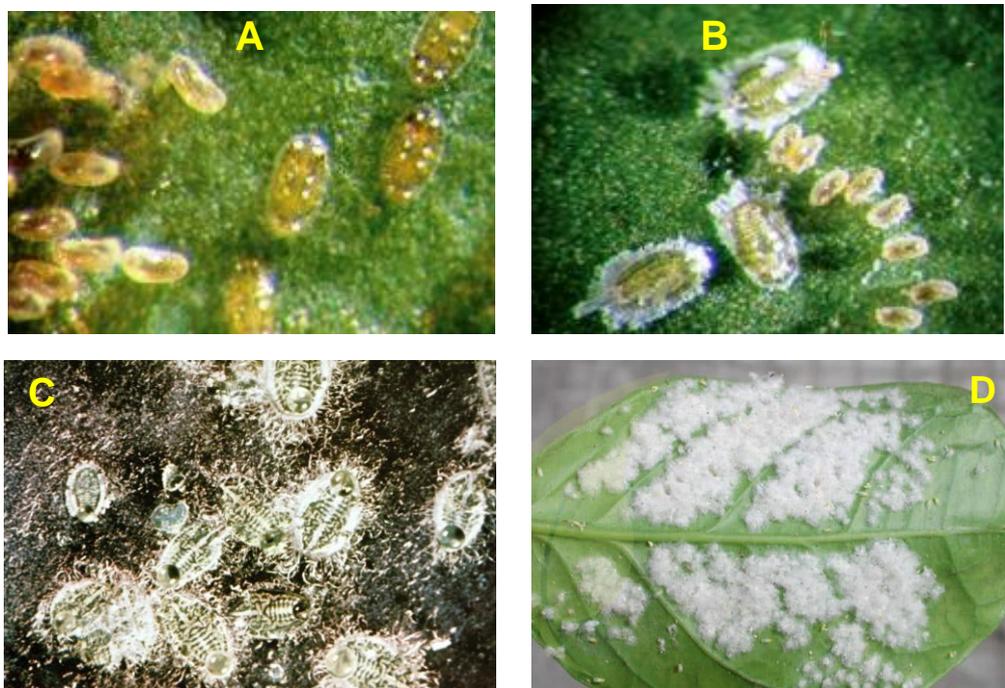


Figure 4 : Les stades larvaires d'*A.floccosus* : Larves 1^{er} stade **(A)**; Larves 2^{ème} stade **(B)**; Larves 3^{ème} et 4^{ème} stade caractérisées par des sécrétions cireuses sous forme de gouttelette de mélasse ségréguée au niveau de l'orifice vasiforme **(C)** ; masse cotonneuse blanchâtre sur la face inférieure des citrus **(D)** [71]; [76]; [67]

2.1.1.3 Les pupariums

Le puparium est la forme la plus adaptée pour l'identification, il est de forme allongée, généralement de couleur crème, dont sa longueur varie de 0,8 à 0,92 mm contre 0,55 à 0,65 mm de largeur [26]. D'après Chermiti et Onillon [77], la région submarginale du puparium est large et séparée du disque dorsal par une

sorte de suture, son bord extérieur est constitué de dents rugueuses disposant chacune, à sa base, d'une glande, d'où l'apparence d'une double rangée de dents (Fig. 5) et l'orifice vasiforme apparaît fréquemment plus large que long et le sillon caudal est absent.

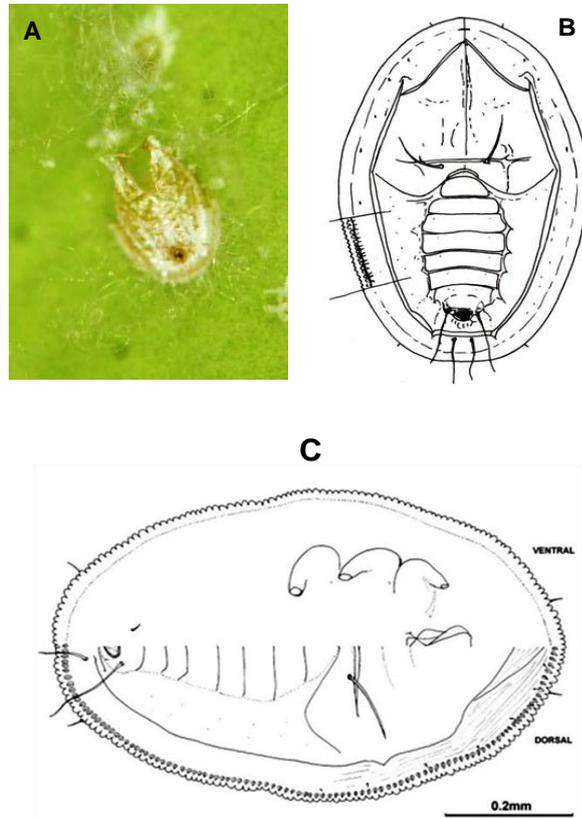


Figure 5 : Morphologie générale du puparium d'*A. floccosus* : ouverture en fente verticale du puparium après sortie de l'adulte (A); Vue dorsale du puparium (B); vue dorso-ventrale globale du puparium (C) [79]; [80]

2.1.1.4 Les adultes

Les adultes de la majorité des Aleyrodidae ne sont pas utilisés pour des fins d'identification en offrant peu de caractéristiques morphologiques utiles, mais c'est à ce stade que l'espèce assure sa pullulation et sa propagation au niveau de la région et du verger [77] ; [75].

Les adultes des deux sexes ont un corps pourvu de deux paires d'ailes membraneuses recouvertes d'une substance cireuse blanche mesurant environ 1,1 mm de long depuis le sommet de la tête jusqu'à l'extrémité des ailes pour les

femelles contre une légère différence de taille chez les males (Fig. 6) [75]. Les adultes émergents ont une couleur blanc jaunâtre [24]; [81], et ils sont moins rapides se dispersons par le vent ou d'autres véhicules [82].



Figure 6 : Adultes d'*A.floccosus* sur la face inférieure des feuilles d'agrumes [71]; [75]

2.1.2 Cycle de vie

L'aleurode floconneux effectue l'intégralité de son cycle de développement à la face inférieure des jeunes feuilles tendres des citrus [77] ; [32] ; [83], sur lesquelles les femelles pondent leurs œufs et restent fixées à un point grâce à leurs stylets. Elles secrètent ainsi une fine poudre cireuse blanche recouvrant les œufs et la zone adjacente au site de ponte [75] ; [84]. À leurs tours, les œufs déplacés sur une courte distance, insèrent leurs pédoncules dans l'épiderme des feuilles, ils changent de coloration du blanc, au jaune clair, et prennent une teinte plus foncée tout au long de leur maturité, en enfin se colorent du noir brun foncé au moment de l'éclosion dont le développement dure de 8 à 10 jours à des températures moyennes de 20 °C [71].

Quatre différents stades larvaires sont signalés (Fig.7), au cours desquels les larves sécrètent de fins filaments cireux qui couvrent progressivement leurs corps [75].

La sécrétion d'une masse cireuse blanchâtre abondante agit comme une couverture et un isolant pour les larves et les adultes qui émergent, ce qui les empêche de se noyer dans leurs propres excréments [75].

En région méditerranéenne, l'aleurode floconneux évolue en 4 à 5 générations par an, qui se suivent presque sans interruption tout au long de l'année [85]. Dans le Sud-est de la France, il est signalé de 5 à 6 générations annuelles de cet aleurode [86], alors qu'on retrouve 4 à 5 générations au Maroc [74] et dans l'Ouest algérien [30]. Un simple ralentissement est noté pendant les mois les plus froids où cette espèce passe l'hiver à l'état de larves de 3^{ème} ou de 4^{ème} stade et, parfois, à l'état d'œufs, pondus en novembre [85]. En période printanière, débute le premier vol, correspondant à la 1^{ère} ponte de l'année; suivi par un autre vol important en été, et en automne, les faces inférieures des feuilles d'agrumes sont complètement recouvertes par les larves et les exuvies, mais selon les conditions climatiques, il peut y avoir ou non un autre vol en octobre [85].

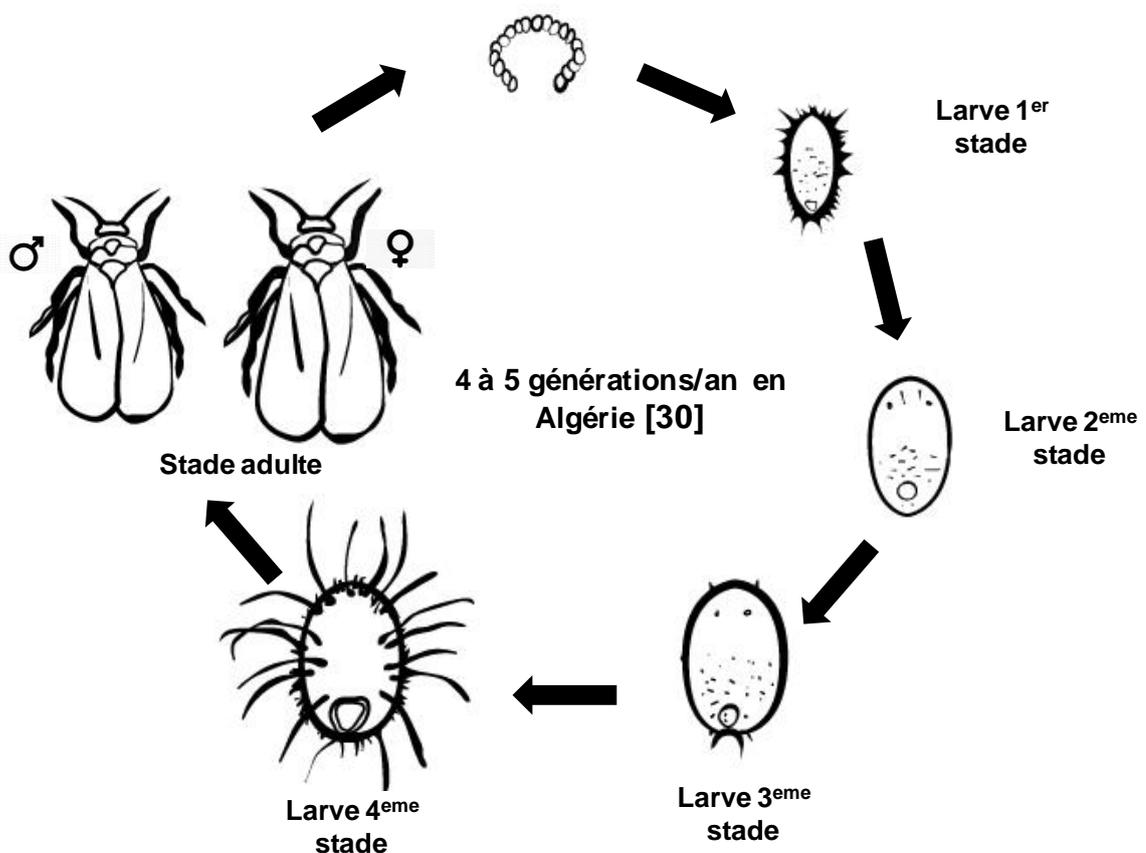


Figure 7 : Cycle de développement de l'aleurode floconneux (Originale)

2.1.3 Dégâts d'*Aleurothrixus floccosus*

D'après Loussert [1] ; Belay *et al.* [87], l'aleurode floconneux est plus dangereux que l'aleurode des citrus (*D.citri*), du fait de ses fortes infestations principalement près des zones côtières. Ses attaques se caractérisent par l'excrétion par les larves d'un abondant miellat et de filaments cireux formant à la face inférieure des feuilles une couche blanche visqueuse pouvant dépasser 1 mm d'épaisseur (Fig. 8 (A)), favorisant ainsi l'installation de la fumagine noire sur la face supérieure de la feuille provoquant une réduction très marquée de l'activité photosynthétique des arbres d'agrumes (Fig. 8 (B)) [24].

Selon Malausa [88], *A.floccosus* peut provoquer la mort d'un arbre d'agrumes au bout de cinq à six ans seulement à cause des densités numériques très élevées en adultes et en larves entraînant une importante ponction de sève, contrairement à l'aleurode des citrus, son miellat produit en grosses gouttes reste adhérent à son corps ce qui provoque en association avec la fumagine une asphyxie du végétal.

Onillon [23] ; Kerns *et al.* [80], rapportent que la ponction de sève et l'asphyxie dues à l'attaque d'*A.floccosus* entraînent une réduction importante de la floraison et de la fructification, ainsi que la chute des feuilles des agrumes. Ce ravageur est le responsable des dégâts les plus importants aux agrumes biologiques et aux vergers mal entretenus [89], mais il ne transmet aucun agent pathogène [80].

A cause des pertes énormes dues aux attaques de ce ravageur tant au niveau de la quantité qu'au niveau de la qualité des productions, et en présence d'une faible efficacité des traitements chimiques, qui s'est révélés très coûteux et inefficace, cet aleurode continue à coloniser les vergers d'agrumes de plus en plus [80]



Figure 8 : Dégâts de l'Aleurode floconneux sur jeunes feuilles : masse cotonneuse sur la face inférieure des feuilles **(A)** ; fumagine sur la face supérieure des feuilles d'agrumes **(B)** [24] ; [75].

2.2 L'aleurode des Citrus *Dialeurodes citri* Ashmead

L'aleurode des citrus (*Dialeurodes citri* Ashmead, 1886) est une espèce de mouche blanche polyphage appartenant à la famille des Aleyrodidae, et à la sous famille des Aleyrodinae et au genre *Dialeurodes* [90], causant de graves problèmes dans les vergers d'agrumes. On la trouve également associée à plus de 70 espèces végétales appartenant à 30 familles différentes [91]. Ce ravageur semble provenir de la région indienne, puis s'est répandu dans toute la zone tempérée, il a été signalé en Europe dans les années 1950 [50]; [78]; [92].

D'après Fasulo et Weems [93], l'aleurode des citrus, était autrefois le ravageur des agrumes le plus important en Floride, mais aujourd'hui, il se classe en dessous des cochenilles et certains acariens phytophages. Cependant, Ulusoy *et al.* [94], estiment que cette espèce est parmi les principales mouches blanches causant de dégâts considérables en Turquie et en Syrie. En Algérie, *D.citri* est présent au niveau des vergers agrumicoles et cause chaque année des dégâts considérables avec une réduction de la productivité des vergers, et il s'attaque à

toutes les variétés de citrus avec une préférence marquée pour les orangers *Citrus sinensis* et les limes douces *Citrus limetoides* [56]; [93].

2.2.1 Description des stades de développement de *D.citri*

2.2.1.1 L'œuf

Les œufs de l'aleurode des citrus sont allongés, ovales, de 0,2 à 0,3 mm de longueur est attachés à la surface inférieure de la feuille par un pédicelle (Fig. 9), un œuf fraîchement pondu est de couleur jaune pâle, verte puis devient brunâtre au cours du développement [95]; [78].

Fasulo et Weems [93], rapportent que *D.citri* pond des œufs jaunes avec une surface presque lisse, se distinguant des œufs de l'aleurode floconneux, par la couleur jaune lorsqu'ils sont fraîchement pondus, et qui deviennent rapidement noirs.

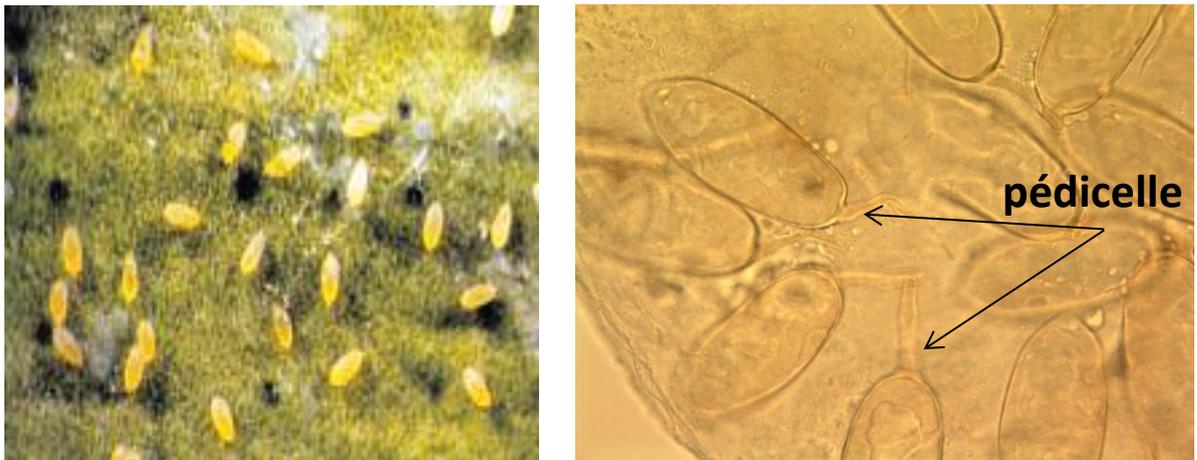


Figure 9 : Les œufs de *Dialeurodes citri* [96], photo originale à droite (grossissement x200)

2.2.1.2 Les larves (nymphes)

L'aleurode des citrus présente quatre stades larvaires tout au long de son cycle de vie [93]. Les larves du premier stade sont mobiles assurant ainsi la propagation du ravageur au niveau de la feuille, mesurant près de 0,32 mm [96], d'une couleur jaune crème avec un orifice vasiforme presque triangulaire. Elles se caractérisent par l'absence d'une séparation entre les régions céphaliques, thoraciques et abdominales, et elles sont pourvues d'yeux de forme variable,

souvent arrondis et situés sur la partie antérieure à la hauteur de la quatrième et de la cinquième paire de soies (Fig. 10 (A)) [97].

Les larves du 2^{ème} stade ont la même couleur que celle du 1^{er} stade, avec un corps de 0,47 mm, leurs antennes et leurs pattes sont réduites, l'orifice vasiforme est presque arrondi (Fig. 10 (A)) [96].

Le 3^{ème} stade larvaire comporte des larves mesurant près de 0,73 mm et présentant des canaux trachéens très apparents sur les parties antérieure et postérieure de la larve, ainsi que deux paires de soies: une paire de soies céphaliques et une paire de soies caudales plus fines et plus petites que les précédentes (Fig. 10 (A)) [97]. D'après Zanic *et al.* [96], le dernier stade larvaire est caractérisé par les dernières préparations avant l'émergence de l'adulte, les larves mesurent en moyenne 1,46 mm, et la larve de 4^{ème} stade est divisée en deux phases: la première phase est la phase d'alimentation ou phase prénymphe et la deuxième phase est la phase de transformation ou phase nymphale (Figure 10 (B)).

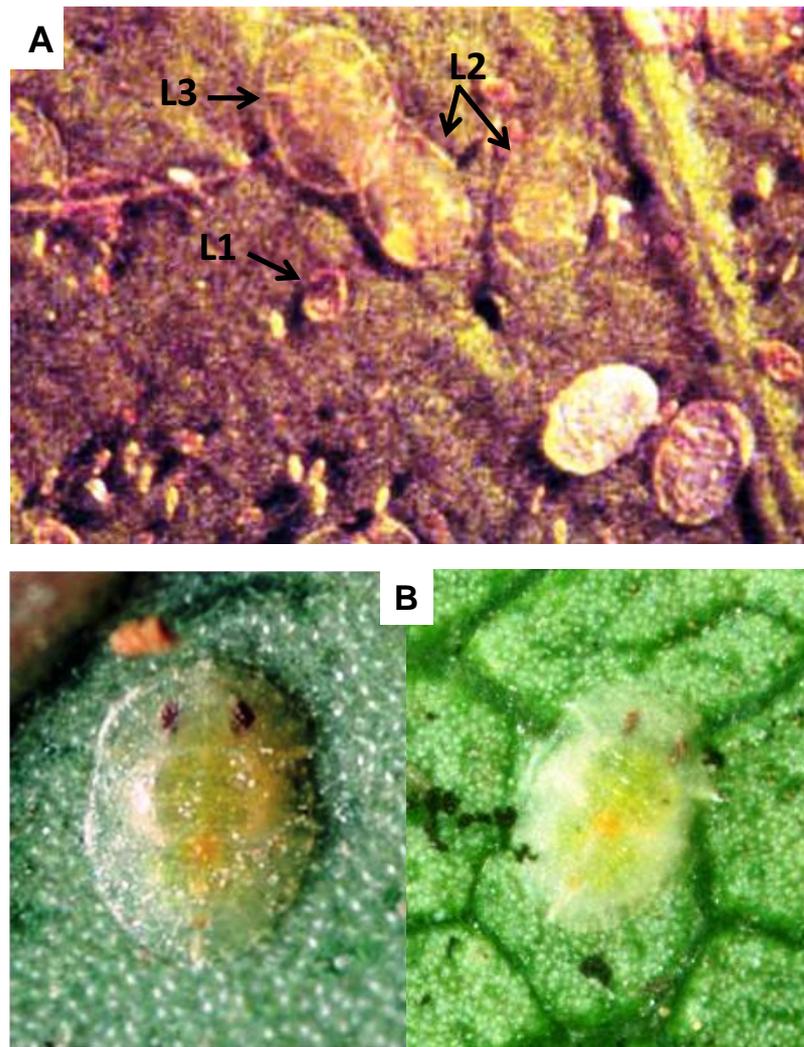


Figure 10 : Les différents stades larvaires de *D.citri* sur une feuille d'agrumes: (L1 : Larve du 1^{er} stade ; L2 : Larve du 2^{eme} stade; L3 : Larve du 3^{eme} stade) **(A)**; Les yeux sont observés dans le stade final de développement (L4 : 4^{eme} stade) **(B)** [93]; [91]

2.2.1.3 Les pupariums

Les pupariums se ressemblent mais de forme épaissis et sont quelques peu opaques, dont les taches oculaires au stade avancé de l'adulte en développement peuvent être visible à travers la peau de la nymphe (Fig. 11) [93].

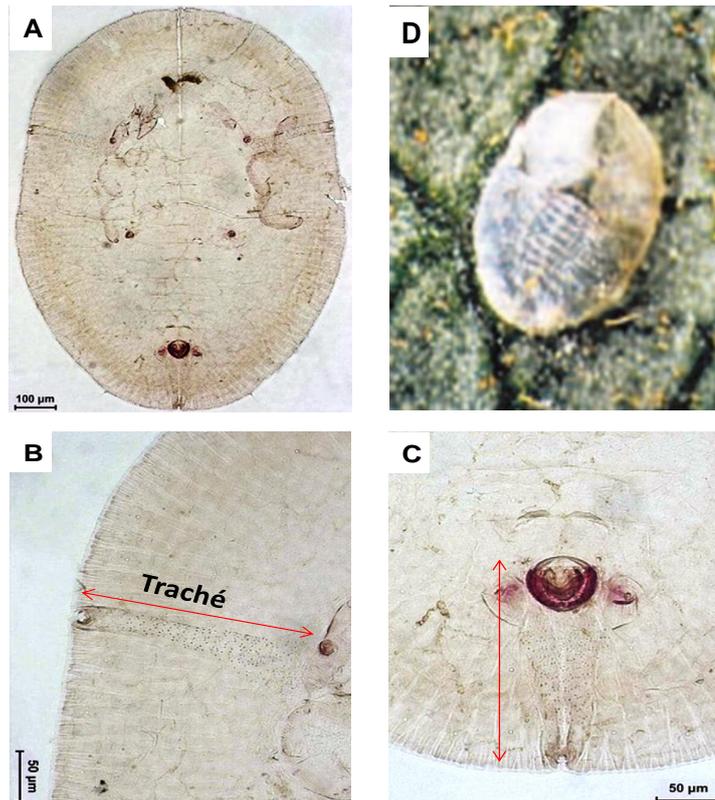


Figure 11 : Puparium vide après l'émergence de l'adulte (**A,B**); Trachée thoracique marginale (**C**); orifice vasiforme de *Dialeurodes citri* (**D**) [96]; [98]

2.2.1.4 L'adulte

Selon Alford [78], l'adulte mesure de 1,2-1,4 mm de long de couleur blanc crème et recouvert de cire blanche (Fig. 12). A l'émergence, la tête est jaune pâle, les pattes sont blanchâtres, et les yeux sont bruns rougeâtres, après 24 heures après l'émergence, l'insecte est recouvert d'une poudre de cire fine qui lui donne un aspect blanc [97]. Cette cire sécrétée par des glandes situées sous l'abdomen est prélevée par les peignes des tibias postérieurs et elle est déposée dans un repli du bord des ailles antérieures [58].

Selon Benbetka [97], la tête relativement petite est pourvue de deux yeux composés biens développés disposés latéralement. Les antennes formées de sept articles sont insérées vers le milieu du bord interne des yeux et les deux paires d'ailles pourvues d'un système nerveux réduit recouvrent entièrement l'abdomen [95]; [93].



Figure 12 : Adultes de *D.citri* sur la face inférieure des feuilles d'agrumes [91]; [99]

2.2.2 Cycle de vie

La femelle adulte pond environ 150 œufs sur la face inférieure des jeunes feuilles mais jamais sur les fruits [93]; [96], ces œufs sont déposés par lots sur les jeunes feuilles et éclosent 1 à 4 semaines plus tard, selon la saison, dont les œufs non fécondés se transformant en mâles. Les larves s'installent rapidement pour se nourrir et ne bougent pas jusqu'à ce que le stade adulte soit atteint [93]. Elles se nourrissent sur le dessous des feuilles pendant 3-4 semaines; puis entrent dans une phase pseudo-pupe qui dure de 2 à 42 semaines ou plus [78].

L'aleurode des citrus hiverne sous forme de larve du troisième et quatrième stade au début du printemps, les pupes apparaissent, et les adultes émergent en mars et avril [16]; [100],

Le cycle de vie de l'œuf à l'adulte nécessite de 41 à 333 jours, mais une grande variation a été constatée, même parmi les œufs pondus sur la même feuille le même jour (Fig. 13) [93].

Selon plusieurs auteurs, *D.citri* est une espèce polyvoltine, et présente plusieurs générations annuelles. Stapley et Gayner [101] ont enregistré trois générations aux États-Unis d'Amérique, de même en Espagne et en Turquie [91]; [102], contre deux générations seulement en France [103] et trois générations par an dans la plaine de la Mitidja [56].

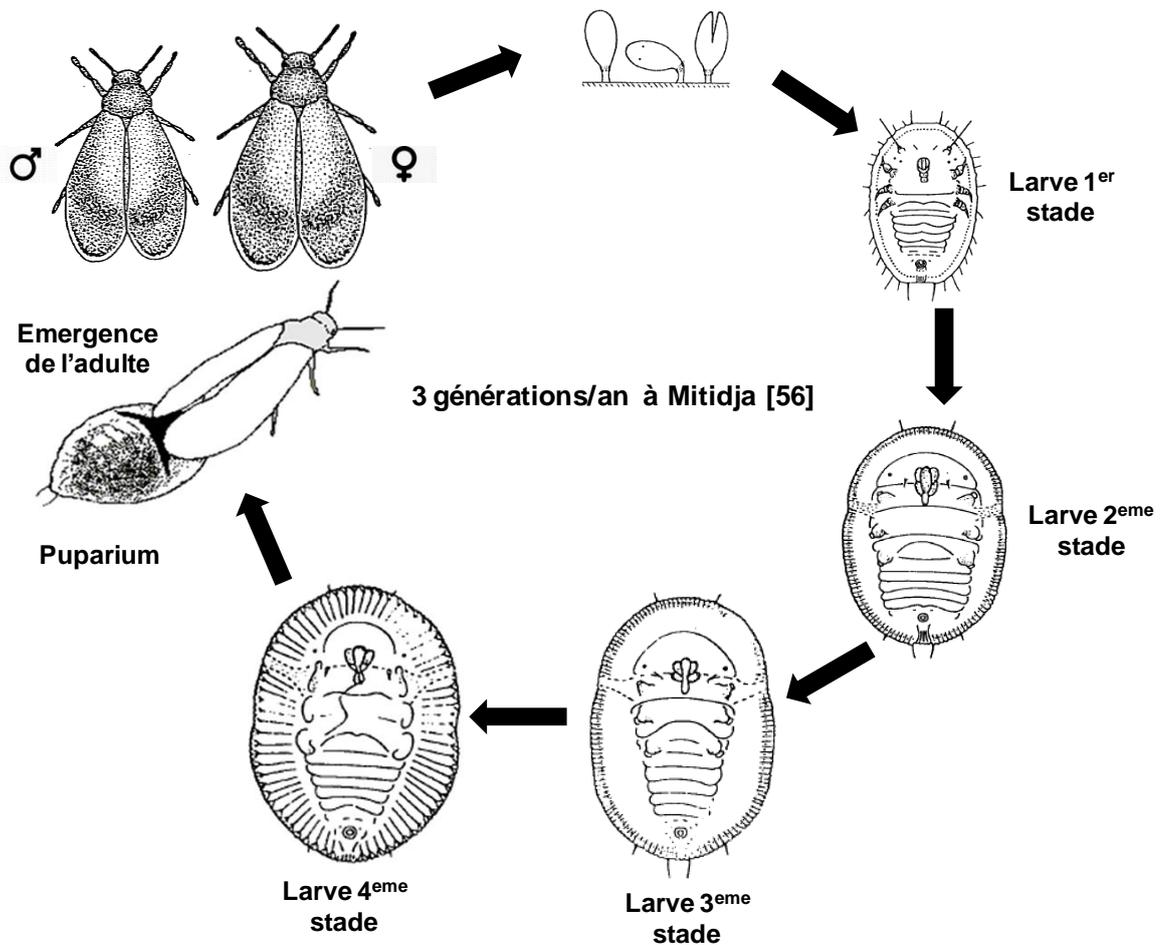


Figure 13 : Cycle de vie de l'aleurode des Citrus *Dialeurodes citri* [95]; [104] modifiée

2.2.3 Dégâts de *Dialeurodes citri*

Les adultes de l'aleurode des citrus endommagent leurs plantes hôtes par le prélèvement continu de la sève et provoquent l'affaiblissement des arbres suite à l'excrétion du miellat et le développement associé de fumagine [105]. Les larves de différents stades perforent la face inférieure des feuilles des *citrus* grâce à leur appareil buccal piqueur-suceur qui est particulièrement adapté à la ponction de sève [93].

En général, la fumagine peut couvrir toute la surface foliaire et les fruits ce qui entrave les activités physiologiques propres des arbres (Fig. 14 (A)), un fruit recouvert de fumagine (Fig. 14 (B)) sera retardé dans la maturation, notamment la

partie supérieure, qui peut rester verte alors que la partie inférieure a pris la couleur des fruits mûrs [78]; [93].



Figure 14 : Infestation de *Dialeurodes Citri* sur les citrus : fumagine sur la face inférieure des feuilles **(A)**; couverture noire (fumagine) sur le fruit d'orange favorisée suite à la sécrétion du miellat par les larves **(B)** [106] ; originale **(B)**

En effet, les prélèvements de sève effectuée par de milliers de larves en association avec une couverture de la surface foliaire par la fumagine, peuvent entraîner une diminution de la vigueur très marquée, ce qui se traduit par une réduction de la floraison et de la fructification, ainsi qu'une réduction de 25-50% de production d'agrumes [1]. Cependant, *Dialeurodes citri* n'a pas été enregistré comme vecteur de maladies des plantes [96].

2.3 Méthodes de contrôle des Aleyrodidae au niveau des vergers d'agrumes

Les stratégies de lutte contre les ravageurs des agrumes comprennent le contrôle biologique, la lutte intégrée et le contrôle chimique. La lutte intégrée contre les ravageurs implique une combinaison de méthodes de contrôle biologique, des pratiques culturales et des traitements chimiques, si nécessaire, et d'une façon à ne pas perturber les systèmes de contrôle biologique en respectant les délais et les doses de traitements [107].

Abrol [15], précise que la lutte intégrée contre les ravageurs des agrumes nécessite une connaissance de base des conditions environnementales dans lesquelles se trouve le verger, de sorte que des pratiques agricoles appropriées telles que : variété performante, travail du sol convenable et meilleure gestion des mauvaises herbes, etc. soient adoptées, et les informations devraient être disponibles sur la relation entre les niveaux économiques préjudiciables et la population des ravageurs, de sorte que les interventions soient effectuées de la manière la plus appropriée en utilisant toutes les méthodes de lutte disponibles (mécaniques, biologiques et chimiques).

2.3.1 Le contrôle chimique des Aleyrodidae inféodés aux agrumes

Il est nécessaire de suivre le cycle biologique et de déterminer les temps de traitement comme cela est fait avec les cochenilles notamment le pou de Californie [91].

Dans plusieurs pays méditerranéens, et en particulier en Espagne, la lutte chimique contre les aleurodes des agrumes est appliquée en utilisant de manière préférentielle à partir de la fin des années soixante-dix comme matière active les butocarboxim, principalement en raison de leur bonne efficacité [108] et sa faible toxicité pour l'hyménoptère parasitoïde *Cales noacki* [109].

Actuellement, les traitements phytosanitaires non sélectifs et tardifs peuvent affecter les ennemis naturels et ne contrôlent pas les aleurodes des agrumes, ce qui aggrave le problème, et ils peuvent également entraver la commercialisation, en raison du non-respect des limites maximales de résidus sur les fruits [91]. Néanmoins, et puisqu'elle est encore nécessaire pour combattre certains ravageurs, il faut veiller à ce que les insecticides utilisés soient non toxiques aux auxiliaires circulants au niveau des vergers.

Les deux premiers stades larvaires (L1, L2) sont considérées comme les plus vulnérables aux traitements phytosanitaires et cela à cause de l'absence de sécrétion cireuse empêchant la pénétration des pesticides, mais ces traitements ne doivent pas avoir lieu au cours des derniers stades larvaires (L3, L4) au cours

desquelles une forte activité parasitaire des ennemis naturels est enregistrées [91].

Anonyme [110], estime qu'en Espagne, les huiles minérales sont les plus efficaces contre *D.citri*, suivies par les Spirotetramats qui se caractérisent par une très bonne efficacité mais avec une action lente, tan dis que le Chlorpyriphos-méthyl, est une autre matière active utilisée contre l'aleurode des citrus même si qu'il ne soit pas un produit spécifique aux aleurodes.

En Algérie, plusieurs produits phytosanitaires sont utilisés pour lutter contre les mouches blanches des agrumes, ces produits sont composés de matières actives sélectives contre les aleurodes. En effet, plusieurs pesticides sont utilisés par les agriculteurs de la région agrumicole de Chlef pour combattre différents ravageurs de citrus dont les aleurodes sont la première cible d'attaque (Tabl. 1).

Tableau 1 : Principaux insecticides utilisés par les agriculteurs de la région de Chlef contre les aleurodes sur agrumes [68].

Nom commerciale	Matière active	Dose préconisée	Insectes cibles
Match Gold	50 g/l de Lufénuron d'émulsion concentrée	100 ml/hl	aleurodes des agrumes
Confidor Supra	70% d'Imidaclopride Granulés dispersables	150 g/ha	aleurodes des agrumes
Décis Expert	Deltamethrine 100 g/l	32 ml/hl	Cératite, aleurodes
Imidagold 20 SL	Imidachlopride 200 g/l	150 ml/hl	aleurodes des agrumes

Cependant, les contrôles chimiques traditionnels ne sont pas toujours efficaces dans la lutte contre les aleurodes et l'utilisation massive de pesticides chimiques a générée des effets secondaires négatifs, en particulier une résistance aux insecticides. Par conséquent, il est impératif de rechercher des méthodes alternatives pour le contrôle des aleurodes [111].

2.3.2 Le contrôle physique des Aleyrodidae inféodés aux agrumes

Il existe plusieurs techniques culturales permettant le maintien des ravageurs d'agrumes à un niveau tolérable. En effet, les fertilisations doivent être apportées en quantité suffisante et de façon équilibrée, car une mauvaise fertilisation n'a pas seulement des répercussions sur la nutrition des végétaux

mais aussi sur les populations de ravageurs suceur de sève [112]. En effet, les excès d'irrigation et la fertilisation peuvent augmenter la sensibilité des plantes aux attaques de mouches blanches [113].

En effet, une bonne taille facilite l'aération et élimine les premiers foyers des aleurodes sur les rameaux qui sont incinérés par la suite [114]. L'élimination et la destruction des rameaux gravement endommagés peuvent réduire sensiblement l'attaque des aleurodes inféodés aux agrumes [115].

L'élimination des mauvaises herbes par les techniques culturales ou chimiques permettant une destruction des hôtes secondaires des déprédateurs en gênant leur conservation dans le sol [41].

Fraval [61], rapporte que le nettoyage à l'eau savonneuse de la face inférieure des feuilles s'applique en grand, avec des pulvérisateurs adaptés, pour réduire les effectifs avant une intervention biologique. Les pratiques de lutte culturale visent à éviter ou prévenir les infestations de mouches blanches.

2.3.3 Le contrôle biologique des Aleyrodidae inféodés aux agrumes

D'après Medeiros [116], Le contrôle biologique naturel vise à réduire les populations de ravageurs à un niveau qui ne cause pas de dommages économiques, permettant ainsi à un certain niveau de population de l'organisme nuisible d'assurer la survie de l'agent de lutte.

Le contrôle biologique s'est avéré très efficace dans la gestion des insectes nuisibles dans les vergers d'agrumes. Dans le monde entier, parmi les 65 cas de lutte biologique réussie et 83 cas de lutte satisfaisante contre les insectes ravageurs qui ont été enregistrés dans diverses cultures, 61,5% des premiers mentionnés et 21,7% de ceux-ci concernent les agrumes [117]; [118]. Le contrôle biologique a réussi pour certaines espèces d'aleurodes mais pas pour d'autres, selon Gerling [119].

Les stratégies utilisées dans la lutte biologique contre les aleurodes comportent l'introduction, l'acclimatation et l'élevage des auxiliaires puis les

lâchers au niveau des vergers. Le but des lâchers est d'augmenter, rapidement, la présence d'ennemis naturels natifs ou déjà établis dont l'efficacité de contrôle dépend de leur spécificité d'hôte, la coïncidence temporelle et spatiale entre les deux, les conditions climatiques optimales pour le développement des différentes espèces et le procédé de commande utilisé [55].

La lutte biologique par conservation exploite les ennemis naturels résidents, qu'ils soient indigènes ou naturalisés au niveau des vergers agrumicoles, cette pratique offre aux agrumiculteurs de nouveaux outils pour implanter la conservation des auxiliaires dans leurs vergers [120]. En effet, la mise en place d'un système de contrôle biologique doit tenir compte de trois critères, notamment le bon moment et les procédures d'estimation de la densité de population du ravageur ainsi que les seuils d'intervention [121]. En effet, les ennemis naturels disponibles pour lutter contre les aleurodes comportent des champignons, des prédateurs ainsi que des parasitoïdes, mais la connaissance de leur biologie et de leur utilisation est limitée seulement aux hyménoptères parasitoïdes.

2.3.3.1 Les champignons entomopathogènes de *D.citri* et *A.floccosus*

Le contrôle biologique des aleurodes avec des champignons entomopathogènes a été reconnu comme une alternative efficace et viable pour la gestion des dommages causés aux cultures par les aleurodes [122]. Les champignons entomopathogènes peuvent être utilisés en transférant des branches infectées d'une plante à l'autre, ou par des méthodes plus modernes de production en masse de spores fongiques et en les appliquant avec un équipement de pulvérisation [119]. Selon Reddy [123], le champignon *Beauveria bassiana* est efficace contre les œufs, les larves et même les adultes d'aleurodes, grâce à une couverture complète de la surface inférieure des feuilles et une synchronisation correcte des applications permettent un meilleur contrôle.

Fasulo et Weems [93]; Wang *et al.* [122]; Sambamurty [124], rapportent que *Aschersonia aleyrodinis* Webber et *Aegerita webberi* Fawcett, sont aussi des champignons entomopathogènes d'une importance majeure contre les aleurodes d'agrumes en particulier dans les zones à humidité élevée.

Wang *et al.* [122], indiquent que les espèces du genre *Aschersonia*, causent des épizooties chez les mouches blanches et les cochenilles. Leur utilisation en tant qu'agent de lutte biologique contre l'aleurode des agrumes *D.citri* a été entreprise en Floride au début des années 1900 [125]; [126] et en Chine, où le taux d'infection avait atteint 74% huit mois après avoir accroché des branches d'agrumes infestées par *A.aleyrodis* dans les vergers d'agrumes (Fig. 15 (A)) [127]. *A.aleyrodis* a été commercialisé également aux Pays-Bas [128] et à l'ex-URSS [129].

Zou [130], précise que les larves du 2^{eme} et 3^{eme} stade de *D.citri* semblent être les plus vulnérables à l'attaque de *Aschersonia placenta* (33 à 78% d'infection atteints). Les larves d'aleurodes attaquées par *Aschersonia aleyrodis* prennent une coloration orange et sont ensuite momifiées [126]. *A.placenta* peut aussi attaquer les larves des autres aleurodes inféodés aux agrumes notamment l'aleurode noir des agrumes (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) [131]. Les œufs, les larves et même les adultes d'*A.floccosus* peuvent être les cibles d'attaque du champignon entomopathogène *Aschersonia sp* ((Fig. 15 (B)) [132].

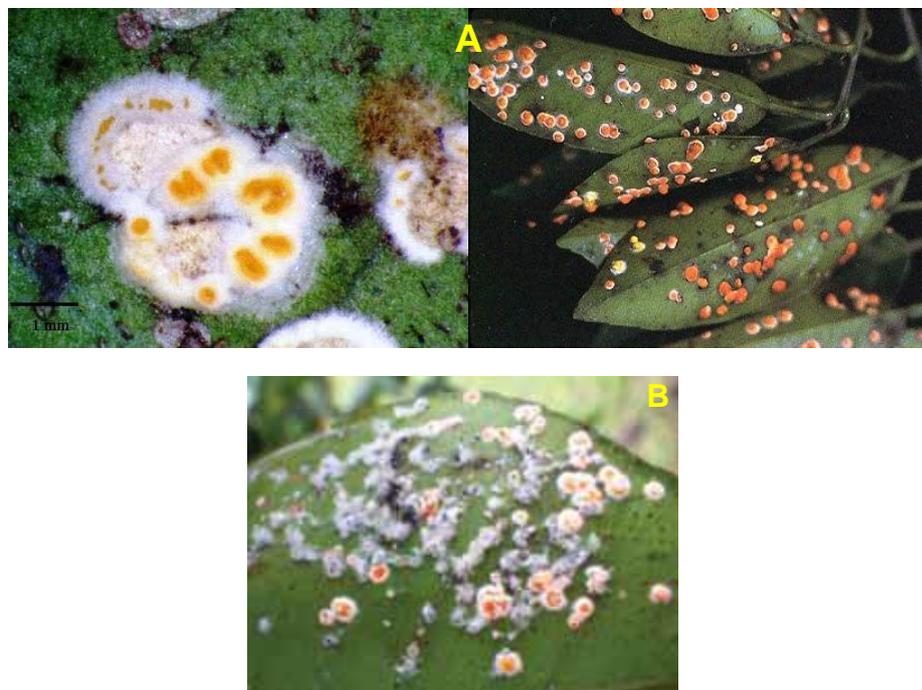


Figure 15 : *Aschersonia aleyrodis* couvrant les larves de *D.citri* (A); *Aschersonia sp* attaquant une colonie d'*A.floccosus* (B) [133]; [93]

Une liste exhaustive des principaux champignons entomopathogènes de l'aleurode floconneux et de l'aleurode des citrus a été établie par Evans [70] (Tab. 2)

Tableau 2 : Les principaux champignons entomopathogènes d'*A.floccosus* et de *D.citri* [70]

Espèce	Champignons entomopathogènes
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	<i>Aegerita webberi</i> , <i>Aschersonia aleyrodis</i>
<i>Dialeurodes citri</i>	<i>Aegerita webberi</i> , <i>Aschersonia aleyrodis</i> , <i>Aschersonia goldiana</i> , <i>Aschersonia placenta</i> , <i>Aschersonia tamurai</i> , <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Fusarium verticilloides</i> , <i>Paecilomyces cinnamomeus</i> , <i>Sporotrichum</i> sp, <i>Verticillium lecanii</i>

2.3.3.2 Les prédateurs de *D.citri* et d'*A.floccosus*

Les aleurodes ont de nombreux prédateurs arthropodes, ces prédateurs peuvent être efficaces à des densités élevées de proies, à la fois en raison des besoins des adultes, et parce que leurs larves peuvent maximiser leur potentiel de développement dans une zone limitée [134].

Malgré la liste exhaustive établie par Mound et Halsey [50] des principaux ennemis naturels des aleurodes inféodés aux agrumes à travers le monde, de nouveaux ennemis naturels plus performants, ont été découverts avec le développement de la science, contribuant significativement dans la réduction des la populations de ces ravageurs.

Plusieurs espèces de prédateurs ont prouvées leurs efficacités face à de fortes densités d'aleurodes et ont contribué à une régulation très efficace des aleurodes une fois introduits [135].

Les prédateurs des aleurodes en l'occurrence *A.floccosus* et *D.citri* appartiennent à différents ordres d'insectes: les Coléoptères, les Neuroptères, les Diptères, ainsi que les Hétéroptères, des Thysanoptères et même aux acariens [136]; [70] (Tab. 3). D'après Uygun *et al.* [137], dans les vergers d'agrumes en Méditerranée, un certain nombre d'insectes prédateurs polyphages se nourrissent parfois de mouches blanches.

Tableau 3 : Les principaux prédateurs naturels d'*A.floccosus* et de *D.citri* [70]

Les prédateurs d' <i>A.floccosus</i>		
Ordre	Famille	Espèce
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Adalia bipunctata</i> , <i>Adonia variegata</i> , <i>Chilocorus bipustulatus</i> , <i>Clitostethus arcuatus</i> , <i>Coelophora pupillata</i> , <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> , <i>Delphastus pallidus</i> , <i>Delphastus</i> sp, <i>Exochomus</i> sp, <i>Harmonia conglobata</i> , <i>Harmonia sedecimnotata</i> , <i>Nephaspis oculatus</i> , <i>Rhyzobius chrysomeloides</i> , <i>Serangium maculigerum</i>
Diptera	Syrphidae	<i>Allograpta obliqua</i>
Hemiptera	Lygeidae	<i>Geocoris</i> sp
	Nabidae/Reduviidae	<i>Rhinocorus iracundus</i>
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Ceraeochrysa cubana</i> , <i>Chrysopa</i> sp, <i>Chrysoperla comanche</i>
	Coniopterygidae	<i>Coniopteryx vicina</i> , <i>Conwentzia psociformis</i> , <i>Semidalis aleyrodiformis</i>
Les prédateurs de <i>D.citri</i>		
Ordre	Famille	Espèce
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Adonia variegata</i> , <i>Brumoides suturalis</i> , <i>Catana chapini</i> , <i>Chilocorus bipustulatus</i> , <i>Chilocorus stigma</i> , <i>Clitostethus arcuatus</i> , <i>Cryptognatha flaviceps</i> , <i>Cycloneda sanguine</i> , <i>Delphastus catalinae</i> , <i>Delphastus pallidus</i> , <i>Delphastus pusillus</i> , <i>Delphastus</i> sp, <i>Didion punctatum</i> , <i>Diomus roseicollis</i> , <i>Exochomus quadripustulatus</i> , <i>Menochilus sexmaculatus</i> , <i>Nephaspis oculatus</i> , <i>Olla v-nigrum</i> , <i>Scymnus</i> sp, <i>Serangium flavescens</i> , <i>Serangium parcesetosum</i> , <i>Stethorus gilvifrons</i> , <i>Verania cardoni</i>
Diptera	Dolichopodidae	<i>Condylostylus patibulatus</i>
Hemiptera	Lygeidae	<i>Geocoris</i> sp, <i>Campylomma diversicornis</i> , <i>Deraeocoris pallens</i>
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysopa</i> sp, <i>Chrysopa vulgaris</i> , <i>Chrysoperla carnea</i>
	Coniopterygidae	<i>Conwentzia hagani</i> , <i>Conwentzia psociformis</i> , <i>Semidalis aleyrodiformis</i>

2.3.3.2.1 Les coléoptères prédateurs

Les coléoptères sont des insectes de taille moyenne, les larves et les adultes ont le même habitat et le même régime alimentaire, dont la plus grande partie d'entre eux appartenant à la famille des Coccinellidae et des Scymninae qui regroupent les principales espèces de coccinelles prédatrices [138]. Les coccinelles sont d'une grande importance économique pour les agroécosystèmes en général grâce à leur déploiement réussi dans la lutte biologique contre de nombreux insectes nuisibles [139]. Au niveau des vergers agrumicoles, ces coccinelles s'attaquent aux pucerons, cochenilles, acariens et aux aleurodes [140].

Les coccinelles prédatrices de *D.citri* appartiennent aux genres *Clitostethus*, *Delphastus* et au genre *Serangium* largement répandues dans le monde et connues comme prédateurs utiles de nombreuses espèces d'aleurodes [141]. *Serangium montazerii*, a été observée comme prédateur de l'aleurode des agrumes *D.citri* en Iran et en Turquie [11].

L'aleurode floconneux peut être contrôlé notamment par *Cryptoleamus montrouzieri* Mulsant, *Chilocorus bipustulatus* L., et *Serangium parcesetosum* Sicard [29].

Néanmoins, la coccinelle *Clitostethus arcuatus* (Rossi), est l'un des prédateurs les plus importants des Aleyrodidae, se nourrissant de leurs œufs, de leurs nymphes et de leurs adultes [137]; [142]; [143], elle contribue dans la régulation biologique des deux aleurodes inféodés aux agrumes (*D.citri* et *A.floccosus*).

En Italie, *C.arcuatus* à quatre générations par année [144]. En Sicile, la première génération se déroule de la mi-avril à la mi-mai, la deuxième à lieu en juin, tandis que la troisième et la quatrième se développent en juillet et de mi-août à la fin septembre respectivement.

La femelle de *C.arcuatus* dépose de 11 à 41 œufs sur la surface inférieure des feuilles de Citrus (Fig. 16 (A)), et les larves éclosent après 3 à 8 jours et se propagent après 8 à 24 jours (Fig. 16 (B)), pour atteindre le stade pupal (Fig. 16 (C, D)), qui se nourrissent principalement d'œufs mais aussi de nymphes de *D.citri* et d'*A.floccosus* [145].

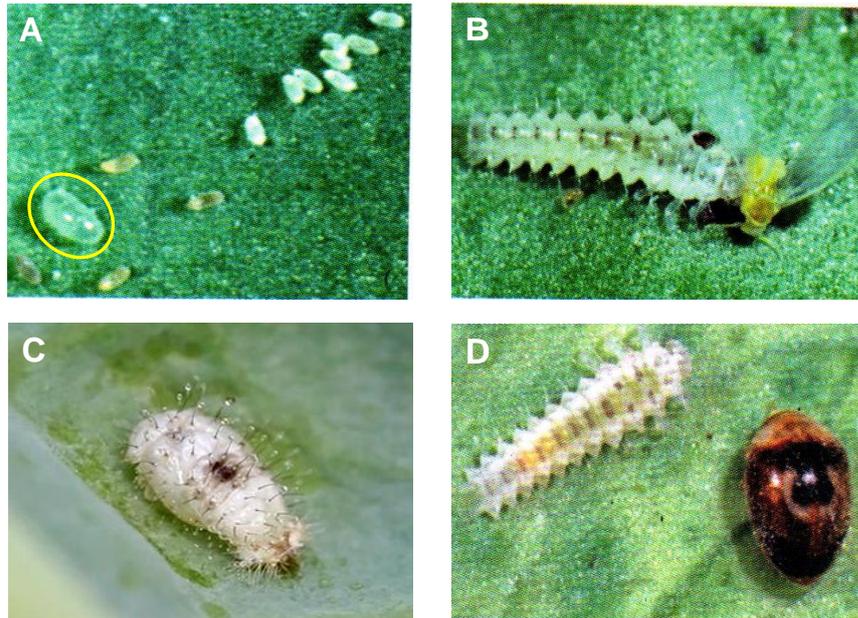


Figure 16 : Œufs de *C.arcuatus* pondu à côté des œufs d'*A.floccosus* (A) ; Larve de *C.arcuatus* dévorant un adulte d'*A.floccosus* (B); pupa de *C.arcuatus* (C); Adulte et larve de *C.arcuatus* (D) [140].

Delphastus catalinae, est considérée comme la 2^{ème} principale coccinelle prédatrice après *C.arcuatus*, et joue un rôle important dans la lutte contre l'aleurode floconneux et l'aleurode des citrus [146]; [147]. D'autres coccinelles pouvant attaquer les mouches blanches en particulier, *Chilocorus stigma* (Say), *Cryptognatha flaviceps* (Crotch), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus), *Delphastus catalinae* Horn, *Scymnus punctatus* Melsheimer, et *Verania cardoni* Weise [50].

2.3.3.2.2 Les Neuroptères prédateurs

Les Neuroptères sont l'un des ordres les plus petits et les plus primitifs des insectes holométaboles, regroupant près de 6000 espèces, appartenant en particulier à trois principales familles (Chrysopidae, Conioptérygidae, Hemerobiidae) et caractérisés par une nervation alaire complexe pouvant être d'une valeur considérable en tant que prédateurs manipulables dans les programmes de lutte biologique [148].

2.3.3.2.2.1 Famille des Chrysopidae

Les aleurodes représentent le deuxième grand groupe de ravageurs homoptères après les aphides, qui peuvent servir de source de nourriture pour les chrysopes dans les plantations d'agrumes [148].

Au niveau des vergers agrumicoles à l'échelle mondiale, plusieurs espèces de Chrysopidae sont associées à leurs proies dont *Chrysoperla carnea* est la plus présente suivie par *Chrysopa pallens* [148]. Le genre *Chrysopa* regroupe des espèces prédatrices à tous les stades, contrairement aux espèces appartenant à l'ordre *Chrysoperla* qui sont prédatrices uniquement au stade larvaire [149]. Les chrysopes sont des prédateurs d'œufs et de larves d'aleurodes [150], mais leurs larves ont peu d'impact sur les populations élevées d'Aleyrodidae selon Uygun *et al.* [137].

Selon Llorens et Garrido [151], parmi les Chrysopidae prédominant au niveau des vergers agrumicoles espagnols figurent *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Fig. 17 (A, B)), qui constitue plus de 90% des adultes de chrysopes capturés très actifs contre l'aleurode floconneux [29]. Il semble que cette espèce prédatrice est généralement bien distribuée probablement en raison de sa mobilité, sa polyphagie et surtout de sa résistance aux pesticides d'après Garcia mari [140]. En Turquie, *C.carnea* est considérée comme prédateur principal contre l'aleurode des agrumes [137]. Gerling [119], a observé que parmi les prédateurs des aleurodes, *C.carnea* qui se nourrissait auparavant de proies autres que les aleurodes en raison de sa disponibilité relative, s'est déplacé pour inclure les aleurodes dans son régime une fois qu'elles sont devenues abondantes à partir du printemps, puis atteignent leur maximum en juin- juillet, et disparaissent dès le mois de septembre [151].

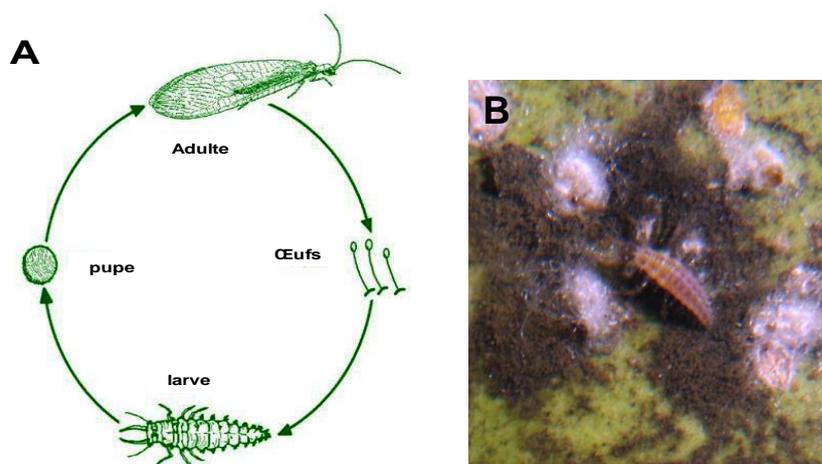


Figure 17 : *Chrysoperla carnea* : cycle de vie de *C.carnea* (A) ; Larve de *C.carnea* dévorant des larves d'*A.floccosus* (B) [152]; Originale (B)

2.3.3.2.2.1.1 Famille des Coniopterygidae

La famille des Coniopterygidae comprend environ 500 espèces [153], réparties en trois sous-familles, les Aleuropteryginae, les Brucheiserinae et les Coniopteryginae.

Les Coniopteryginae ont une répartition mondiale et environ 290 espèces sont décrites, caractérisés par un revêtement cireux blanc sécrété par les glandes de cire dont leur taille est petite et la longueur des ailes antérieures ne dépasse pas 5 mm [154].

Les espèces *Semidalis aleyrodiformis* (stephens) et *Conwentzia psociformis* (Curtis) ont une préférence pour les aleurodes et contribuent à la réduction de leurs populations aux niveaux des écosystèmes agricoles, et les larves et les adultes de *S.aleyrodiformis* se nourrissent de tous les stades de *D.citri*, une seule larve est capable de consommer entre 70 et 130 œufs et larves tout au long de sa vie [140].

Les adultes et les larves de *Conwentzia psociformis* (Curtis) se nourrissent de proies dont *Dialeurodes citri* (Ashmead) (Agekyan, (1979) in [140], et *Aleurothrixus floccosus* [29] ; [137] ; Monserrat, (1984) in [140], et la densité de ce prédateur étant liée au degré d'infestation par *A.floccosus* (Fig. 18 (A, B)).

Leon et Garcia-Mari [155], rapportent qu'en Espagne *S.aleyrodiformis* (Fig. 18 (C, D) et *C.psociformis* dévorent 5 à 40 œufs d'*Aleurothrixus floccosus* par jour, tandis qu'en Italie, ces deux espèces prédatrices n'avaient qu'une importance secondaire dans la lutte contre les populations d'*A.floccosus* [84].

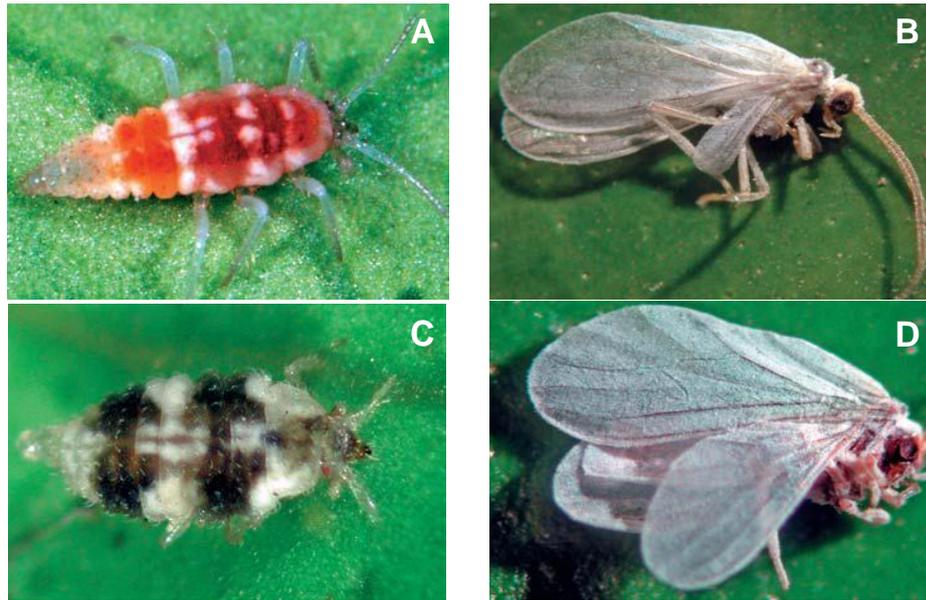


Figure 18 : les Coniopterygidae prédateurs d'aleurodes Larve de *C.psociformis* (A), adulte de *C.psociformis* (B) ; larve de *S.aleyrodiformis* (C), adulte de *S.aleyrodiformis* (D) [155].

2.3.3.2.3 Les acariens prédateurs

Les acariens appartenant à la famille de Phytoseiidae : *Amblyseius* spp. *Euseius* spp et *Typhlodromus* spp sont des prédateurs actifs d'œufs et des larves de mouches blanches [156]. Au monde, plusieurs introductions d'acariens auxiliaires ont été lancées mais quelques une seulement ont été couronnée de succès contre les populations d'aleurodes [55].

Selon López et Segade [100], L'aleurode des agrumes (*D.citri*) est attaqué par l'acarien Phytoseiidae *Euseius concordis* (Chant) surtout au printemps, en été et en automne, avec une faible présence en hiver.

2.3.3.3 Les parasitoïdes de *D.citri* et d' *A.floccosus*

Contrairement aux prédateurs, plusieurs hyménoptères parasitoïdes s'attaquent au 3^{ème} et 4^{ème} stade larvaire, et ont une haute efficacité de contrôle des mouches blanches [136], [157]. Leur exploration a été effectuée soit dans la zone présumée endémique de l'hôte [55], soit dans des endroits où des succès antérieurs ont été obtenus [158], [55].

La majorité des parasitoïdes d'aleurodes inféodés aux agrumes appartiennent à la famille des Aphelinidae [159]. Les Aphelinidae regroupent 7 sous-familles comptant 33 genres et 1168 espèces [160] et font l'objet de plusieurs programmes de lutte biologique contre les Aleyrodidae [161].

2.3.3.3.1 Les parasitoïdes de l'aleurode des citrus (*D.citri*)

Plusieurs parasitoïdes ont été recensés, appartenant à la super famille des Chalcidoidea et à la famille des Aphelinidae, en particulier, *Aphytis proclia* (Walker), *Encarsia formosa* Gahan, *Encarsia tricolor* Forster, *Prospaltella citri* Ishii, *Prospaltella citrifila* Silvestri, *Prospaltella lahorensis* Howard et *Prospaltella* sp [50], [93]. Evans [70], a cité plusieurs espèces d'hyménoptères pouvant être efficaces contre les populations de mouches blanches inféodées aux agrumes (Tab. 4).

Tableau 4 : Les principaux parasitoïdes de l'aleurode des agrumes [70]

Ordre	Famille	Espèce
Hymenoptera	Aphelinidae	<i>Encarsia abundantia</i> , <i>Encarsia armata</i> , <i>Encarsia citrella</i> , <i>Encarsia citri</i> , <i>Encarsia citrifila</i> , <i>Encarsia formosa</i> , <i>Encarsia lahorensis</i> , <i>Encarsia longivalvula</i> , <i>Encarsia magnivena</i> , <i>Encarsia protransvena</i> , <i>Encarsia sophia</i> , <i>Encarsia sp</i> <i>Encarsia strenua</i> , <i>Encarsia tabacivora</i> , <i>Encarsia tricolor</i> , <i>Encarsia variegata</i> , <i>Eretmocerus</i> sp
	Eulophidae	<i>Euderomphale</i> sp

Encarsia lahorensis Howard est considéré cependant comme le parasitoïde le plus efficace de *D. citri*, elle a été identifiée dans le nord de l'Inde en tant que *Prospaltella lahorensis* Howard, et ensuite placée dans le genre *Encarsia* [162]. Elle s'est établie en Californie en 1968 [163]. Introduite de Californie au Cap d'Antibes, ainsi qu'en Corse, *Encarsia lahorensis* s'était implanté six ans après et s'est disséminé dans toute la zone agrumicole des Alpes-Maritimes [164]. Son introduction dans diverses zones de culture des agrumes du monde a entraîné des niveaux de parasitisme allant de 70 à 80%. Cette espèce a été introduite avec succès en Grèce, en Italie, en République de Géorgie, en Turquie et en Ouzbékistan [130]; [91].

En Alabama, aux États-Unis, les populations de *D.citri* ont été réduites de manière significative un an après l'introduction d'*E.lahorensis*. Trois ans plus tard,

D.citri n'était plus un parasite dans les régions où *E.lahorensis* était présent [130]. Un autre parasitoïde *Encarsia strenua* très actif a été utilisé dans plusieurs pays pour combattre l'aleurode des agrumes *D.citri* [165]; [100].

La femelle *Encarsia lahorensis* mesure 0,54 à 0,84 mm de long et a 1,42 mm d'envergure [166]. Le mâle est un peu plus petit que la femelle, il mesure 0,62 mm de long avec la tête brune et l'abdomen brun foncé [167] (Fig. 19 (A,B,C,D)).

Les femelles fécondées de cette espèce déposent leurs œufs à proximité des larves de 3^{ème} et 4^{ème} stade de *D.citri* et donnent naissance à des générations femelles [166]. Le passage du stade œuf au stade adulte nécessite 12 à 15 jours pour les mâles et 24 à 25 jours pour les femelles sous une température de 24°C, et il passe l'hiver à divers stades [168].

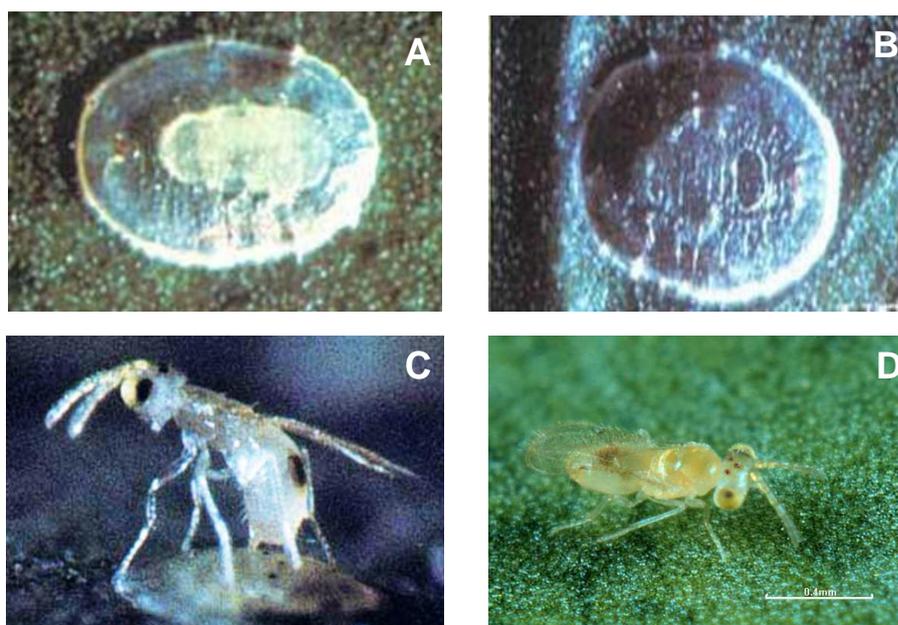


Figure 19 : Les parasitoïdes de l'aleurode des citruses : Larve d'*Encarsia lahorensis* développée à l'intérieur d'une larve de *D.citri* (A) : pore de sortie d'*E.lahorensis* (B) : Adulte d'*E.lahorensis* déposant des œufs à l'intérieur des larves de *D.citri* (C) : Adulte d'*E.lahorensis* en recherche d'une larve de *D.citri* (D) [166]; [160]

2.3.3.3.2 Les parasitoïdes de l'aleurode floconneux (*A.floccosus*)

Aleurothrixus floccosus est efficacement contrôlé par de nombreux parasitoïdes naturels, dont des espèces de parasitoïdes appartenant au genre

Encarsia, *Eretmocerus*, *Amitus*, *Signiphora* et *Cales* sont présentes en Amérique du Sud [169]. En Californie, *Amitus spiniferus* (Brethes) *Hempel paulistus*, *Eretmocerus* et *Encarsia* sp ont été introduites en 1967 pour contrôler *A. floccosus* [170].

A.spiniferus (Hymenoptera-Platygasteridae) endoparasitoïde solitaire, originaire du Mexique, qui s'est rapidement établi et a pu contrôlé les populations de l'aleurode floconneux à de faibles niveaux, il parasite les larves de 1^{er} et de 2^{eme} stade en particulier [29] ((Fig. 20 (A,B,C)). Une femelle peut produire plus de 60 générations, mais elle a une faible capacité de recherche et ne survit que 4 à 5 jours [29].

En plus du parasitoïde cité précédemment, certaines espèces du genre *Signiphora* jouent un rôle important dans la régulation biologique de l'aleurode floconneux en particulier *Signiphora aleyrodis* [171] ((Fig. 20 (D)).



Figure 20 : Les parasitoïdes de l'aleurode floconneux: Larves d'*A.floccosus* parasitées par *Amitus spiniferus* (A), (B) : Adulte d'*A.spiniferus* (C) : Adulte de *Signiphora aleyrodis* (D) [140]; [171].

Parmi les autres espèces de parasitoïdes de l'aleurode floconneux, le genre *Cales* appartenant à la famille des Aphelinidae révélant un grand intérêt [172], et

qui est morphologiquement et génétiquement en étroite relation avec le genre *Eretmocerus* [173].

Miklasiewicz et Walker [174], rapportent que *C.noacki* à la capacité de parasiter les 2^{ème} et 4^{ème} stades et de d'émerger au 3^{ème} ou 4^{ème} stade de l'aleurode floconneux (Fig. 21). Cette espèce a été introduite en 1970 du Chili, vers l'Europe puis dans le bassin Méditerranéen et a présenté une efficacité élevée dans le contrôle d'*A.floccosus* [23].

Au cours des années 2005-2006, les taux de parasitisme de *C.noacki* sur les populations d'*A.floccosus* étaient de 70,27 à 88,71% en Turquie [29], et dans les plantations d'agrumes où le contrôle chimique n'a pas été appliqué, *C.noacki* parasitait 99% des jeunes stades d'*A.floccosus*, réduisant ainsi les populations à des niveaux très faibles tout au long de l'année. En Italie, le niveau de parasitisme d'*A.floccosus* par *C. noacki* a atteint plus de 70% dans les zones de lâchers du parasitoïde [175]. *C.noacki* a été également utilisé pour lutter contre *A.floccosus* au Malawi [176].

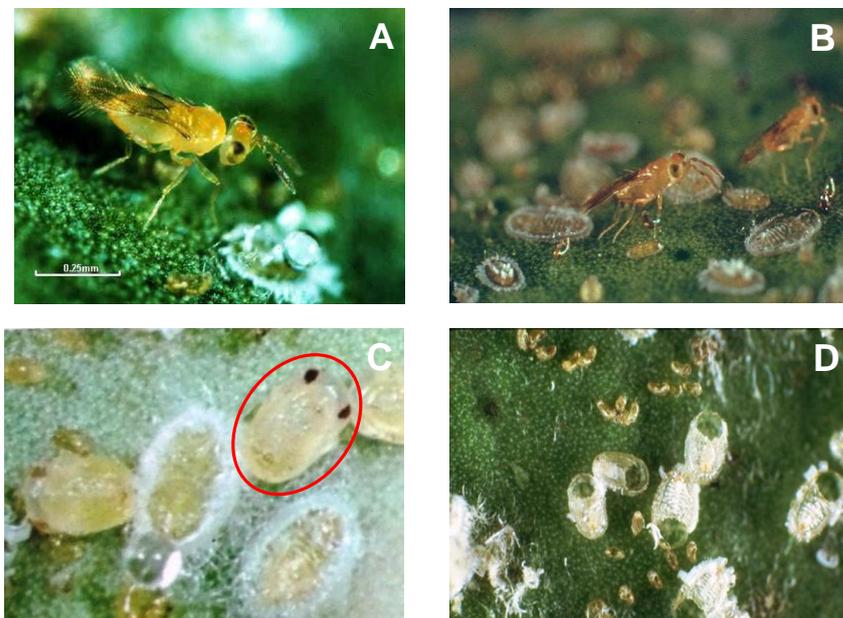


Figure 21 : Adulte de *Cales noacki* parasitant des larves d'*A.floccosus* (A), (B) : Larve de *C.noacki* dépourvue de soies caractéristiques des larves de l'aleurode floconneux (C) : puparium d'*A.floccosus* vide avec pores de sortie des *C.noacki* (D) [140]; [160]; [85].

Evans [70], a mis en évidence une liste des principales espèces de parasitoïdes attaquant l'aleurode floconneux (Tab. 5).

Tableau 5 : Les principaux parasitoïdes de l'aleurode floconneux [70].

Ordre	Famille	Espèce
Hymenoptera	Aphelinidae	<i>Cales noacki</i> , <i>Dirphys larensis</i> , <i>Encarsia aleurothrix</i> , <i>Encarsia Americana</i> , <i>Encarsia basicincta</i> , <i>Encarsia brasiliensis</i> , <i>Encarsia cubensis</i> , <i>Encarsia desantisi</i> , <i>Encarsia dispersa</i> , <i>Encarsia dominicana</i> , <i>Encarsia haitiensis</i> , <i>Encarsia hispida</i> , <i>Encarsia luteola</i> , <i>Encarsia perplexa</i> , <i>Encarsia portoricensis</i> , <i>Encarsia quaintancei</i> , <i>Encarsia variegata</i> , <i>Encarsiella noyesi</i> , <i>Encarsiella</i> sp, <i>Eretmocerus aleurothrixus</i> , <i>Eretmocerus ampliatus</i> , <i>Eretmocerus comperei</i> , <i>Eretmocerus desantisi</i> , <i>Eretmocerus dozieri</i> , <i>Eretmocerus exilis</i> , <i>Eretmocerus gracilis</i> , <i>Eretmocerus haldemani</i> , <i>Eretmocerus jimenezi</i> , <i>Eretmocerus longiterebrus</i> , <i>Eretmocerus paulistus</i> , <i>Eretmocerus portoricensis</i>
	Encyrtidae	<i>Metaphycus angustifrons</i> , <i>Metaphycus</i> sp, <i>Plagiomerus cyaneus</i>
	Eulophidae	<i>Euderomphale mexicana</i> , <i>Neopomphale aleurothrix</i>
	Platygastridae	<i>Amitus</i> sp <i>Amitus spiniferus</i>
	Signiphoridae	<i>Signiphora</i> sp <i>Signiphora townsendi</i>

Chapitre II :

MATERIELS ET METHODES

1 Caractéristiques descriptives de la région d'étude

Les vergers d'étude se localisent dans la région de Chlef qui est située au centre de la vallée du Chélif, au milieu d'une vaste plaine située entre une chaîne montagneuse représentées par les reliefs de Medjadja et la chaîne du Dahra au nord et les monts de l'Ouarsenis au sud, caractérisée par deux oueds, celui de Chélif et de Tsighaout. C'est une région située au Nord-Ouest d'Alger entre les deux plus grandes villes d'Algérie, Alger et Oran, est s'étend sur une superficie de 4 791Km² [177].

1.1 Caractéristiques climatiques

Le climat est de type méditerranéen humide à Sub-humide dans sa partie nord (Ténès, Beni haoua) et de type continental semi-aride au centre et en allant vers le sud, il se caractérise des airs chauds pendant la saison estivale créant ainsi une forme de sécheresse [178]. De manière globale, la région du Chlef est caractérisée par un régime thermique annuel variable et irrégulier, avec des étés secs et chauds, contre des hivers sont froids et humides [178].

Woodward [179], soulignait l'importance des températures minimales et leur influence sur la répartition des espèces végétales.

1.1.1 Les températures

Durant les mois de l'année, on enregistre des températures régulièrement croissantes entre les deux pôles chauds et froids et les évolutions des températures moyennes mensuelles et annuelles enregistrées au niveau de la station météorologique de Chlef, sont indiquées pour la période 2012-2016 (Fig. 22 A et B)).

Les températures mensuelles moyennes varient de 12 à 30°C, avec des extrêmes atteints en Août (30,8 °C) et en Février (11,3 °C) (Fig. 22 (A)). En général, les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées essentiellement pendant la période d'été (juillet-Septembre).

Les moyennes des températures les plus élevées ont été enregistrées en 2014, 2015 et 2016 avec des valeurs oscillant entre 20,5 °c et 20,7°c. L'année 2013 a été la plus froide dont la température moyenne annuelle atteinte de 19,4 °c (Fig. 22 (B)).

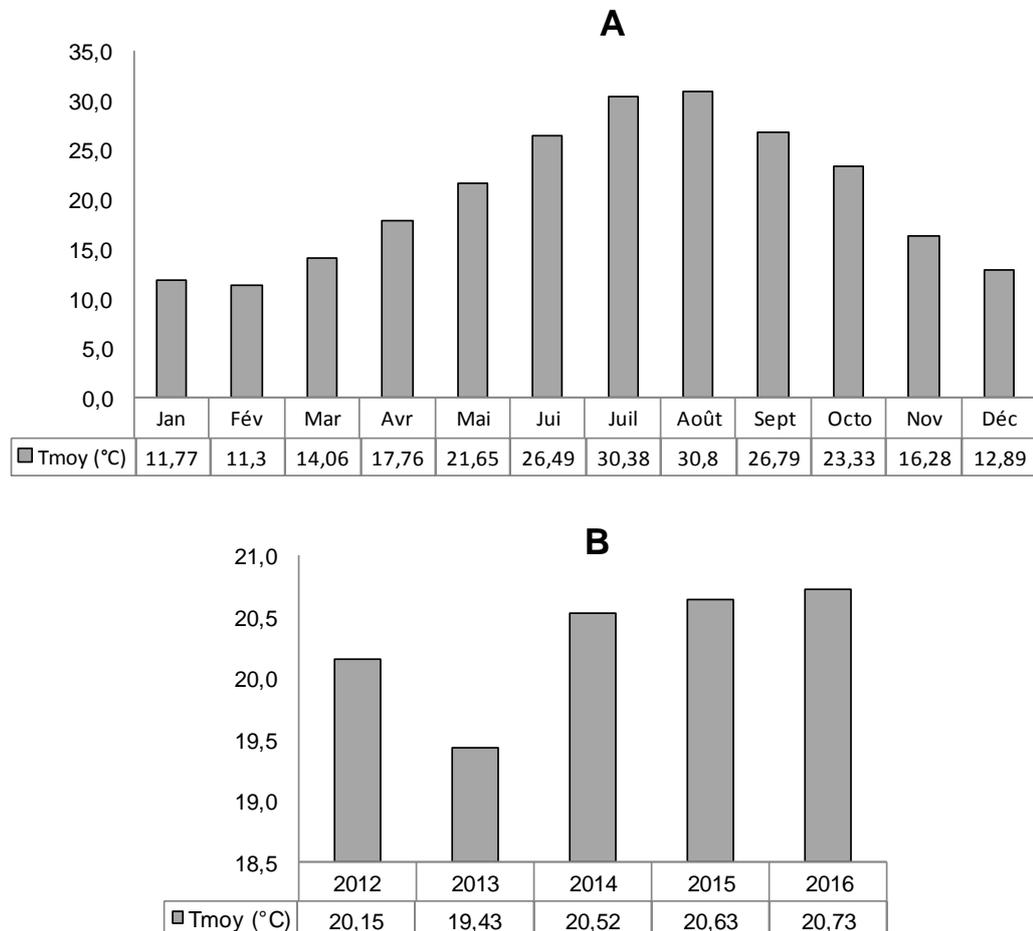


Figure 22 : Variabilité des températures mensuelles **(A)** et moyennes annuelles **(B)** durant la période 2012-2016 au niveau de la région de Chlef [180].

1.1.2 La pluviométrie

En effet, les précipitations représentent un facteur écologique primordial qui agit sur la répartition et le fonctionnement des différents écosystèmes [181], et l'eau représente l'équivalent de 70 à 90% des tissus de beaucoup d'êtres vivant [182]. Les précipitations de la région d'étude sont irrégulières variant de manière importante d'un mois à un autre et d'une année à une autre.

L'évolution des précipitations mensuelles enregistrées au courant de la période 2012-2016, est caractérisée par des précipitations abondantes dépassant

93 mm en Février, et avoisinant 71mm en Novembre (Fig. 23 (A)). L'année 2012 se caractérise par une plus forte pluviosité avec un cumul annuel de pluies avoisinant 525 mm. L'année 2015, a été en revanche moins pluvieuse où les précipitations annuelles n'ont pas dépassé 256 mm, ce qui explique la vague de sécheresse enregistrée durant cette année (Fig. 23 (B)).

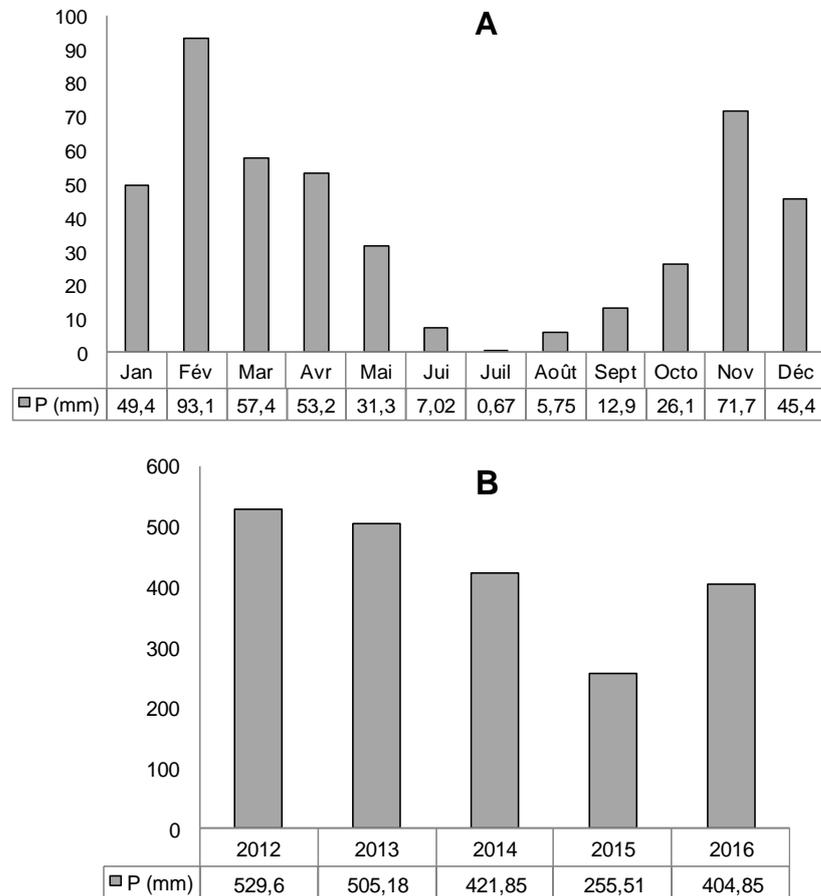


Figure 23 : Précipitations moyennes mensuelles **(A)** et annuelles **(B)** de 2012-2016 au niveau de la région de Chlef [180]

1.1.3 Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique proposé par Bagnouls et Gausson est le seul moyen efficace et fiable pour représenter et comparer les climats [183]. Selon Bagnouls & Gausson [184], ce diagramme compare la température et la pluviosité mois par mois, et les ordonnées représentées sont choisies de telle sorte que 1 °C correspondent à 2 mm de pluie. Un mois sec est défini lorsque le total des précipitations mensuelles (mm), est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle (°C) [182], et la période sèche apparaît lorsque la courbe de température passe au-dessus de la courbe des précipitations [183].

Le diagramme ombrothermique établi pour la région de Chlef de 2012-2016 montre une première période humide qui s'étend du début janvier à fin avril, puis une période sèche allant du début de mai jusqu'à la mi-octobre, suivie par une deuxième période humide s'étalant de la mi-octobre jusqu'à mois de décembre (Fig. 24).

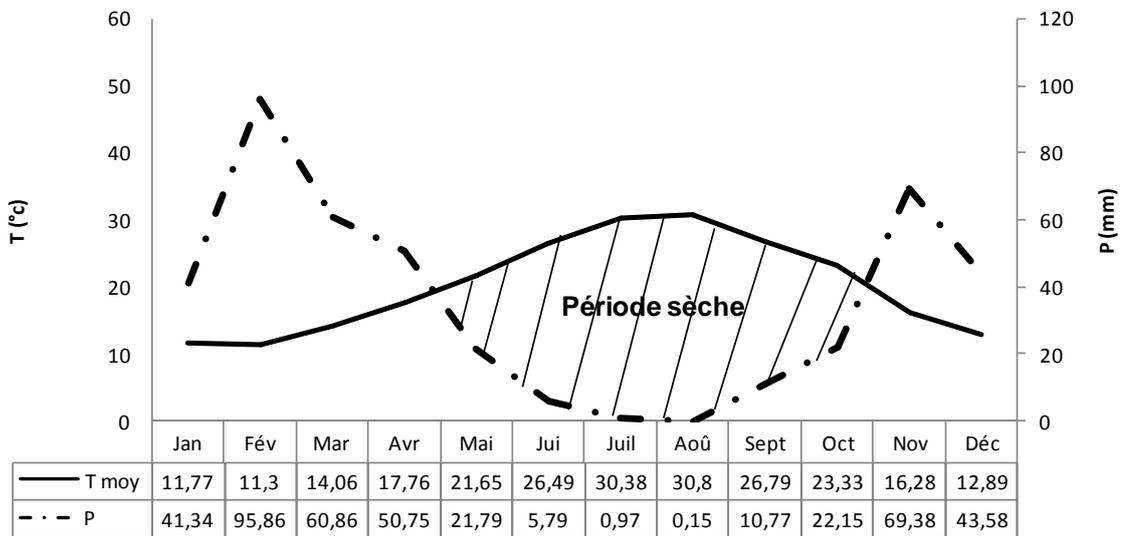


Figure 24 : Diagramme ombrothermique de la région de Chlef de la période de 2012-2016 [180].

1.1.4 Climagramme d'Emberger

Le Quotient pluviothermique d'Emberger (Q_2), est défini par les valeurs moyennes des températures minima (m) du mois le plus froid qui sont portées sur l'axe des abscisses et en ordonnées celles de Q_2 , permettant de déterminer les étages bioclimatiques de la région d'étude [185]. La formule de calcul proposée par Emberger est comme suit :

$$Q_2 = (2000 \times P) / ((M + 273)^2 - (m + 273)^2)$$

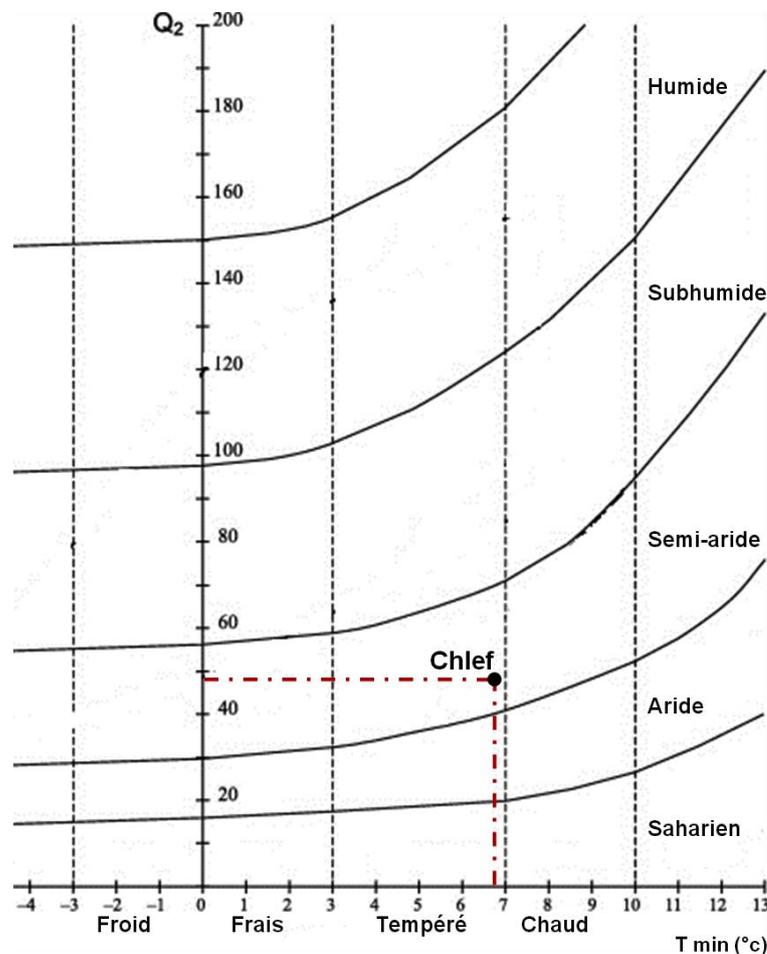
Avec Q_2 : quotient pluviothermique, M: Température moyenne maximale du mois le plus chaud en $^{\circ}\text{C}$, m: Température moyenne minimale du mois le plus froid en $^{\circ}\text{C}$, P: Précipitation annuelle en mm

Selon la valeur du Q_2 , jusqu'à six catégories d'humidité et six variantes hivernales peuvent être distinguées (Tab. 6) en fonction des valeurs de m [186] ; [187].

Tableau 6 : Définition du type de climat et d'hiver [187]

Type de climat	Q_2	Type d'hiver	m (°C)
Per-aride	<17	Très chaud	>10
Aride	17–30	Chaud	7–10
Semi-aride	30–57	Doux	3–7
Sub-humide	57–98	Frais	0–3
Humide	98–150	Froid	-3 à 0
Per-humide	>150	Très froid	-7 à -3

Pour la période décennale allant de 2009 à 2017, d'après les données climatiques collectées auprès de l'agence nationale de météorologie de Chlef, le quotient pluviothermique calculé est égal à 48,21 et la température moyenne minimale de 6,8°C, positionnant la région de Chlef se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver doux (Fig. 25).

**Figure 25** : Climagramme d'Emberger de la région de Chlef (2009-2017) [180].

1.2 Végétation naturelle

En général, le coté nord de la wilaya (zone côtière) est caractérisé par une vocation viticole et de cultures maraichères sous serres, en présence d'une couverture forestière intense quant au sud de la wilaya, il est dominé essentiellement par les forêts qui font partie des massifs de l'Ouarsenis représenté essentiellement par des forêts de Thuya, de chêne (chêne vert et chêne liège), de pin (pin d'Alep, pin Maritime), d'oléastres et de lentisques [188]. Au bord de l'oued Cheliff, on retrouve des végétaux ligneux comme el Tamarin d'Afrique, Laurier rose, et quelques végétaux herbacés comme Roseaux [189].

2 Description des stations d'étude

Les vergers d'étude se répartissent sur 6 stations différentes représentant l'ensemble de la région agrumicole de Chlef qui s'étend de Oued Fodda à l'Est jusqu'au Boukader à l'Ouest en passant par Chlef et Chettia au centre (Fig. 26).

Les vergers d'études sont âgés pour la majorité de plus d'une trentaine d'années et d'une superficie comprise entre 1,2 à 4 ha (Tab.7, Fig. 27). De manière générale, aucun traitement insecticide contre les aleurodes n'a été réalisé au niveau des vergers d'études. La taille ne se fait pas au moment opportun avec une fertilisation basée sur l'épandage des engrais composés, en période estivale. La distance de plantation pour tous les vergers est de 4x5m et 3x4 m pour la parcelle de clémentinier (verger de Chlef 1).

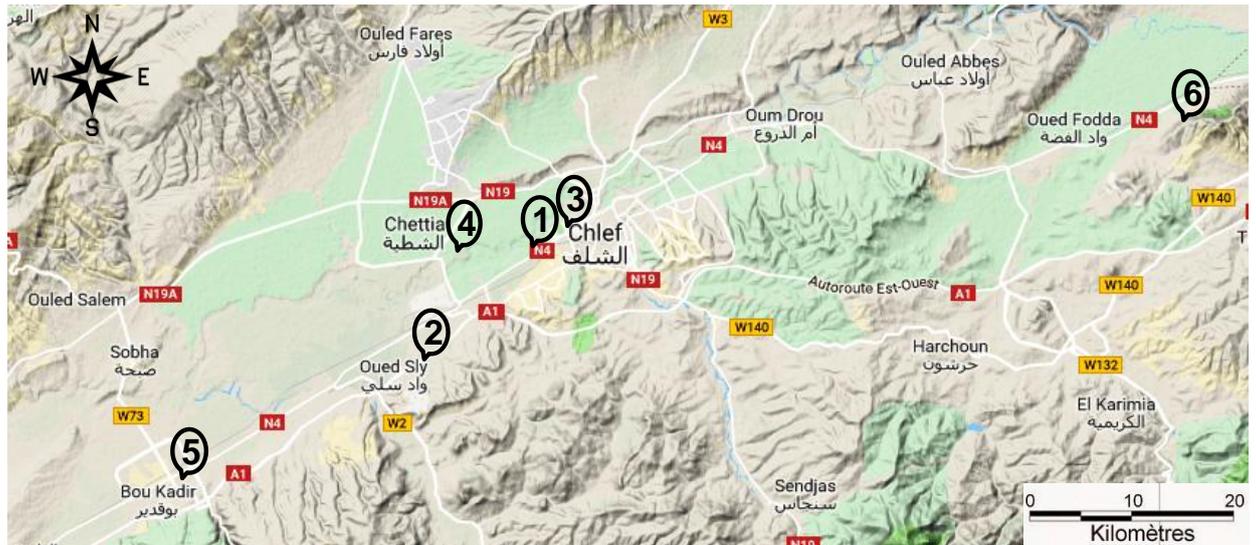


Figure 26 : Répartition des vergers d'étude au niveau de la région agrumicole de Chlef

Les données climatiques ont été enregistrées pour chaque période de suivi, à partir de la station météorologique de Chlef, permettant de corréler la relation étroite entre les conditions climatiques et les périodes de grandes activités des aleurodes, ces données climatiques sont confirmées avec les bases de données de certains sites météorologiques sur le web.

Les principales caractéristiques des vergers d'études ont été résumées au niveau du tableau 7:



Figure 27 : Répartition géographique des vergers d'études (**verger 1** : Chlef 1 ; **Verger 2** : Oued sly ; **verger 3** : Chlef 2 ; **verger 4** : Chettia ; **verger 5** : Boukader ; **verger 6** : Oued fodda) (Google earth)

Tableau 7 : Description des vergers d'étude

N°	Verger	Variété plantée	Age du verger	Superficie (ha)	Période de suivi	Localisation géographique	Altitude (mètre)	Type d'irrigation	Traitement chimique	Etat général du verger
1	Chlef 1	<i>Citrus reticulata</i> (Clémentine)	60	2,34	juillet 2013 à juin 2014	36°10'04.56"N 1°17'18.09"E	95	Irrigation à la raie	Aucun	mal entretenu
2	Oued Sly	<i>Citrus sinensis</i> (Thomson navel)	12	4	juillet 2013 à juin 2014	36°05'53.4"N 1°13'01.5"E	96	Irrigation à la raie	Aucun	bien entretenu
3	Chlef 2	<i>Citrus sinensis</i> (Washington navel)	56	3,4	juillet 2014 à juin 2015	36°10'38.9"N 1°18'36.3"E	96	Irrigation à la raie	Aucun	mal entretenu
4	Chettia	<i>Citrus sinensis</i> (Washington navel)	59	2,7	juillet 2014 à juin 2015	36°08'25.8"N 1°11'24.5"E	83	Irrigation à la raie	Aucun	mal entretenu
5	Boukader	<i>Citrus sinensis</i> (Thomson navel)	59	1,2	juillet 2015 à juin 2016	36°04'39.1"N 1°09'49.6"E	86	Irrigation à la raie	Aucun	mal entretenu
6	Oued Fodda	<i>Citrus sinensis</i> (Valencia)	38	3,2	juillet 2015 à juin 2016	36°11'56.9"N 1°34'43.8"E	156	Irrigation à la raie	Aucun	mal entretenu

3 Méthodes d'échantillonnage sur le terrain

Selon Onillon [190], l'étude de la dynamique des populations des Aleyrodidae est particulièrement difficile à réaliser à cause du polyvoltinisme de ces ravageurs, ayant un fort potentiel de multiplication, et dont les interactions avec les facteurs climatiques et la plante hôte sont complexes et variées.

Au cours de la période allant du juillet 2013 à juin 2016, des suivis périodiques des populations de mouches blanches ainsi que de leurs ennemis naturels ont été menés au niveau de six vergers d'agrumes sélectionnés. Les échantillonnages ont été effectués chaque quinzaine durant les périodes de croissance rapide (d'avril à octobre) et mensuellement pendant les mois d'hiver [46]; [191]; [192].

Globalement, la méthode est basée d'une part sur l'observation directe régulière des rameaux porteurs de jeunes et anciennes feuilles hébergeant des populations d'aleurodes et leurs auxiliaires associés, ainsi que l'utilisation des plaques engluées permettant d'autre part de capturer les insectes volant au niveau des vergers.

3.1 Observations directes sur les rameaux

De façon aléatoire, 10 arbres sont choisis au niveau de chaque verger [100]. Un rameau est observé à chaque direction cardinale (N-S-E-O) (Fig. 28 (2)). En effet, Telli et Yigit [29], ont étudié la répartition de l'aleurode floconneux sur les quatre directions des arbres d'agrumes en Turquie.

Le nombre d'aleurodes et d'auxiliaires adultes observés sur le feuillage est rapporté sur des fiches de suivi préalablement établies afin de suivre leurs fluctuations temporelles et évaluer leur variation d'abondance au niveau des vergers.

Smaili *et al.* [193], ont adopté un contrôle visuel des rameaux, feuilles, fruits et jeunes pousses des arbres d'agrumes pour suivre les parasitoïdes des ravageurs d'agrumes. Selon Rodrigues et Cassino [192], la hauteur qui offre une

meilleure observation au niveau de la frondaison varie entre 1,30 et 1,70 m (Fig. 28 (1)).

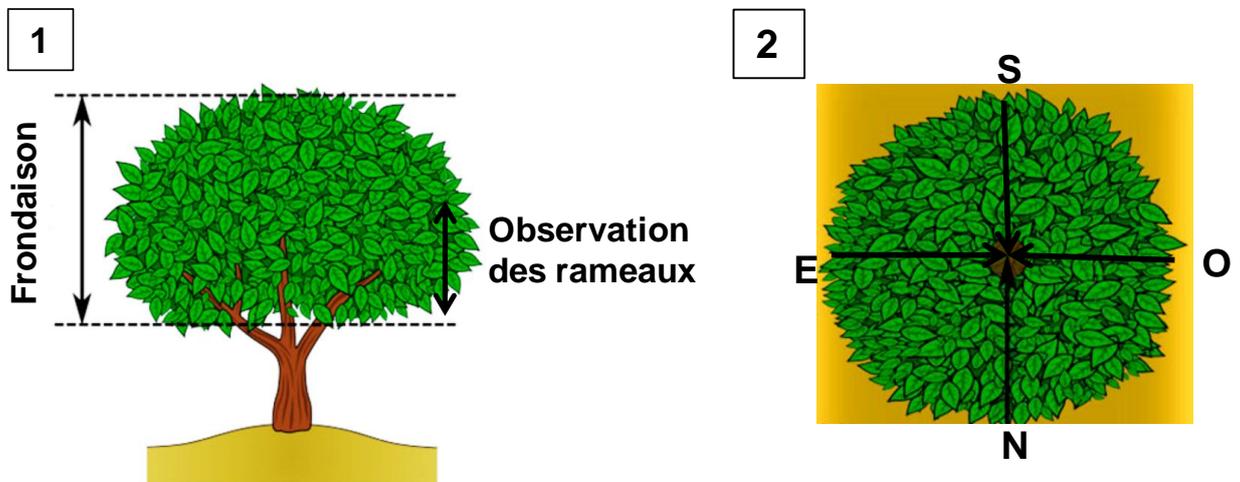


Figure 28 : Technique d'échantillonnage des rameaux porteurs des feuilles (1) et échantillonnage des populations sur les quatre directions cardinales (2) [N : nord, S : sud, E : est, O : ouest].

3.2 Captures des ailés par les pièges jaunes englués

Les pièges collants sont couramment utilisés pour l'échantillonnage des ravageurs ainsi que leurs ennemis naturels [103]; [194]. Ils permettent de capturer un très grand nombre d'insectes notamment des hémiptères, des diptères, des hyménoptères et certains coléoptères comme les coccinelles [61]. Ils peuvent aussi être utilisés pour compter le nombre de générations de plusieurs organismes nuisibles [195].

Smaili *et al.* [193]; Gomar [196]; Yaherwand [197], ont utilisés les pièges jaunes englués comme moyens de capture des ennemis naturels des ravageurs inféodés aux agrumes. Eserkaya et Karaca [198], ont utilisés des pièges jaunes englués pour capturer également les prédateurs et parasitoïdes circulant dans les vergers agrumicoles Turques. En effet, selon Ekbohm et Rumei [199]; Katsoyannos *et al.* [25], les adultes d'*A.floccosus* et ses ennemis naturels en particulier son parasitoïde *Cales noacki* et ses coccinelles prédatrices peuvent être capturés à travers des pièges jaunes englués.

Au courant de l'échantillonnage, trois pièges collants de type HORIVER de 150 cm² (25 x 10 cm) de forme rectangulaire de couleur jaune vif et enduit de glue, ont été utilisés, à l'exception du verger de Chlef 1, où nous avons installé en plus des trois pièges, cinq autres pièges pour capturer le maximum d'ennemis naturels volants. Ces pièges ont été suspendus à une hauteur comprise entre 0,5 et 1,5 mètre (Fig. 29) à l'extérieur de la frondaison des arbres choisis aléatoirement et éloignés les un des autres d'une distance de 50 mètres [199]; [198].

Les pièges englués sont changés chaque quinzaine, mais chaque mois en période hivernale d'après la méthode adoptée par Vercher *et al.* [200], ils sont par la suite recouverts par un film alimentaire transparent offrant une bonne conservation pour les insectes volants qui y sont tombés. Le comptage et l'identification des insectes capturés ont été réalisés au laboratoire de zoologie de l'université de Blida et le laboratoire de l'ANSES [46].

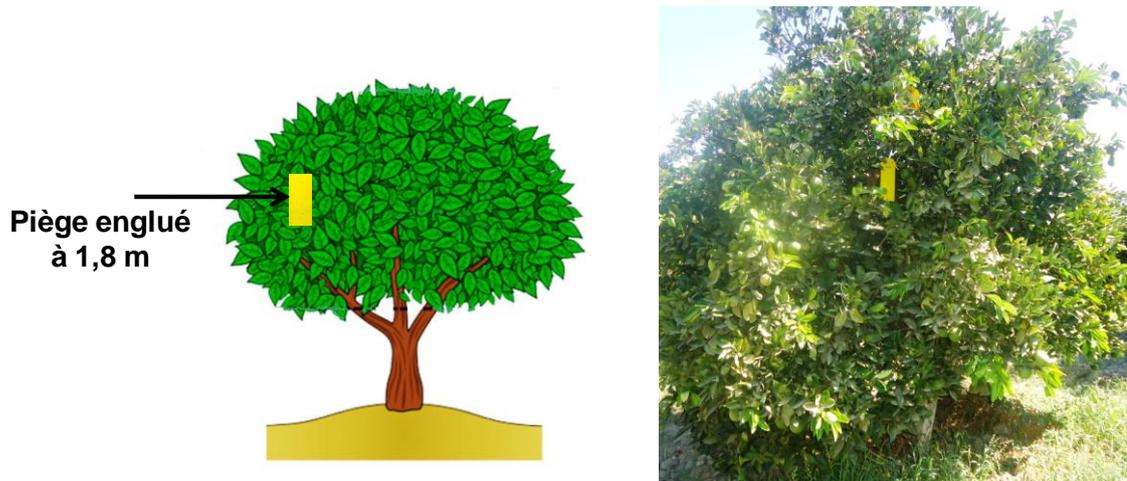


Figure 29 : Emplacement des pièges jaunes englués au niveau des arbres d'agrumes

3.3 Prélèvements foliaires pour l'étude du taux d'infestation et du parasitisme

Cinquante feuilles infestées par les larves de mouches blanches (*D.citri* et *A.floccosus*) ont été collectées au hasard [25]; [96]; [201] à chaque sortie dans le but de déterminer le nombre de larves vivantes, mortes, écloses et parasitées et évaluer ainsi les taux de parasitisme tout au long de la période d'échantillonnage.

3.4 Diversité de la flore adventice au niveau des vergers d'étude

En verger d'agrumes, le couvert végétal constitué d'une communauté d'adventices, présente un fort potentiel pour la mise en place de la lutte biologique par conservation basée essentiellement sur le maintien et la protection de la faune auxiliaire déjà existante au niveau du verger. L'alimentation des adultes dépend en effet presque totalement du nectar des mauvaises herbes d'après Ollivier [202].

La flore adventice de chaque verger a été inventoriée en période printanière. La parcelle est divisée en deux transects de 100 m² en diagonale au hasard, à partir desquels on estime une abondance des plantes adventices rencontrées. Chaque verger a été caractérisé par une liste de toutes les espèces adventices présentes, avec la notation pour chacune d'elles, d'un indice d'abondance représenté par le nombre d'individus par unité de surface.

L'échelle d'abondance utilisée est celle de Barralis [203] qui comprend cinq niveaux:

- 1 moins de 1 individu par m²
- 2 de 1 à 2 individus par m²
- 3 de 3 à 20 individus par m²
- 4 de 21 à 50 individus par m²
- 5 plus de 50 individus par m²

A chaque plante on attribue un pourcentage de recouvrement en relation avec l'indice d'abondance correspondant.

4 Méthodes adoptées au laboratoire

4.1 Observations des feuilles infestées et des larves parasitées

Les feuilles infestées de larves d'aleurodes sont examinées sous une loupe binoculaire (x40). Selon Rodrigues et Cassino [204]; López et Segade [100], les débris et les autres ravageurs couvrant la surface des feuilles récoltées ont été nettoyés laissant seulement que les larves d'aleurodes et de préférence que les

larves parasitées de sorte que les parasitoïdes émergés étaient même associés à l'espèce de mouche blanche répertoriée.

4.2 Elevage des parasitoïdes au laboratoire

Durant la période d'échantillonnage, des larves d'aleurodes parasitées ont été récoltées et mises dans des boîtes contenant du coton imbibé dans le but de favoriser l'éclosion des larves parasitées et la sortie des adultes de parasitoïdes. Ces derniers sont comptés et récoltés dans des tubes contenant de l'alcool (70%) en vue de leur identification et pour suivre leur dynamique de populations au niveau de ces pièges.

4.3 Identifications de l'entomofaune

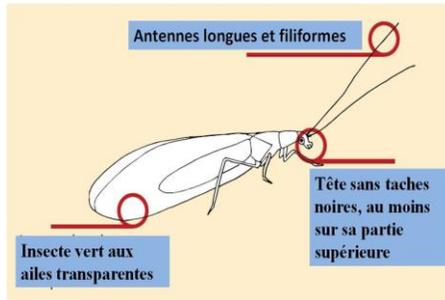
4.3.1 Identification de l'entomofaune utile

Les échantillons ramenés au laboratoire sont triés, et les insectes de petites tailles sont conservés dans des flacons contenant de l'alcool à 70 % pour leur conservation jusqu'à leur identification. Les insectes de taille moyenne à grande, sont fixés et étalés sur des plaques. Les insectes prédateurs et parasitoïdes ont été comptés. Des grossissements (x20, x40, x80) ont été utilisés selon les nécessités d'une meilleure identification.

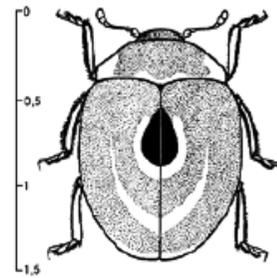
Au niveau des plaques engluées, les prédateurs et les parasitoïdes des aleurodes ont été d'abord repérés par un numéro à l'aide d'un stylo feutre indélébile. Grâce au grossissement de la loupe binoculaire, on peut visualiser avec plus de précision les détails morphologiques de l'insecte en rapport notamment avec la nervation alaire, la forme des antennes et leur position au niveau de la tête. L'identification des taxons capturés a été réalisée au niveau du genre et de l'espèce pour la majorité des familles. Pour cela, plusieurs clés d'identification des parasitoïdes et prédateurs ont été utilisées [21]; [148]; [205]; [206]; [207]; [208]; [209]; [210], et surtout la base de données du musée d'histoire naturelle de Londres (fig.30). Certaines identifications des parasitoïdes et prédateurs de mouches blanches ont été réalisées conjointement avec professeur Allal Benfekih Leila avec l'aide de professeur Ferran Garcia-Mari de l'université polytechnique de Valence.

Après confirmation de l'identité des hôtes d'où sont sortis les parasitoïdes, plusieurs larves infestées sont placées dans des boîtes rectangulaires de dimensions (15cm x 8cm x 5cm) contenant du coton imprégné pour l'émergence. Les parasitoïdes ont été par la suite transférés dans des petits tubes en plastique contenant de l'alcool à 70% et déplacés à l'aide d'une brosse fine pour ne pas endommager les spécimens [211].

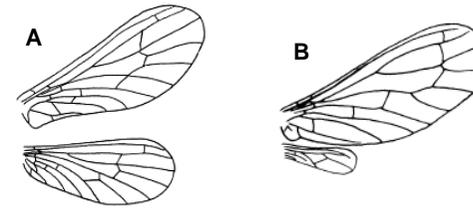
Les plaques engluées ont été observées au niveau du laboratoire de zoologie de l'université de Blida et au niveau du laboratoire de la santé des végétaux (ANSES) de Montpellier à l'aide d'une loupe binoculaire et un microscope optique couplés à un microordinateur et dotés d'une caméra permettant la capture de photos ultramodernes révélant ainsi les principales caractéristiques morphologiques utiles pour les identifications des taxons.



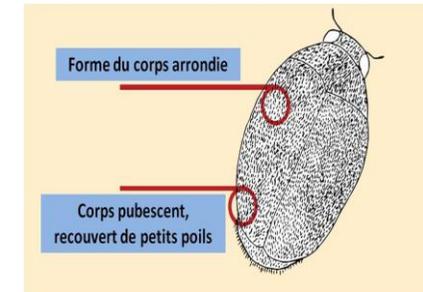
Chrysoperla carnea [210]



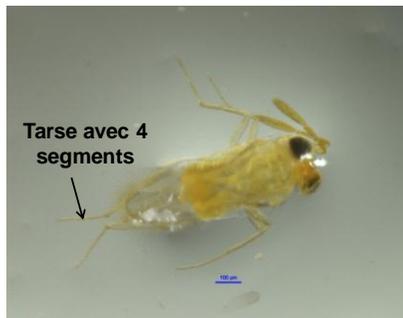
Clitostethus arcuatus : Corps jaune à brun rouge, avec un dessin en forme d'arc (1,2-1,5 mm) [207]



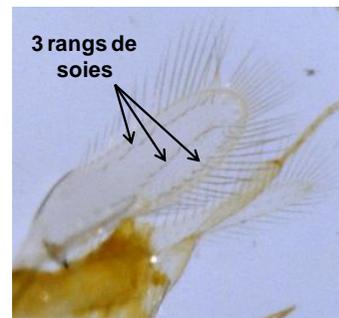
Ailes antérieures relativement grandes que les postérieures **(A)** chez **S.Aleyrodiformis** ; Ailes antérieures plus grandes que les postérieures **(B)** chez **C.psociformis** [209] ; [148]



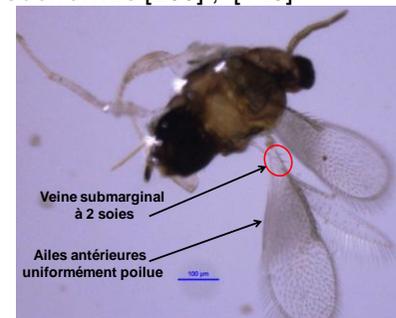
Scymnus spp [210]



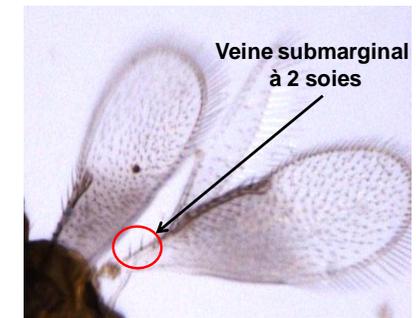
Cales noacki : petit corps jaune, antennes courtes, sans anneaux, maximum 3 segments en funiculaire. [212]



Cales noacki : Aile antérieure étroite, avec des soies disposées en 3 rangs distincts [212]



Encarsia spp : Corps clair, avec des zones plus ou moins sombres au niveau de l'abdomen (gaster) [212]



Encarsia spp : Veine submarginal à 2 soies [212]

Figure 30 : Les principales caractéristiques morphologiques des prédateurs et parasitoïdes des aleurodes inféodées aux agrumes

4.3.2 Identification des aleurodes

Les identifications des deux espèces d'aleurodes répertoriées au niveau de la région de Chlef ont été déjà réalisées *in situ* en se basant sur la forme générale des adultes, des larves et des colonies d'insectes sur le feuillage. Une identification morphologique des pupariums a été réalisée au niveau du laboratoire de la santé des végétaux (ANSES) de Montpellier avec l'aide de Mr. Jean-Claude Streito chercheur à INRA.

En effet, Hodges et Evans [213], ont décrit les principales étapes nécessaires pour identifier les mouches blanches, qui sont comme suit :

- ❖ Il faut avoir le stade puparien (actuellement, les autres formes ne sont généralement pas identifiables au niveau de l'espèce).
- ❖ Être capable de détecter les différents stades de larves (parfois ils sont cachés, ou clairs et camouflés).
- ❖ Maîtriser les caractères qui sont nécessaires aux différentiations génériques et spécifiques, y compris avoir un équipement microscopique et un spécimen correctement monté.
- ❖ Avoir des clés et/ou d'autres aides à l'identification disponibles pour comparer et contraster avec d'autres espèces.

La méthode de préparation des pupariums pour l'identification microscopique est décrite par Streito [104]; Hodges et Evans [213] (Fig. 31).

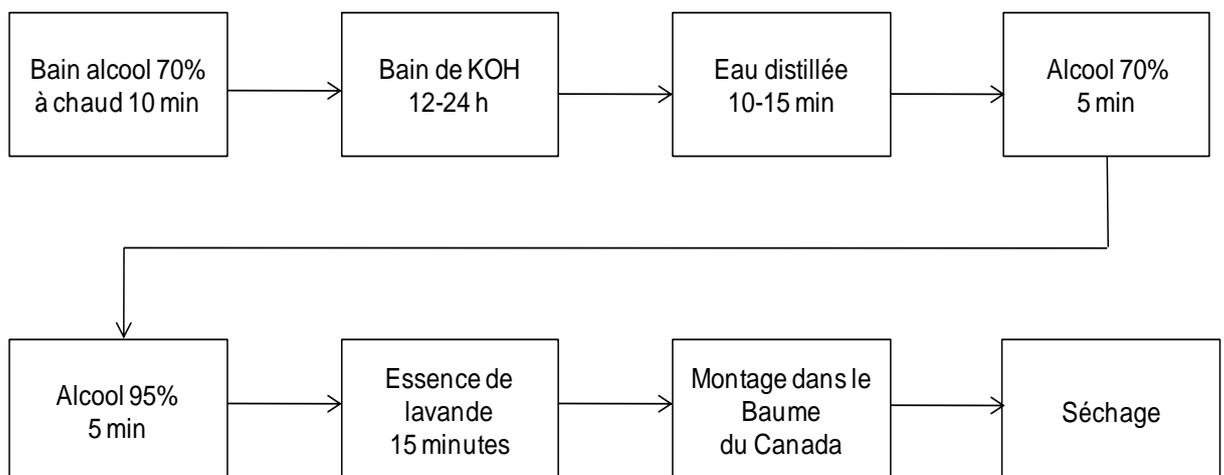


Figure 31: Logigramme du montage microscopique permanent des puparium

d'aleurodes [213]; [104]

Martin *et al.* [214], ont établi une clé d'identification des pupariums des principales espèces de mouches blanches (Aleyrodicinae et Aleyrodinae) en Europe et dans la région méditerranéenne. Streito [104], indique qu'il est toujours intéressant d'avoir les adultes et les pupariums d'une même population, mais cet auteur rapporte que l'identification est indispensable à partir des pupariums et que la collecte des adultes n'est pas obligatoire.

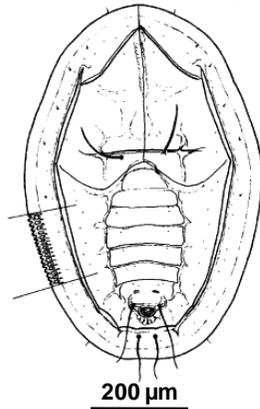
La clé d'identification de Guimarães [215] permet de différencier les femelles de 7 espèces européennes d'importance économique, dont *D.citri* et *A.floccosus* en absence des ouvrages décrivant les principales caractéristiques d'identifications de ces mouches blanches.

La figure 32 et le tableau 8 montrent les principaux caractères morphologiques de l'aleurode floconneux et de l'aleurode des citrus d'après Hodges et Evans [213] ; et Evans [214].

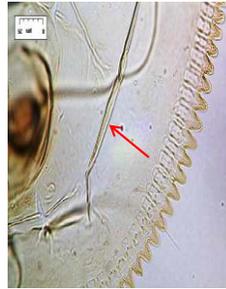
Tableau 8: Les principaux caractères morphologiques de l'aleurode des citrus et l'aleurode floconneux

Espèces	Principaux caractères morphologiques
<i>Dialeurodes citri</i> [104]; [214]	<ul style="list-style-type: none"> • Puparium toujours pâle • Orifice vasiforme complètement occupé par l'operculum, qui cache la lingula • Les premières soies abdominales sont absentes et les huitième soies abdominales antérieures à la partie la plus large de l'opercule • Pore trachéal bien différencié • Pas de glandes ni de papilles sur la face dorsale • Sillon caudal bien marqué et terminé par un pore caudal
<i>Aleurothrixus floccosus</i> [77]; [104]; [214]	<ul style="list-style-type: none"> • Au niveau de l'orifice vasiforme du puparium, l'operculum cache la lingula • Bien que globalement à marge marginale globale, le pli sous-marginale / sous-dorsal est disposé en sections distinctes • Pli complet entre l'orifice vasiforme et la marge puparienne; • Une rangée de cinq paires de minuscules soies dans le céphalothorax et l'abdomen antérieur • Bord extérieur constitué de dents rugueuses avec absence de sillon caudal et présence d'une paire de soie caudale développée.

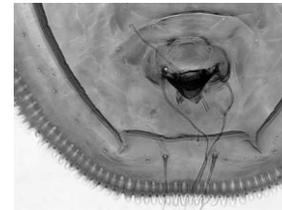
Aleurothrixus floccosus



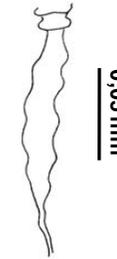
Pli caractéristique



Marge du puparium

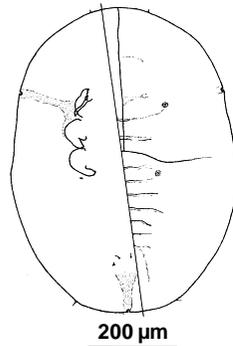


Orifice vasiforme obscurci

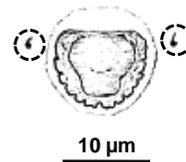


Glande à ciment

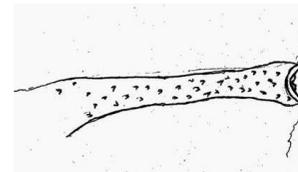
Dialeurodes citri



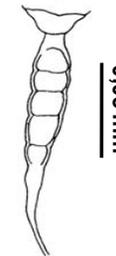
Forme générale d'n puparium



huitième soies abdominales antérieures à la partie la plus large de l'opercule



Pore trachéal



Glande à ciment

Figure 32: Les principaux caractères morphologiques distincts d'*A.floccosus* et *D.citri* [104]; [213]; [214]; [215]

5 Analyse des données

5.1 Détermination du taux d'infestation par les aleurodes

Le taux d'infestation des populations globales larvaires et adultes des aleurodes est calculé selon la formule de Townsend-Heuberger [216]:

$$\text{Inf (\%)} = \frac{\sum \text{rameaux avec presence} \times \text{indice de presence correspondant}}{\sum \text{rameaux avec presence} \times 4} \times 100$$

Le nombre d'individus recensé est reporté sur la fiche de suivi à chaque visite. Le nombre des adultes et des larves d'aleurodes a été estimé selon une échelle de présence proposé par Garcia Mari [140] et correspond aux intervalles d'abondance exprimés en pourcentage suivants.

(Index 1)	< 25% de présence
(Index 2)	25-50% de présence
(Index 3)	50-75% de présence
(Index 4)	> 75% de présence

5.2 Evaluation du taux de parasitisme

Le taux de parasitisme a été calculé en divisant le nombre de larves parasitées sur la somme des larves parasitées et non parasitées appartenant à des stades de développement potentiellement parasitaires [217].

$$P (\%) = \frac{\sum \text{larves parasitées}}{\sum \text{larves parasitées et non parasitées}} \times 100$$

5.3 Etude de la phénologie des arbres d'agrumes

Les périodes de croissance des agrumes pendant toute la période de suivi au niveau des six vergers ont été déterminées sur la base des stades de croissance phénologique décrits par Agusti *et al.* [40]. Cette échelle nous permet d'établir la relation qui existe entre les poussées de sèves des agrumes et les périodes de grandes activités des aleurodes au niveau des vergers d'études.

5.4 Analyse floristique

Les espèces inventoriées ont été déterminées sur place, les autres ont fait l'objet d'une identification botanique avec l'aide de Mr. Rouabhi de l'université de Chlef puis confirmée au niveau du laboratoire de l'ANSES par Mr. Fried.

L'analyse qualitative de la flore (familles, genres et espèces) est réalisée à partir de l'inventaire floristique des espèces observées sur l'ensemble des différents vergers agrumicoles et de leurs taux de recouvrements respectifs.

5.5 Etude des abondances, des richesses et des diversités de l'entomofaune

Les abondances des aleurodes et leurs auxiliaires recensées au niveau des vergers d'études ont été comptés individuellement par piège et par sortie d'étude, puis rapportées à des moyennes d'abondance mensuelle.

Les richesses des familles ou des taxons déterminés ont été établies pour les communautés d'insectes parasitoïdes et prédateurs. Pour évaluer la diversité en auxiliaires dans les vergers, en fonction de la distribution des espèces dans chaque communauté, l'indice de diversité de Shannon-Weaver a été considéré.

4.2. Diagrammes rang-fréquence

Nous avons procédé à la construction des diagrammes rang-fréquence à partir des valeurs logarithmiques des abondances moyennes de différentes espèces inventoriées dans le but d'expliquer leur structure et leur ordre d'apparition au niveau du verger d'étude. Les abondances des différents taxons au cours de la période estivale, automnale et printanière sont prises en considération.

Chaque courbe de progression des abondances des communautés saisonnières spécifiques a été affectée d'une courbe de tendance linéaire d'équation de la forme $y = ax + b$ où (a) représente la pente de la droite qui est le modèle de Motomura (1932).

5.6 Analyses statistiques

5.6.1 Analyses multivariées

Nous avons utilisé une analyse ANOSIM (analyse des similitudes) (Past ver. 3.17), pour comparer des assemblages de taxons auxiliaires pris deux à deux, entre les périodes saisonnières considérées dans les vergers étudiés. Ce type d'analyse est un test non paramétrique qui décompose la contribution de chaque espèce à la similarité observée entre les échantillons permettant d'identifier les espèces qui sont les plus importantes dans la création du modèle de similarité observé. La méthode utilise la mesure de similarité de Bray-Curtis [218], en comparant chaque échantillon du groupe 1 avec chaque échantillon du groupe 2.

La méthode SIMPER a permis de décomposer la contribution de chaque espèce à la similarité observée entre les échantillons permettant d'identifier les espèces qui sont les plus importantes dans la création du modèle de similarité observé.

5.6.2 Analyse univariée (Modèle linéaire global)

Le module GLM propose un ensemble complet de techniques pour analyser tous les plans univariés ou multivariés d'Analyse de Variance (ANOVA), régression ou Analyse de Covariance (ANCOVA) ainsi que le Modèle Linéaire Général utilise les méthodes des moindres carrés du modèle linéaire général pour estimer et tester les hypothèses sur ces effets pouvant être considéré comme une extension de la régression multiple linéaire pour une seule variable dépendante et il est important de comprendre le modèle de régression multiple pour comprendre le modèle linéaire général [219]. Les analyses univariées ont été réalisées à l'aide du logiciel Systat (ver. 13.2). Une partie des analyses statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS 16.0 pour Windows.

Les répartitions des abondances larvaires et adultes des deux espèces d'aleurode ont été analysées par une analyse de variance, de manière à mettre en évidence les effets stricts de la période de suivi, de la saison et de l'exposition.

Chapitre III :

RESULTATS

1 Résultats des identifications des Aleyrodidae et leurs protagonistes rencontrés dans les vergers d'étude.

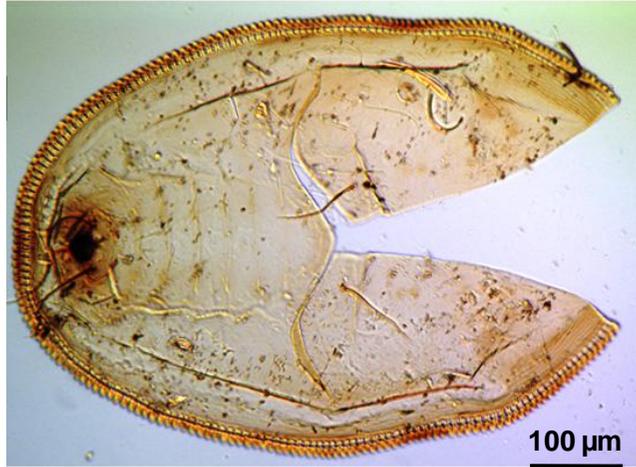
Les échantillonnages sur les populations de mouches blanches réalisés au courant de la période d'étude dans les vergers sélectionnés ont mis en évidence deux espèces (2) de mouches blanches (Fig. 33 ; Fig. 34) et onze (11) espèces de leurs ennemis naturels (Fig. 35).

Pour rappel, les identifications des deux espèces de mouches blanches ont été réalisées in situ puis confirmées par des identifications effectuées sur les pupariums avec la confirmation de certains caractères morphologiques spécifiques aux adultes notamment la glande à ciment (Fig. 33 et 34).

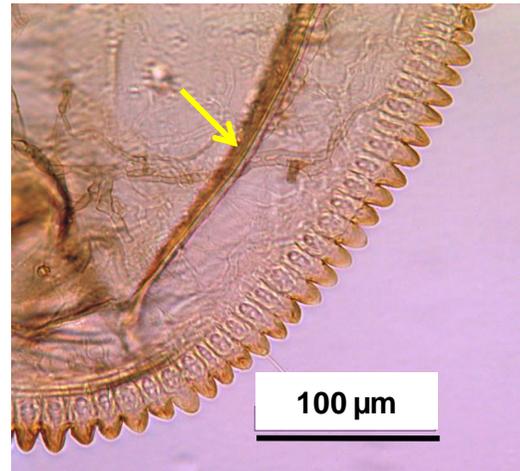
La première espèce d'Aleyrodidae (*Aleurothrixus floccosus*), a été repérée seulement au niveau du verger d'oranger de Oued sly entre juillet 2013 et juin 2014. La deuxième espèce (*Dialeurodes citri*) appartenant à la même famille a été capturée dans le reste des vergers investigués entre juillet 2013 et juin 2016, à l'exception du verger de Oued sly.

Les ennemis naturels des deux espèces d'Aleyrodidae rencontrés se répartissent en prédateurs spécifiques et polyphages et en parasitoïdes spécifiques. Le seul prédateur spécifique aux deux aleurodes est représenté par le coccinellidae *Clitostethus arcuatus* capturé avec des abondances variées au niveau de tous les vergers d'agrumes. Egalement, trois prédateurs polyphages appartenant à l'ordre des neuroptera (*Semidalis aleyrodiformis*, *Conwentzia psociformis*, *Chrysoperla carnea*) ont été recensés avec des différences d'abondance et de présence d'un verger à l'autre.

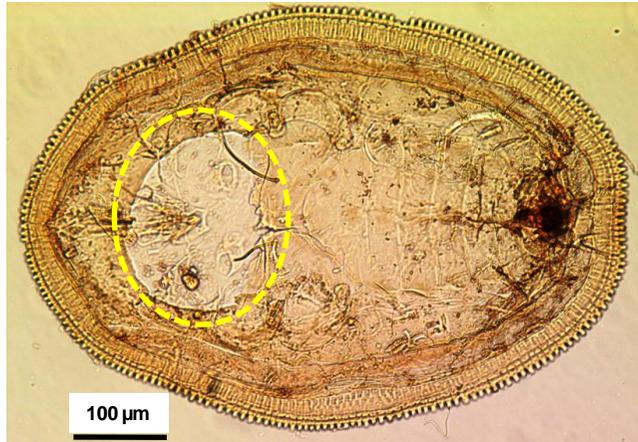
Les parasitoïdes capturés et recensés appartiennent pour la totalité à la superfamille des Chalcidoidea et se regroupent dans la famille des Aphelinidae. L'activité du complexe prédateurs-parasitoïdes associés aux ravageurs des agrumes a été évaluée au niveau du verger de Chlef 1 entre août 2013 et juillet 2014.



Puparium vide après sortie de l'adulte d'*A. floccosus*



Marge du puparium caractéristique d'*A. floccosus*



Puparium vide après sortie du parasitoïde (*C. noacki*) : cercle en jaune

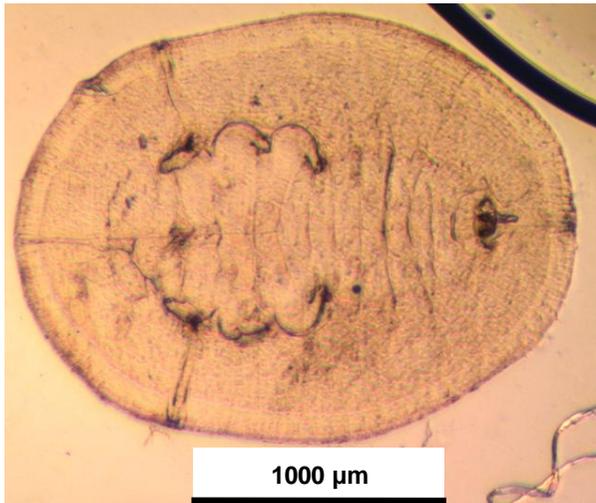


Orifice vasiforme obscurci

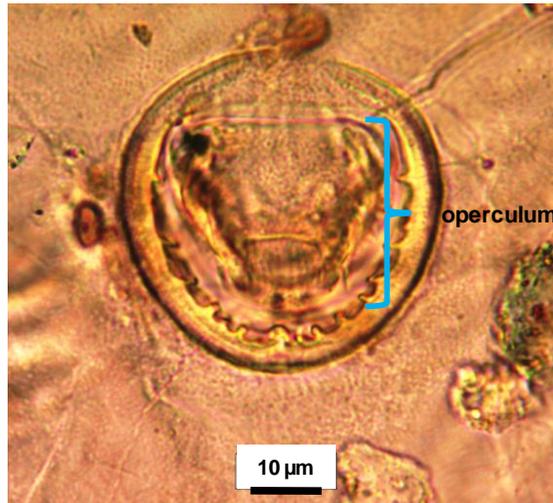


Glande à ciment chez la femelle adulte d'*A. floccosus*

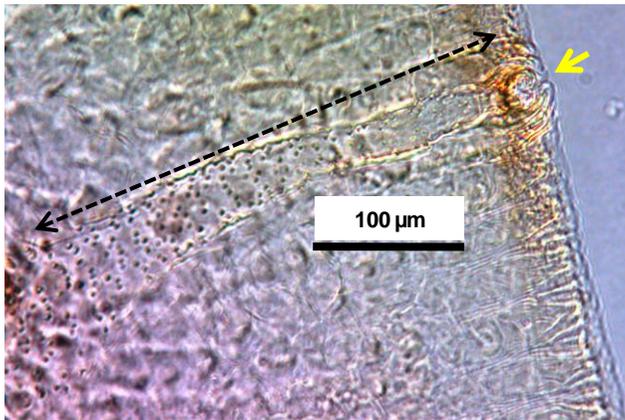
Figure 33 : Principales caractéristiques morphologiques spécifiques à l'aleurode floconneux (original)



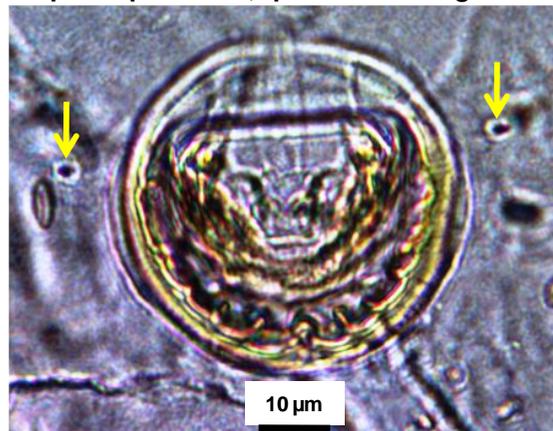
Puparium vide de *D.citri*



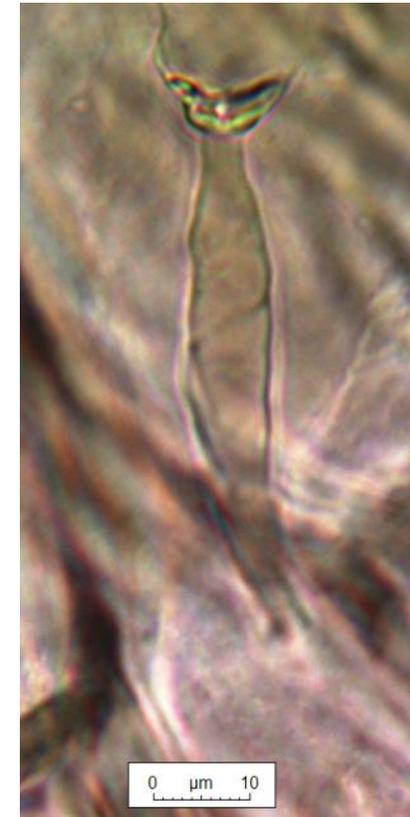
Orifice vasiforme complètement occupé par l'operculum, qui cache la lingula



Pore trachéal bien développé se terminant par un pore trachéal



Huitièmes soies abdominales antérieures à la partie la plus large de l'opercule



Glande à ciment chez la femelle adulte de *D.citri*

Figure 34 : Principales caractéristiques morphologiques spécifiques à l'aleurode des citrus (original)

Groupe des prédateurs



Chrysoperla carnea



Clitostethus arcuatus



Semidalis aleyrodiformis



Conwentzia psociformis

Groupe des parasitoïdes



Encarsia sp 1



Encarsia sp 2



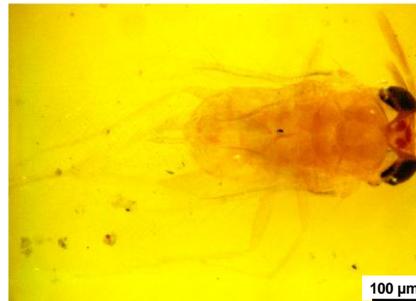
Encarsia sp 3



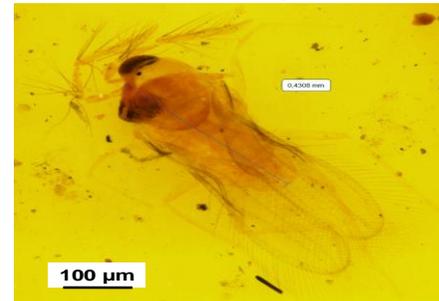
Encarsia sp 4



Eretmocerus sp



Cales noacki femelle



Cales noacki mâle

Figure 35 : Les prédateurs et parasitoïdes associés aux populations d'Aleyrodidae rencontrés au niveau des vergers agrumicoles étudiés

2 Activité spatiotemporelle des deux espèces d'aleurodes

2.1 Variation temporelle de l'abondance de l'aleurode floconneux *A.floccosus*

L'aleurode floconneux a été répertorié au niveau du verger de (Oued sly) avec des dégâts considérables occasionnés sur la frondaison, où les populations sont associées à celles d'autres ravageurs notamment des mineuses et des cochenilles.

L'étude de la variation temporelle de l'abondance de la population d'*A.floccosus* repose sur la réalisation des échantillonnages des états larvaires et adultes au niveau de la frondaison entre juillet 2013 et juin 2014.

2.1.1 Variabilité des infestations larvaires et adultes en fonction des paramètres climatiques

L'infestation globale des populations larvaires (L1, L2, L3 et L4) et adultes de l'aleurode floconneux au niveau de la frondaison est représentée sur la (Fig. 36). En général, la moyenne du taux d'infestation des larves est légèrement supérieure à celle des adultes. Les tendances des médianes se rapprochent beaucoup plus des valeurs élevées chez les adultes contrairement à celles des larves qui se rapprochent des valeurs basses.

Les variations des taux d'infestation larvaires et adultes n'ont pas la même tendance évolutive. Les larves sont presque présentes durant toute l'année et se caractérisent par une première phase d'infestation avec des taux variant de 19 à 39% de juillet jusqu'à mi-janvier. Au cours du mois de février 2014, un premier pic d'infestation (80%) a été enregistré, suivi par un deuxième pic en juin 2014 dépassant 60% (Fig. 36) indiquant une recolonisation des populations larvaires sur les rameaux.

L'évolution du taux d'infestation des adultes au niveau de la frondaison est caractérisée par la succession de trois pics d'infestation. Le premier pic (56%) a été enregistré en septembre 2013, suivi par un deuxième pic vers la fin novembre

2013, puis par un troisième pic (40%) à la fin de l'échantillonnage en juin 2014. Cependant, au cours de la période hivernale allant de janvier à mars 2014, l'infestation diminue progressivement pour se maintenir à un taux presque nul à la fin de février 2014 (Fig. 36).

La figure 37, représente la variation des quantités mensuelles des pluies, des températures et des vitesses du vent au niveau de la région agrumicole de Oued sly entre juillet 2013 et juin 2014. Les taux d'infestation par les adultes d'*A.floccosus* sont corrélés avec les différents paramètres climatiques enregistrés contrairement à ceux des populations larvaires. Le test de corrélation de Pearson révèle une corrélation entre les paramètres climatiques (TM, Tm, T, V vent) et les variations des taux d'infestation (Appendice A).

Le premier pic d'infestation provoqué par les adultes d'*A.floccosus* est noté en septembre 2013 où la température mensuelle moyenne et les températures mensuelles minimales et maximales avoisinaient 25°C, 20°C et 32°C respectivement. Le second pic d'infestation par les adultes enregistré à la fin novembre 2013 coïncidait avec une température mensuelle moyenne de 18°C, des températures mensuelles minimales et maximales de 12°C et 25°C respectivement. Enfin, le troisième pic d'infestation le moins important a été enregistré au mois de juin 2014, où la température mensuelle moyenne avoisinait 25°C. Les températures mensuelles minimales et maximales correspondantes à ce pic étaient de 18°C et 33°C respectivement (Fig.36, 37).

La vitesse du vent semble influencer par ailleurs les variations d'infestation des adultes. Ainsi, la faible infestation des adultes observée au mois de mars 2014 a coïncidé avec la plus grande vitesse des vents (~16 km/h) enregistrée au cours de la période d'échantillonnage (Fig. 36, 37).

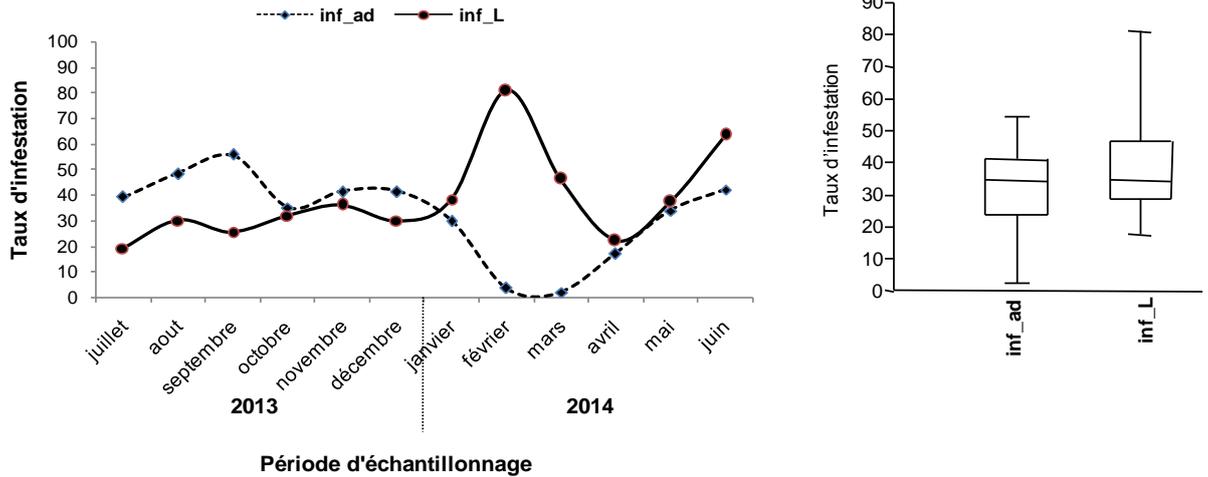


Figure 36 : Variabilité et évolution des taux d'infestation des populations larvaires (inf_L) et adultes (inf_ad) d'*A.floccosus* durant la période d'échantillonnage à Oued Sly

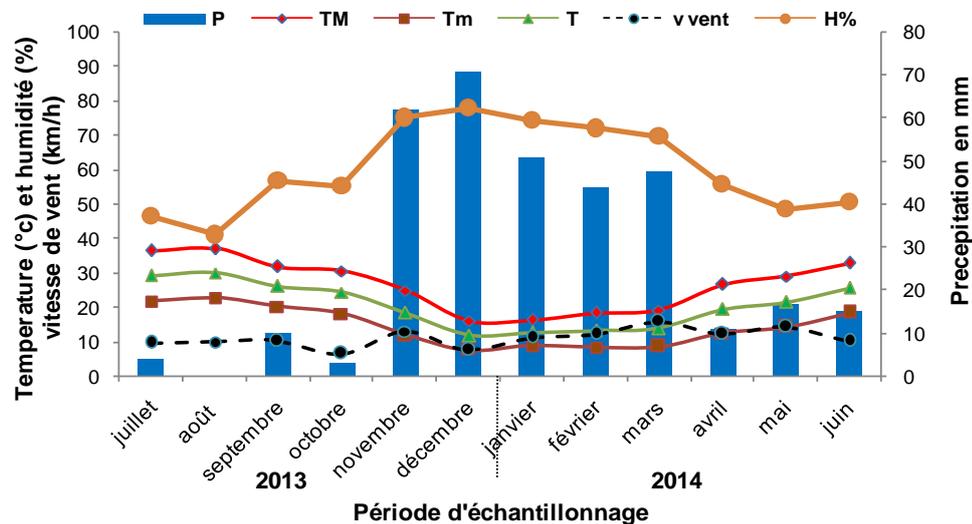


Figure 37 : Variation des paramètres climatiques durant la période d'échantillonnage au niveau de la région agrumicole de Oued Sly (P, TM, Tm, T, v, H% : valeurs de la: pluviométrie, températures mensuelles maximale minimale et mensuelle moyenne, de la vitesse du vent et de l'humidité relative).

2.1.2 Variation temporelle de l'abondance des adultes d'*A.floccosus* en fonction de la poussée de sève de l'oranger dans le verger de Oued Sly

L'évolution de l'abondance des adultes échantillonnés sur le feuillage montre une faible fluctuation ne dépassant pas les 10 individus en période automnale répartis entre 3 adultes en septembre, 5 adultes en novembre 2013 et 2 adultes observés au mois d'avril 2014.

L'évolution des adultes d'*A.floccosus* capturés par les pièges jaunes a révélé une distribution stable de juillet à la fin novembre 2013, avec un total de

100 à 230 individus capturés par piège et par mois, sauf pour la mi-novembre où les captures ont atteint plus de 270 individus/ piège/ mois (Fig. 38 (B)). Au cours des deux derniers mois de l'échantillonnage (mai, juin 2014), une évolution continue a été observée chez les adultes enregistrant environ 600 adultes/ piège/ mois. Le dénombrement le plus bas des adultes capturés a été enregistré à la fin de mars 2014, ne dépassant pas 25 adultes par piège (Fig. 38 (B)). Les premiers adultes émergeant des pupes ont été observés à la mi-juin, fin octobre 2013 et au début avril 2014 (Tab. 9).

L'analyse de la relation entre les captures des adultes d'*A.floccosus* et les poussées de sèves de l'oranger a indiqué que la 1^{ère} et 3^{ème} poussées de sève coïncidaient avec la phase de grande activité des adultes de l'aleurode floconneux. Cependant la 2^{ème} poussée de sève est marquée par un faible pic d'abondance (Fig. 38 (B)).

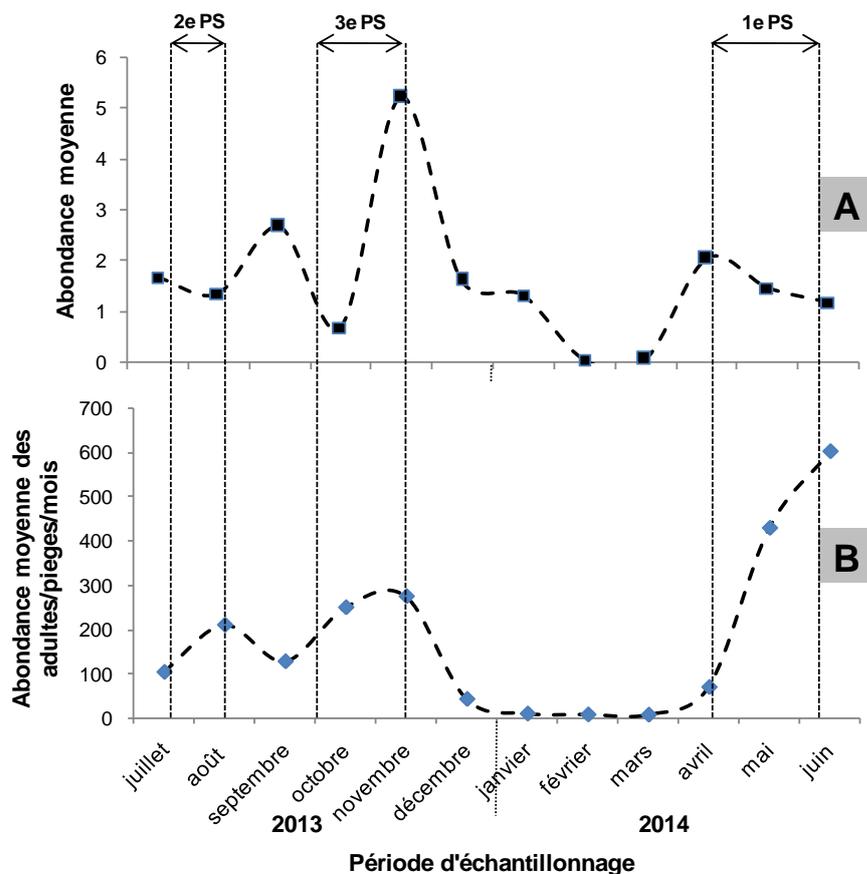


Figure 38 : Evolution de l'abondance des adultes par observation directe sur le feuillage (A) et à travers les pièges jaunes englués (B) au niveau du verger de Oued Sly (1^{ère} PS, 2^e PS, 3^e PS: 1^{ère} 2^{ème} et 3^{ème} poussées de sève).

2.1.3 Evolution des états larvaires d'*A.floccosus* sur le feuillage

Le diagnostic des états larvaires et leur apparition temporelle ont porté sur les larves vivantes, mortes (non parasitées), parasitées ainsi que les pupariums vides. La moyenne d'abondance des larves parasitées, vivantes et mortes est nettement supérieure à celle des pupariums vides. Les tendances des médianes se rapprochent beaucoup plus des valeurs basses chez tous les états larvaires. Le test de kruskall wallis n'a révélé aucune différence significative ($p < 1\%$) entre le nombre de larves mortes et vivantes et le nombre de larves parasitées (Fig. 39, (Appendice B)). L'analyse de l'évolution de l'abondance des larves vivantes sur les feuilles échantillonnées montre leur présence continue durant toute l'année avec l'existence de trois pics d'abondance. L'abondance moyenne la plus élevée chez les larves vivantes a été enregistrée au mois de novembre 2013 avec près de 14 larves vivantes/cm². L'évolution de la densité moyenne des larves mortes révèle la présence de trois pics au cours de la période estivo-automnale de l'année 2013 contre une plus faible mortalité larvaire durant le reste des mois (Fig. 39).

Les pupariums vides sont presque inexistants durant la période hiverno-printanière sauf en été et en automne avec 9, 7 pupariums/cm² observés respectivement. L'abondance moyenne des larves parasitées était relativement supérieure par rapport aux autres états larvaires, caractérisée par deux pics d'abondance dont le plus important a été enregistré au mois de juillet avec 50 larves parasitées/cm² (Fig. 39).

Le comptage des larves parasitées sur le feuillage, nous a permis de calculer le taux de parasitisme exercé par *Cales noacki* contre son hôte *A.floccosus*. En effet, le mois de juillet 2013 a été caractérisé par le taux de parasitisme le plus élevé avec près de 78% de larves parasitées. Un deuxième pic moins important a été enregistré au mois de mars 2014 (30%). En général, la période printano-estivale a été marquée par une activité parasitaire plus importante de *C.noacki* par rapport aux reste des mois (Fig. 40 (A)).

La méthode d'élevage des parasitoïdes au niveau des cages d'élevage nous a permis de collecter un nombre faible d'adultes après leur émergence, ou

nous avons récolté près de 16 individus en juin 2014, contre de faible abondance durant le reste de la période d'échantillonnage. En général, l'activité du parasitoïde a été très intense en période estivale avec le plus grand nombre d'adultes émergés et le plus grand taux de parasitisme (Fig. 40 (A), (B)).

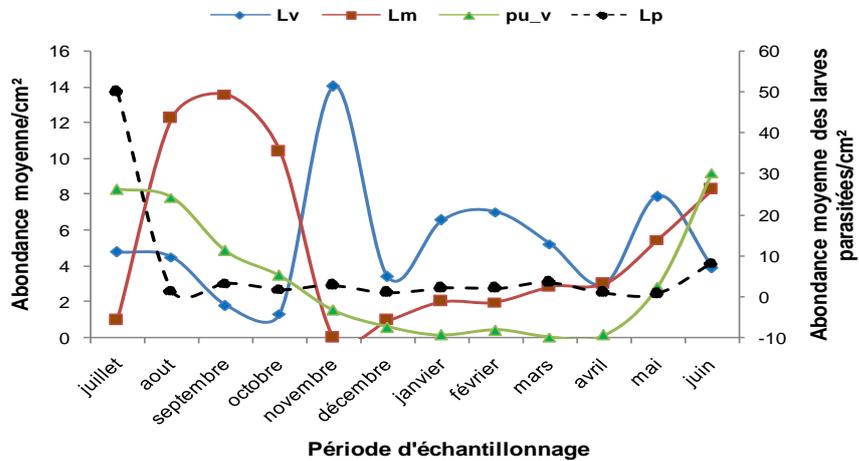


Figure 39 : Variabilité et évolution de l'abondance de l'aleurode floconneux sur le feuillage au niveau du verger de Oued sly (Lv : Larves vivantes, Lm : Larves mortes, Pu_v : Pupariums vides, Lp : Larve parasitées)

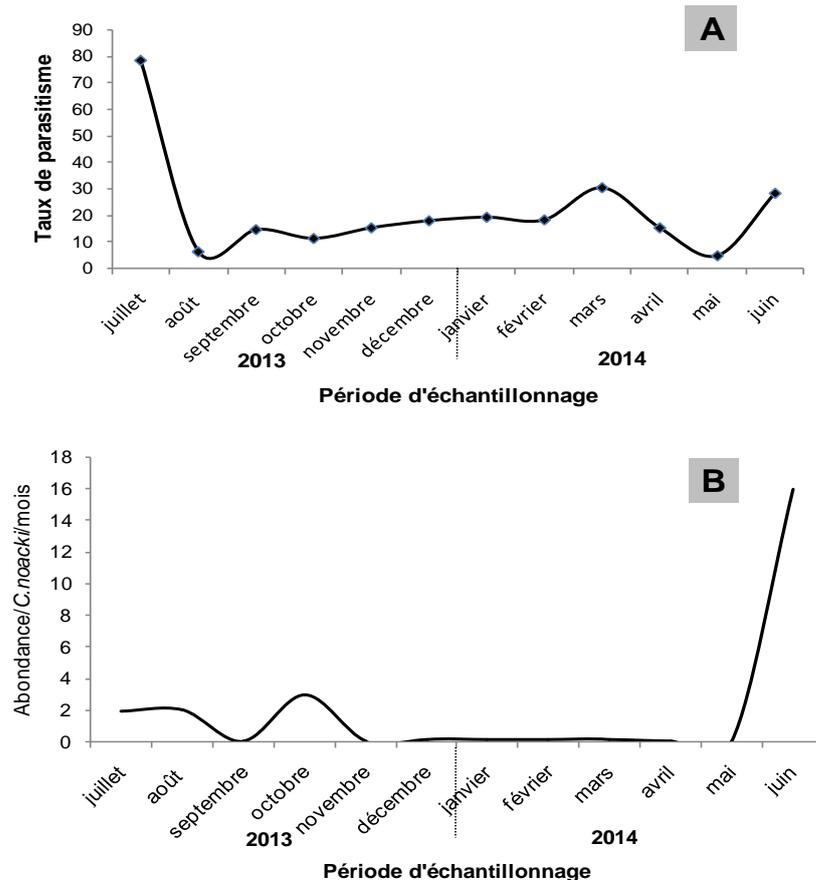


Figure 40 : Taux de parasitisme mensuel et global des larves d'*A. floccosus* par son parasitoïde spécifique *Cales noacki* au niveau du verger de Oued Sly (A) ; nombre de parasitoïdes émergées des pièges d'élevages au laboratoire (B)

2.1.4 Répartition des populations de l'aleurode floconneux en relation avec l'orientation

Nous nous sommes posé la question de savoir si les populations d'*A.floccosus* manifestent une préférence de colonisation du feuillage de l'oranger en fonction de l'exposition. Nous avons mis en évidence les différents pourcentages comparés de répartition larvaire et adulte selon l'exposition en relation avec la saison estivale, automnale et printanière, durant toute la période de suivi (Fig. 41).

En général, les populations larvaires et adultes ont été observées sur les quatre directions cardinales de la frondaison. Les populations adultes sont réparties faiblement d'autant plus à l'est qu'à l'ouest des canopées. Ils semblent manifester une préférence très marquée pour l'exposition nord en été et en automne avec des pourcentages de présence de 30% et 35% respectivement contre un pourcentage de 31% pour l'exposition sud au printemps (Fig. 41).

A leur tour, les populations larvaires se répartissent en général préférentiellement au nord et à l'est de la frondaison quelque soit la saison. En automne, les larves sont beaucoup plus rencontrées au sud qu'à l'ouest de la fronde similairement qu'en 'été et au printemps (Fig. 41).

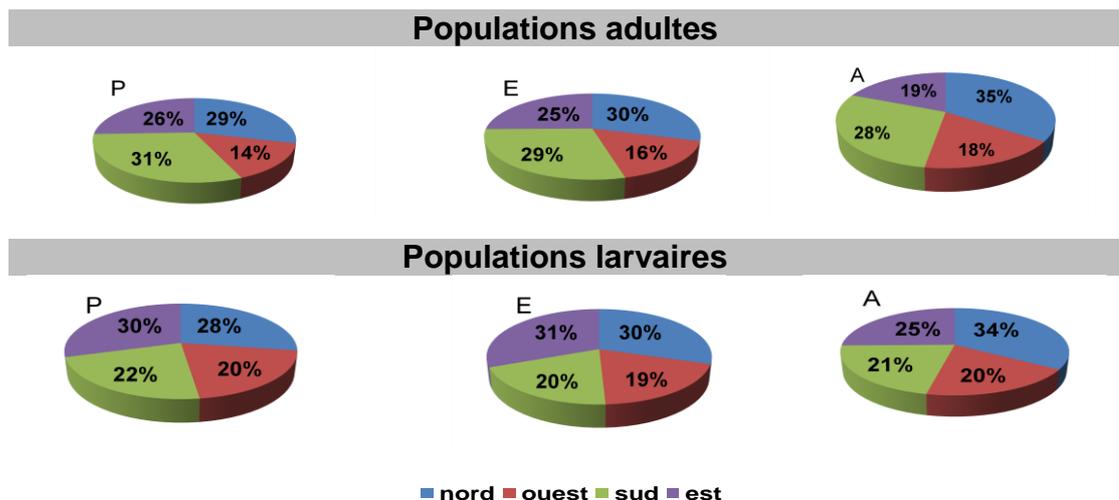


Figure 41 : Pourcentages respectifs de la répartition saisonnière des adultes et des larves de l'aleurode floconneux selon l'exposition au niveau du verger de Oued Sly (P : printemps, E : été, A : automne)

La répartition des adultes de l'aleurode floconneux n'est pas influencée par la saison ($p > 5\%$), mais elle varie significativement selon la période de suivi ($p < 1\%$), et l'orientation cardinale ($p < 1\%$). On peut remarquer que les adultes sont relativement plus abondants au printemps et en automne par rapport à l'été; ils convoitent beaucoup plus le feuillage exposé au nord et au sud. En revanche, la répartition des populations larvaires varie de manière très hautement significative selon les trois facteurs ($p < 1\%$) (Fig. 42, (Appendice C). Les larves ont en effet une densité plus importante en été et au printemps qu'en automne et préfèrent la fronde exposée à l'est et au nord d'après nos observations.

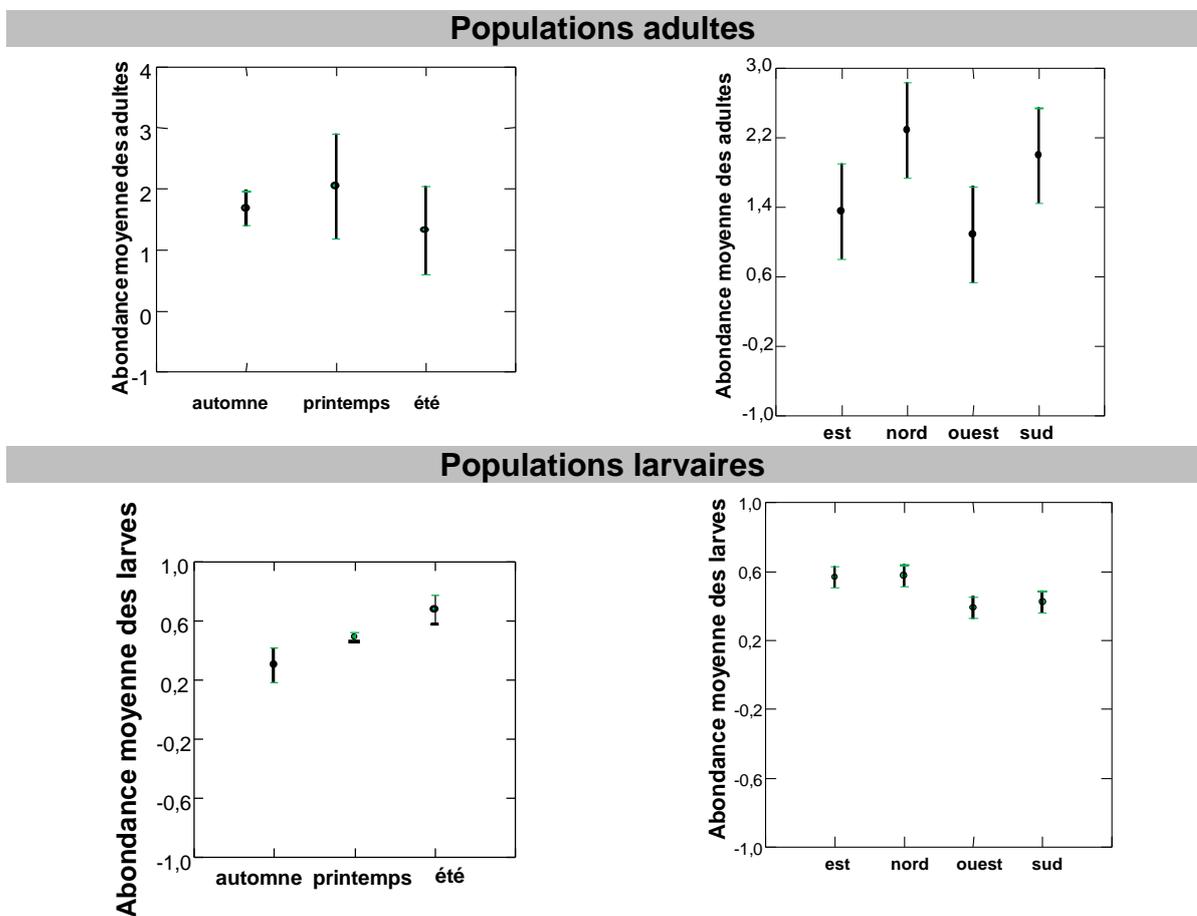


Figure 42 : Résultats de l'Analyse de la répartition temporelle des populations adultes et larvaires d'*A.floccosus* selon l'exposition (Modèle linéaire global, Systat vers. 13.2)

2.2 Variation temporelle de l'abondance de l'aleurode des citrus *D.citri*

Les populations de l'aleurode des citrus ont été inventoriées au niveau de cinq vergers de la région agrumicole de Chlef (Chlef 1, Chlef 2, Chettia, Oued fouda et Boukader) au cours de la période allant de juillet 2013 à juin 2016.

Aucune présence de l'aleurode floconneux n'y a été signalée et les dégâts dus à la présence de *D.citri* sont considérables.

2.2.1 Variabilité des infestations larvaires et adultes de *D.citri* en fonction des paramètres climatiques

Les résultats de l'évolution des infestations de *D.citri* sont présentés en relation avec les différents paramètres climatiques enregistrés au cours de chaque année d'échantillonnage. Au niveau des différents vergers, les populations adultes évoluent de manière globale en deux pics d'infestation en septembre et mai respectivement, alors que les infestations des populations larvaires fluctuent et se diffèrent d'un verger à un autre.

2.2.1.1 Variabilité des infestations de juillet 2013 à juin 2014

Au cours de la période juillet 2013 à juin 2014, un seul verger (Chlef 1) était infesté par les populations de *D.citri*. Les populations larvaires sont présentes durant toute la période d'échantillonnage dans la frondaison. La période automno-printanière est caractérisée par un taux d'infestation avoisinant 100%, contre un niveau d'infestation moyen de 37 à 70% enregistré en période hiverno-estivale (Fig. 43).

Cependant, l'évolution des infestations des populations adultes se manifeste de manière différente. Le taux d'infestation au cours de la période allant du mois de décembre 2013 jusqu'à mars 2014 est nul. Tandis que deux périodes d'infestation ont été enregistrées, de l'ordre de 100% et 42% en mai 2014 et en septembre 2013 respectivement (Fig. 43).

Les taux d'infestations par les adultes de *D.citri* sont corrélés avec les températures (TM, Tm, T) et la pluviométrie enregistrées au niveau du verger de Chlef 1, contrairement à ceux des larves (Appendice D). Le premier pic d'infestation par les adultes est observé en septembre à des valeurs de températures de 31,7°C (TM), 20 °C (Tm), et 26°C (T). Le deuxième pic enregistré au mois de mai coïncidait néanmoins avec des températures plus basses que

celles enregistrées au cours du premier pic (29°C (TM), 14°C (Tm), 21°C (T)) en présence de faible quantité de pluies variant entre 9 à 16 mm/mois (Fig. 43).

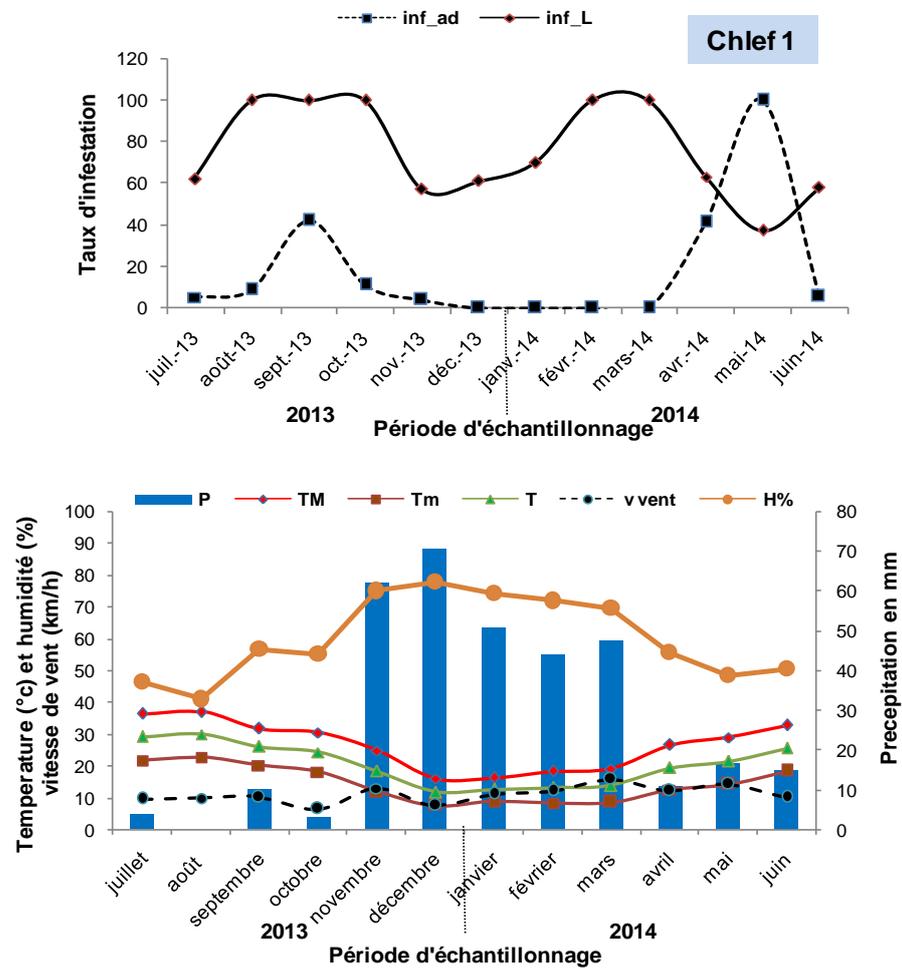


Figure 43: Taux d'infestations des populations larvaires (inf_L) et adultes (Inf_ad) de *D.citri* en relation avec les variations mensuelles des paramètres climatiques au niveau du verger de Chlef 1 (P, TM, Tm, T, v, H% : valeurs de la: pluviométrie, températures mensuelles maximale minimale et mensuelle moyenne, de la vitesse du vent et de l'humidité relative).

2.2.1.2 Variabilité des infestations de Juillet 2014 à juin 2015

Au cours de cette période, l'aleurode des citrus a été inventorié au niveau de deux vergers relativement éloignés l'un de l'autre (10 km à vol d'oiseau) (Chlef 2, Chettia) où les périodes d'infestation par *D. citri* observées semblent différentes.

2.2.1.2.1 Verger de Chlef 2

Au niveau du verger de Chlef 2, les infestations causées par les larves augmentent graduellement entre juillet 2014 et avril 2015 avec des taux qui se

stabilisent entre 10% et 20% jusqu'en octobre 2014. De novembre 2014 à mai 2015, les infestations larvaires continuent à augmenter pour atteindre un taux de 46% en mai, puis l'activité larvaire diminue progressivement et s'annule en juin (Fig. 44).

Le pic d'infestation larvaire observé en avril 2015, a coïncidé avec des températures mensuelles moyennes, maximales et minimales de 19°C, 26,3°C et 12,6°C respectivement. En juin 2015, les températures étaient plus élevées que celles enregistrées en avril 2015 avec des valeurs maximale, minimale et moyenne respectives de 33,8°C (TM), 18,8°C (Tm) et 26,3°C (T). Le test de corrélation de Pearson entre les abondances des populations larvaires et les paramètres climatiques révèle une corrélation entre les températures (TM, Tm et T) et l'évolution des infestations provoquées par les populations larvaires de *D.citri*.

Deux pics d'infestations par les adultes ont été enregistrés au niveau du verger de Chlef 2, le plus important est noté en mai 2015 (27%) et le deuxième moins important en septembre 2013 (7%). De juillet à août 2014 et d'octobre 2014 à mars 2015, nous n'avons pas observé d'infestation (Fig. 44). Contrairement chez les larves, aucune corrélation n'a été cependant constatée entre l'évolution des infestations provoquées par les populations adultes et les paramètres climatiques enregistrés au cours de la période d'échantillonnage (Fig. 44) (Appendice E).

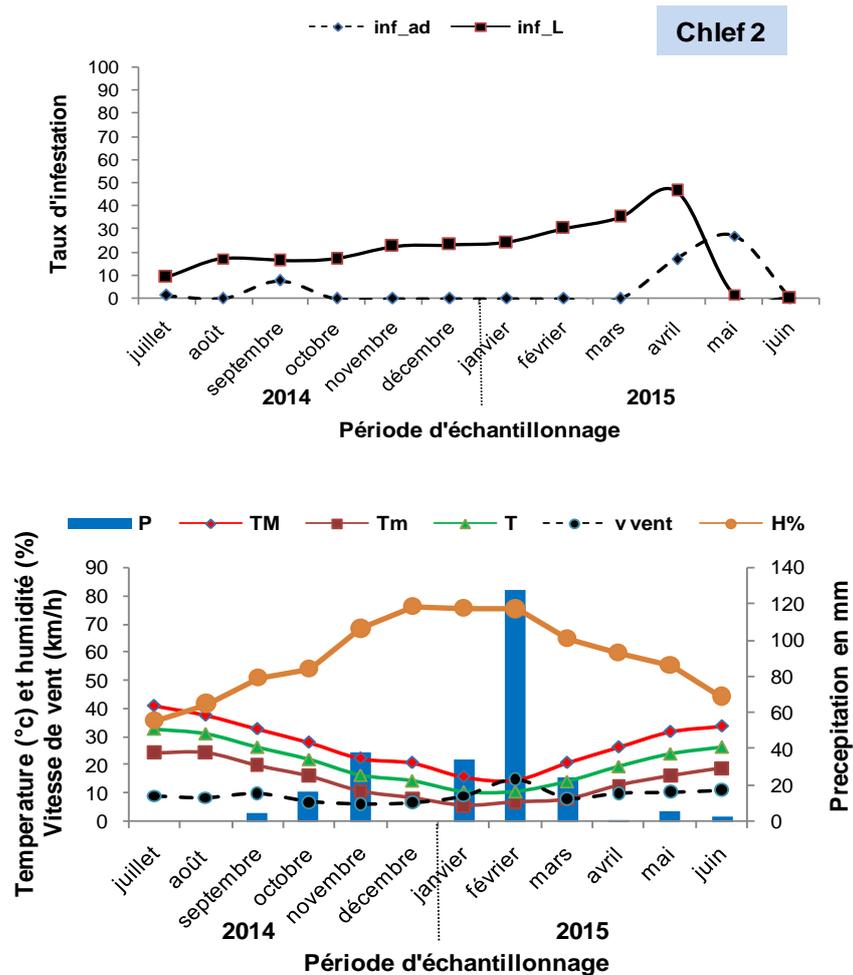


Figure 44: Taux d'infestations des populations larvaires (inf_L) et adultes (Inf_ad) de *D.citri* en relation avec les paramètres climatiques au niveau des vergers de Chlef 2 (P, TM, Tm, T, v, H% : valeurs de la pluviométrie, températures mensuelles maximale minimale et mensuelle moyenne, de la vitesse du vent et de l'humidité relative).

2.2.1.2.2 Verger de Chettia

Au niveau du verger de Chettia, un pic d'infestation larvaire a été enregistré en septembre 2014 (40%). Néanmoins, les infestations larvaires demeurent faibles du mois d'octobre 2014 jusqu'au mois de mars 2015, à partir duquel nous constatons une absence totale d'infestation sur la frondaison. Les infestations dues aux populations larvaires sont corrélées aux températures minimales mais pas avec les autres paramètres climatiques (Fig. 45).

En effet, au cours du premier pic d'infestation larvaire, la température minimale enregistrée était de 19,7°C. Les infestations causées par les populations

adultes sur le feuillage sont caractérisées par un premier pic enregistré en septembre 2014 (28%) et un deuxième au mois d'avril 2015 (25%). Aucune infestation causée par les adultes de *D.citri* n'a été enregistrée au cours du reste de la période d'échantillonnage (Fig. 45). Les paramètres climatiques enregistrés durant la période d'échantillonnage n'ont pas influencé les infestations (Appendice F).

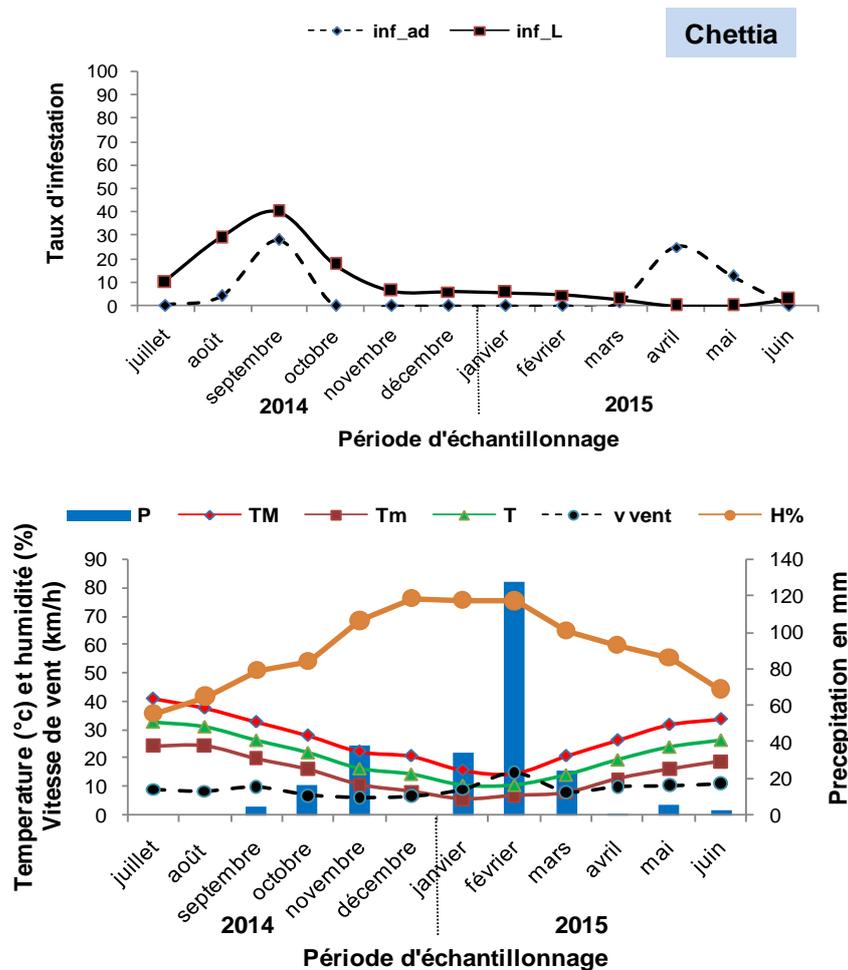


Figure 45 : Taux d'infestations des populations larvaires (inf_L) et adultes (Inf_ad) de *D.citrien* relation avec les paramètres climatiques au niveau des vergers de Chlef 2 (P, TM, Tm, T, v, H% : valeurs de la: pluviométrie, températures mensuelles maximale minimale et mensuelle moyenne, de la vitesse du vent et de l'humidité relative).

2.2.1.3 Variabilité des infestations de Juillet 2015 à juin 2016

Durant la période qui s'étale entre juillet 2015 et juin 2016, deux vergers fortement infestés par les populations de l'aleurode des citrus ont été choisis: l'un à l'extrême est de la région agrumicole de Chlef (verger de Oued Fodda), l'autre à l'extrême ouest (verger de Boukader).

2.2.1.3.1 Verger de Oued Fodda

Les infestations provoquées par les populations larvaires de l'aleurode des citrus au niveau du verger de Oued Fodda ont été constatées durant toute la période d'échantillonnage et ont été caractérisées par trois principaux pics enregistrés respectivement en septembre 2015 (37%), janvier 2016 (49%) et avril 2016 (48%) correspondants aux périodes de grandes activités des populations larvaires (Fig. 46).

Nous avons observé pour les adultes deux pics d'infestations en septembre 2015 (45%) et en mai 2016 (61%) respectivement (Fig. 46). Entre octobre 2015 et mars 2016 et au cours des mois de juillet et août 2015, les populations adultes colonisant la frondaison sont absentes.

Les infestations causées par les populations larvaires sont fortement corrélées avec les différents paramètres climatiques (TM, Tm, T, P, H%) contrairement à celles des populations adultes (Fig. 46) (Appendice G).

En effet, les deux derniers pics d'infestations larvaires (janvier et avril 2016) au niveau du verger de Oued fodda ont coïncidé avec des températures mensuelles maximales oscillant entre 18 et 23°C, contre des minimales mensuelles variant entre 8 et 10°C, avec des températures moyennes variant entre 13 et 17°C. La quantité de pluies enregistrées correspondantes aux deux derniers pics d'infestation larvaires en janvier et avril 2016 étaient de 30 mm et 27 mm respectivement. Tandis que l'humidité enregistrée au cours de la même période variait entre 73% et 70% respectivement.

Nous constatons un changement très marqué des données climatiques correspondantes aux premiers pics enregistrés au mois de septembre 2015 par rapport à celles enregistrées au cours des deux derniers pics d'infestations. Un faible taux d'humidité (47%) et une faible quantité de pluies (3mm) ont été en effet enregistrés en septembre 2015, avec des températures relativement élevées (34,2°C (TM), 20,2°C (Tm), 27,2°C (T) (Fig. 46).

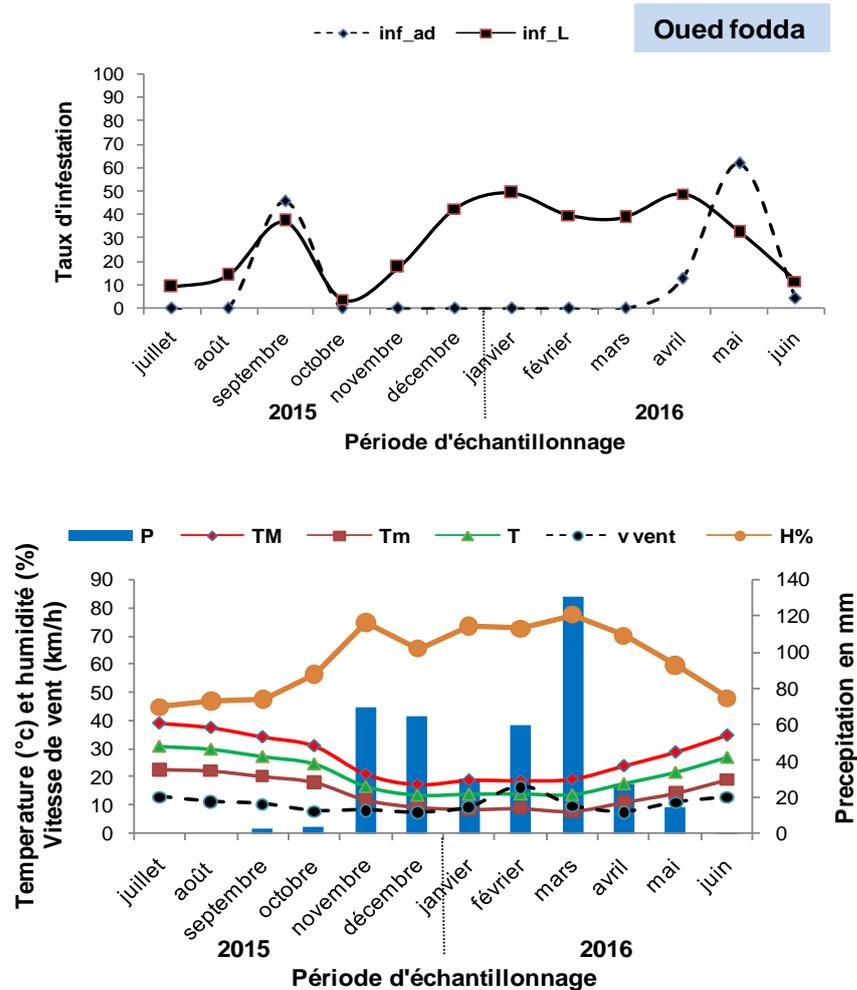


Figure 46: Taux d'infestations des populations larvaires (inf_L) et adultes (Inf_ad) de *D.citri* en relation avec les paramètres climatiques au niveau du verger du Oued Fodda (P, TM, Tm, T, v, H% : valeurs de la: pluviométrie, températures mensuelles maximale minimale et mensuelle moyenne, de la vitesse du vent et de l'humidité relative).

2.2.1.3.2 Verger de Boukader

Au niveau du verger de Boukader, les infestations causées par les populations larvaires se caractérisent par la présence de trois pics enregistrés aux mois d'août 2015, janvier et avril 2016 avec des taux d'infestation de 29%, 25% et 26% respectivement. Les infestations provoquées par les adultes se caractérisent par deux pics l'un de 53% en septembre 2015 et l'autre de 56% en mai 2016 (Fig. 47). Le test de corrélation de Pearson a révélé une absence de corrélation entre les différents paramètres climatiques et les infestations causées par les populations larvaires et adultes dans le verger étudié (Appendice H).

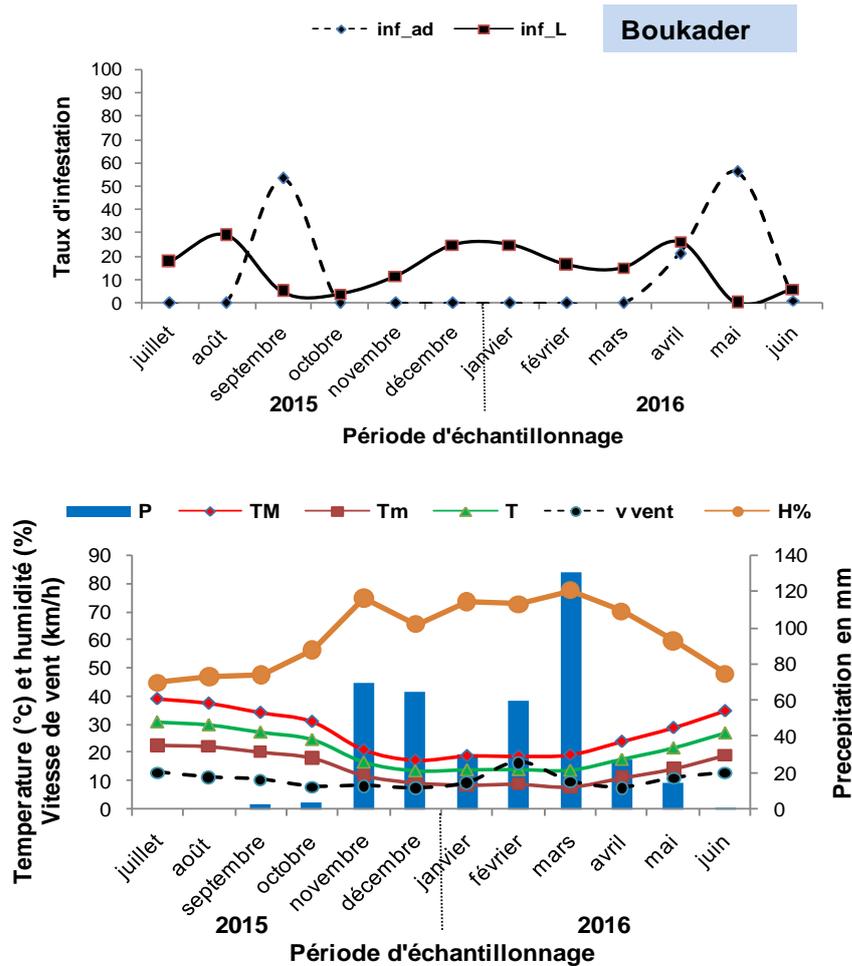


Figure 47 : Taux d'infestations des populations larvaires (inf_L) et adultes (Inf_ad) de *D.citri* en relation avec les paramètres climatiques au niveau du verger de Boukader (P, TM, Tm, T, v, H% : valeurs de la: pluviométrie, températures mensuelles maximale minimale et mensuelle moyenne, de la vitesse du vent et de l'humidité relative).

2.2.2 Variation temporelle de l'abondance des adultes de *D.citri* en fonction de la poussée de sève

Les variations d'abondances populationnelles de *Dialeurodes citri* ont été suivies sur le feuillage au niveau des canopées et à travers les captures par les pièges englués dans les cinq vergers répartis entre les localités de Chlef (verger 1 et 2), Chettia, Oued fouda et Boukader.

Pour rappel, seul le verger de Chlef 1 est planté par des clémentiniers, les autres sont des orangeraias. Les périodes de poussées de sève diffèrent seulement par quelques jours de précocité (7 à 10 jours) en faveur des clémentiniers.

2.2.2.1 Période d'échantillonnage de juillet 2013 à juin 2014

Les premières colonisations des feuilles par les adultes de *D.citri* ont eu lieu au mois d'août 2013 (abondance moyenne de 6 individus) et en avril 2014 (abondance moyenne de 14 individus).

La courbe d'évolution de l'abondance moyenne des adultes de *D.citri* est caractérisée par deux pics enregistrés respectivement en septembre 2013 et mai 2014.

Le premier pic correspond à une abondance moyenne de 19 individus coïncidant avec le début de la 3^e poussée de sève (3^e PS) (Fig. 48 (A)). Le deuxième pic d'abondance est le plus important (113 individus) et coïncide avec l'apparition des jeunes feuilles de la première poussée de sève (1^e PS) considérée comme la plus abondante des trois poussées de sève du clémentinier.

La période allant de novembre 2013 à mars 2014 a été caractérisée par une absence complète des adultes sur le feuillage (Fig. 48 (A)).

Les captures révèlent parallèlement l'apparition des premiers adultes en août 2013 et en avril 2014. Deux pics d'abondance des adultes capturés ont été enregistrés, un premier au cours de la troisième poussée de sève (3^e PS) en octobre 2013 (92 adultes/ pièges/ mois), suivi par un deuxième pic plus important enregistré au mois de mai 2014 (463 adultes/ pièges/ mois), au moment du développement des jeunes pousses de la poussée printanière (1^ePS). De janvier à avril 2014, presque aucune capture n'a été observée au niveau du verger de Chlef 1 (Fig. 48 (B)).

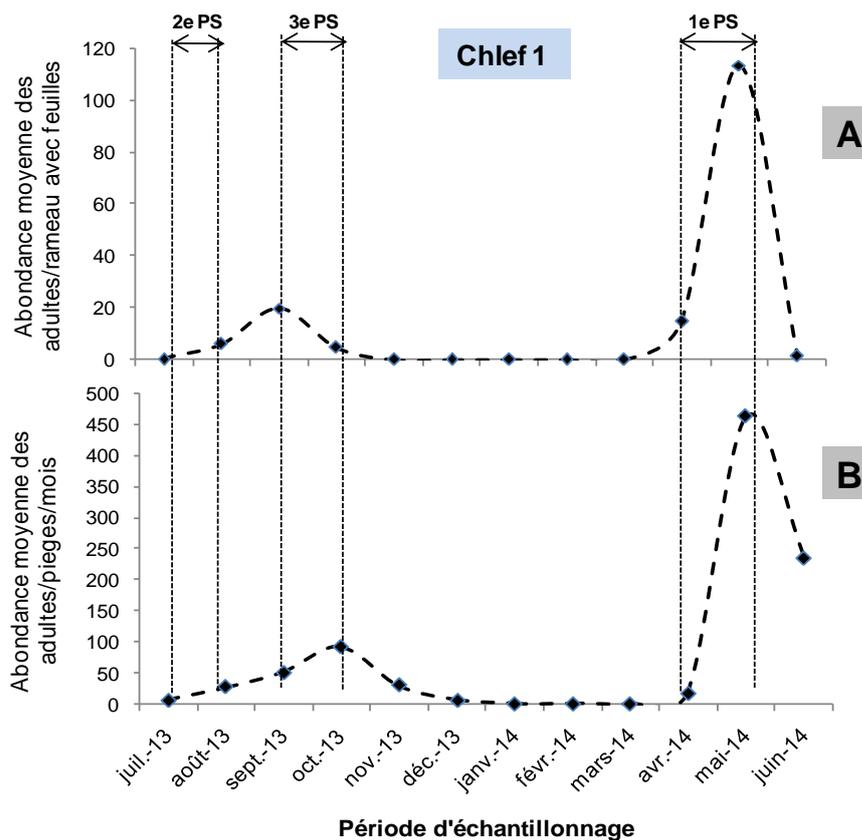


Figure 48 : Variation populationnelle des adultes de *D. citri* de juillet 2013 à Juin 2014 au niveau du verger de Chlef 1 sur le feuillage (A) à travers les captures (B)(1^e PS, 2^e PS, 3^e PS: 1^{ère} 2^{ème} et 3^{ème} poussées de sève)

2.2.2.2 Période d'échantillonnage de Juillet 2014 à juin 2015

Le suivi de l'évolution des abondances de *D.citri* a eu lieu dans les vergers de Chlef 2 et de Chettia de juillet 2014 à juin 2015. Au niveau des deux vergers, les populations sont absentes sur le feuillage entre octobre 2014 et mars 2015. Globalement, les abondances sont trop faibles et ne dépassent pas 1 individu (Fig. 49 (A), Fig. 50 (A)).

Les évolutions des captures des adultes de *D.citri* à travers les pièges jaunes montrent la succession de deux pics d'abondances alternés par une phase d'absence des adultes d'octobre 2014 à mars 2015 au niveau des deux vergers (Fig. 49 (B), Fig. 50 (B)). Le premier pic de capture enregistré au mois de septembre 2014 est nettement supérieur par rapport au second pic en mai 2015. Les pièges englués ont capturé dans le verger de Chettia un nombre d'adultes relativement inférieur à celui capturé au niveau du verger de Chlef 2.

2.2.2.2.1 Verger de Chlef 2

Au niveau de verger Chlef 2, le premier pic d'abondance relativement faible (Fig. 49 (A)), est enregistré en août 2014, au moment de l'apparition de la poussée de sève estivale de l'oranger (2^e PS) et il prend fin avec le début d'apparition de la poussée de sève automnale. Cependant, au niveau du verger de Chettia, le premier pic d'abondance a été enregistré en septembre 2014, relativement élevé que le deuxième enregistré au mois d'avril 2015 (Fig. 50 (A)), alors que le troisième pic d'abondance a eu lieu au cours de la poussée de sève printanière à la mi-avril (Fig. 49 (A)).

Les premières captures sont apparues à la fin de la poussée estivale (2^e PS) vers la fin-août début septembre 2014. Le nombre d'adultes capturés a dépassé 2000 adultes en septembre 2014 contre 320 adultes en mai 2015. Le premier pic de captures a eu lieu au cours de la poussée automnale (3^e PS). La poussée de sève printanière a été marquée cependant par de faibles captures en avril 2015 (Fig. 49 (B)).

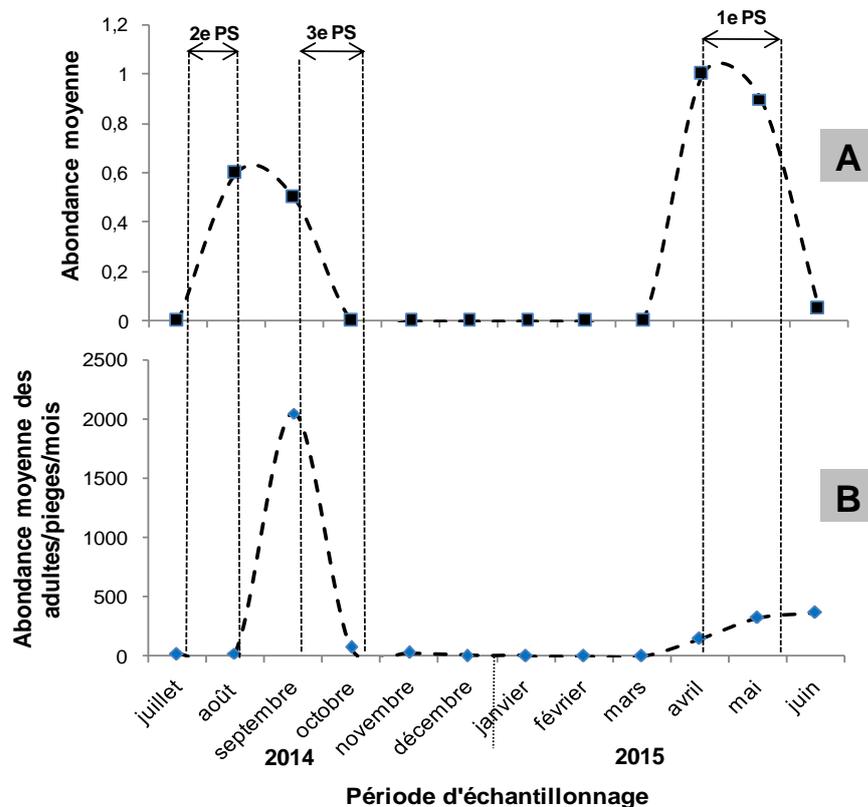


Figure 49 : Variation populationnelle des adultes de *D. citri* sur le feuillage **(A)** et à travers les captures **(B)** de juillet 2014 à Juin 2015 au niveau du verger de Chlef 2 (1^{er} PS, 2^e PS, 3^e PS: 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} poussées de sève)

2.2.2.2.2 Verger de Chettia

Dans le verger de Chettia, le début de colonisation des adultes de *D.citri* au niveau du feuillage est remarqué avec l'apparition des premières feuilles de la poussée estivale (2^e PS) à la mi-juillet 2014. La poussée printanière (1^e PS) a été caractérisée par une colonisation massive des adultes de *D.citri* représentant le deuxième pic d'abondance, au niveau des jeunes feuilles nouvellement développées (Fig. 50 (A)).

Les premières captures des adultes datent du mois d'août correspondant ainsi au début de sortie des jeunes feuilles de la poussée estivale (2^e PS). Le premier pic des captures a été enregistré au mois de septembre pendant la poussée de sève automnale, atteignant près de 1800 adultes contre 170 adultes en mai caractérisant la deuxième période d'activité maximale (Fig. 50 (A)).

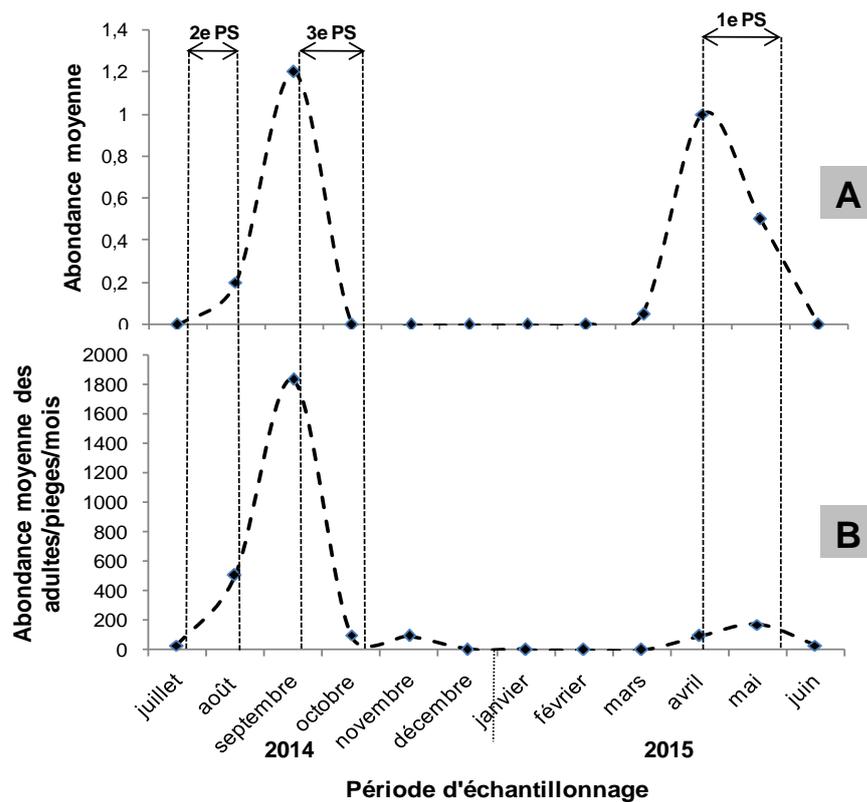


Figure 50 : Variation populationnelle des adultes de *D. citri* sur le feuillage (A) et à travers les captures (B) de juillet 2014 à Juin 2015 au niveau du verger de Chettia (1^e PS, 2^e PS, 3^e PS: 1^{ère} 2^{ème} et 3^{ème} poussées de sève)

2.2.2.3 Période d'échantillonnage de Juillet 2015 à juin 2016

Au niveau des vergers de Oued Fodda et Boukader, les résultats du suivi des populations adultes d'octobre 2015 à mars 2016 sur le feuillage montrent que l'aleurode des citrus présente une densité faible ne dépassant pas 4 individus (Fig. 51 (A), Fig. 52 (A)). Au cours des poussées automnale et printanière, nous avons observé une colonisation massive du feuillage, mais les jeunes feuilles de la poussée de sève estivale n'ont pas été attaquées par les populations adultes de *D.citri* (Fig. 51 (A), Fig. 52 (A)). Les captures des adultes à travers les pièges jaunes révèlent l'existence de trois pics d'abondance à Oued fodda contre deux pics à Boukader (Fig. 51 (B), Fig. 52 (B)).

2.2.2.3.1 Verger de Oued Fodda

A Oued Fodda, le premier pic des adultes équivaut à 800 adultes capturés au cours de la poussée de sève estivale (2^e PS), suivi par un deuxième pic de plus de 1200 adultes capturés pendant la poussée de sève automnale. A partir de novembre 2015 jusqu'en mars 2016, nous assistons à un déclin de l'abondance des captures. Au cours du mois d'avril 2016 (1^e PS), le nombre de captures atteint un pic de près de 1000 adultes capturés (Fig. 51(B)).

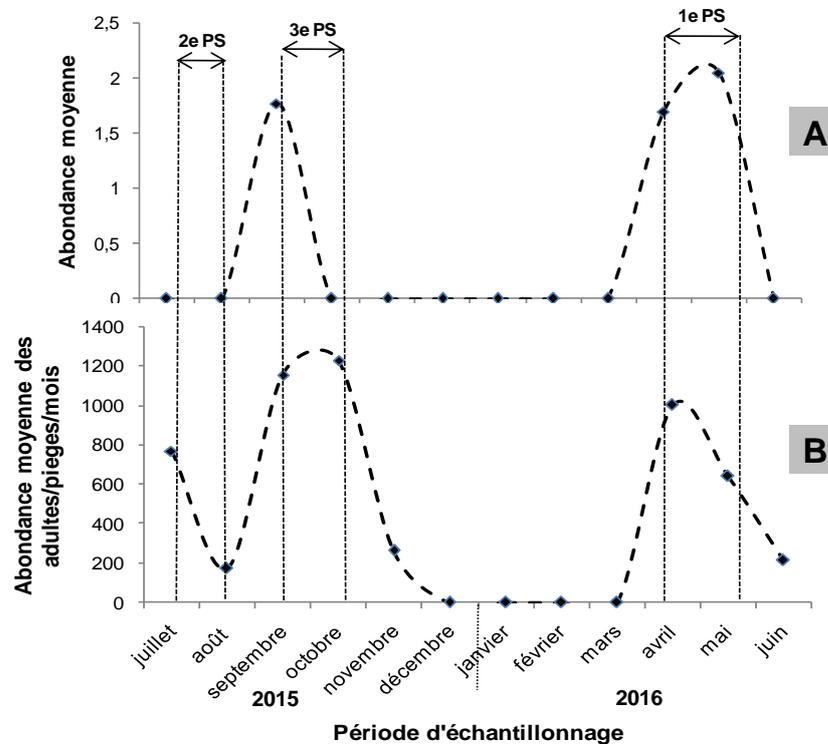


Figure 51 : Variation populationnelle des adultes de *D. citri* sur le feuillage (A) et à travers les captures (B) de juillet 2014 à Juin 2015 au niveau du verger de Oued fodda (1^e PS, 2^e PS, 3^e PS: 1^{ère} 2^{ème} et 3^{ème} poussées de sève)

2.2.2.3.2 Verger de Boukader

L'abondance des captures au niveau du verger de Boukader était plus importante que celle enregistrée au niveau du verger de Oued Fodda. En effet, au mois d'août 2015, les premiers adultes ont été capturés. Au mois de septembre 2015, un pic d'abondance a été enregistré avec plus de 4300 adultes capturés, au cours de la poussée de sève automnale. Une absence totale des adultes capturés au niveau des pièges est observée pour la période allant de novembre 2015 à mars 2016. A partir du mois d'avril 2016, les premières captures commencent à apparaître pour atteindre un pic au mois de mai avoisinant 1300 adultes capturés en période de poussée printanière (Fig. 52 (B)).

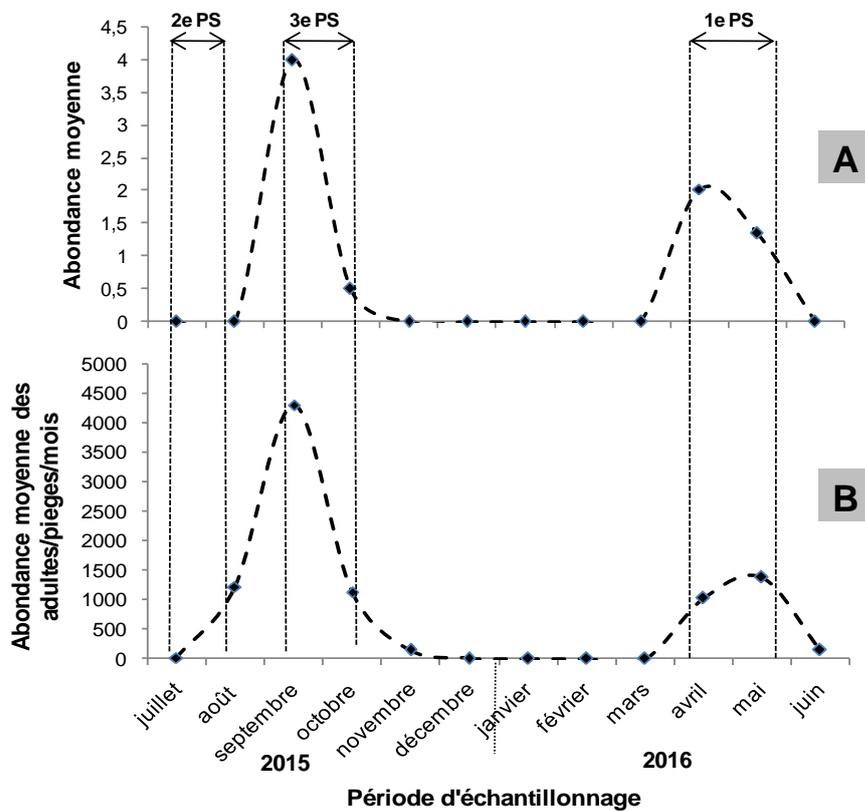


Figure 52 : Variation populationnelle des adultes de *D.citri* sur le feuillage (A) et à travers les captures (B) de juillet 2014 à Juin 2015 au niveau du verger de Boukader (1^e PS, 2^e PS, 3^e PS: 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} poussées de sève)

2.2.3 Evolution des états larvaires de *D.citri* sur le feuillage

Nous signalons le très faible taux du parasitisme vis-à-vis de *D.citri* dans les vergers cités précédemment, seulement quelques larves parasitées ont été répertoriées au cours d'une ou deux échantillonnages seulement. Nous avons rapporté ci après les évolutions comparatives mensuelles et globales des différents états larvaires de l'aleurode des citrus entre les cinq vergers d'agrumes.

2.2.3.1. *Evolutions mensuelles comparées*

2.2.3.1.1. Cas des larves vivantes

Les larves vivantes de l'aleurode des citrus sont présentes sur le feuillage durant toute l'année au niveau des cinq vergers. Leurs abondances varient d'un verger à l'autre et se structurent généralement en un pic jusqu'à trois pics d'activité répartis de juillet à juin selon l'année.

Le verger de Chlef 1, est caractérisé par une abondance larvaire très élevée (pic de 27 larves vivantes/cm²) en novembre 2013, par rapport aux autres vergers, tan disque au niveau du verger de Chettia une faible abondance a été signalée (pic de 4 larves vivantes/cm²) au cours de la même période (Fig. 53).

Au cours de la période estivo-automnale, deux pics d'abondance des larves vivantes ont été signalés au niveau du verger de Chlef 1, celui de Chlef 2 et celui de Boukader contre un seul pic au niveau des deux autres vergers.

La période hivernale a été caractérisée par une faible abondance des larves vivantes au niveau du verger de Chlef 2, Chettia et Boukader, tandis que leurs abondances au niveau du verger de Chlef 1 et Oued Fodda sont élevées. Quant à la période printanière, elle se distingue par un déclin de l'abondance des larves vivantes au niveau de tous les vergers (Fig. 53).

2.2.3.1.2. Cas des larves mortes

Nous remarquons que les abondances des larves mortes sont élevées au cours de la période hivernale au niveau de tous les vergers atteignant jusqu'à 15 larves mortes/cm² à Chlef 1. A Chettia et Boukader, particulièrement au cours de

la période hivernale le nombre de larves mortes est nettement supérieur à celui des larves vivantes (Fig. 53).

Le test de kruskall wallis, nous montre qu'il ya une nette différence entre les larves vivantes et les larves mortes au niveau des vergers de Chlef 1, Chettia et Boukader ($<0,1\%$). Mais il existe une nette différence entre les larves mortes et les pupariums vides au niveau du verger de Chlef 2 ($<0,1\%$) (Fig. 53) (Appendice I).

2.2.3.1.3. Cas des pupariums vides

L'analyse de l'évolution des abondances des pupariums vides de *D.citri* au niveau des vergers d'études montre presque leur absence sur le feuillage au cours de la période hivernale. Deux pics d'abondances ont été signalés.

Le premier en période automnale (septembre) atteignant jusqu'à 19 pupariums/cm² à Chlef 1. Le deuxième pic a eu lieu au mois d'avril-mai au niveau de tous les vergers (Fig. 53).

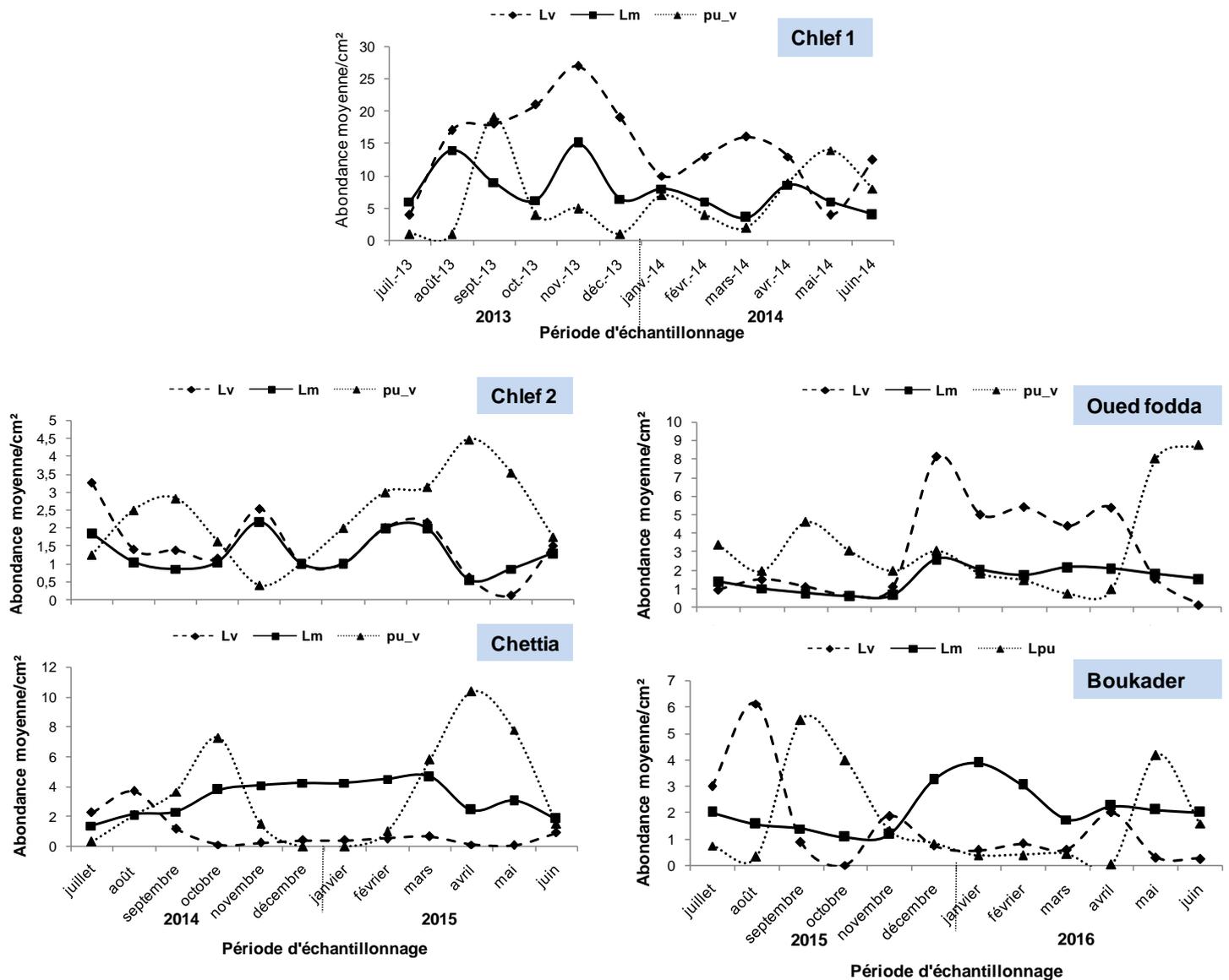


Figure 53 : Evolution des abondances mensuelle et globale des états larvaires de *D. citri* sur le feuillage (Lv : Larves vivantes, Lm : Larves mortes, Pu_v : Pupariums vides)

2.2.3.1 Evolutions globales comparées

Les résultats ont été analysés et représentés par les box plot pour étudier l'évolution globale comparée des différents états larvaires.

2.2.3.1.1 Verger Chlef 1

La moyenne d'abondance des larves vivantes (14,5) est nettement supérieure à celle des autres états larvaires (larves mortes : 6,3 ; puparium vide: 4,5). Les tendances des médianes se rapprochent beaucoup plus des valeurs

élevées chez les larves vivantes, et les larves mortes contrairement à celles des pupariums vides qui se rapprochent des valeurs basses (Fig. 54).

2.2.3.1.2 Verger Chlef 2

Au niveau de ce verger la moyenne d'abondance des pupariums vides est légèrement supérieure (2,29) à celle des larves vivantes (1,5) et les larves mortes (1,3). Cependant, les différents états larvaires ont les mêmes tendances des médianes qui se rapprochent des valeurs basses (Fig. 54).

2.2.3.1.3 Verger Chettia

Contrairement au verger de Chlef 2 suivi au cours de la même période que le verger de Chettia, la moyenne d'abondance des larves mortes (3,22) et les pupariums vides (3,44) sont nettement supérieures à celle des larves vivantes (0,88). Les tendances des médianes se rapprochent beaucoup plus des valeurs basses chez les larves vivantes et les pupariums vides contrairement aux larves mortes dont les tendances des médianes se rapprochent des valeurs élevées (Fig. 54).

2.2.3.1.4 Verger Oued Fodda

La moyenne d'abondance des larves mortes (1,53) et vivantes (2,94) sont inférieures à celle des pupariums vides (3,31). En effet, les tendances des médianes des larves vivantes et les pupariums vides se rapprochent des valeurs basses, contrairement à celle des larves mortes dont les tendances des médianes se rapprochent des valeurs élevées (Fig. 54).

2.2.3.1.5 Verger Boukader

Contrairement à ce qui a été signalé au niveau du verger de Oued fodda, Il est à signaler que la moyenne d'abondances des larves mortes (2,12) est supérieure à celle des pupariums vides (1,65) et des larves vivantes (1,43). Cependant, les tendances des médianes des larves vivantes et les pupariums vides se rapprochent des valeurs élevées, tan disque les tendances des médianes des larves mortes se rapprochent de la moyenne (Fig. 54).

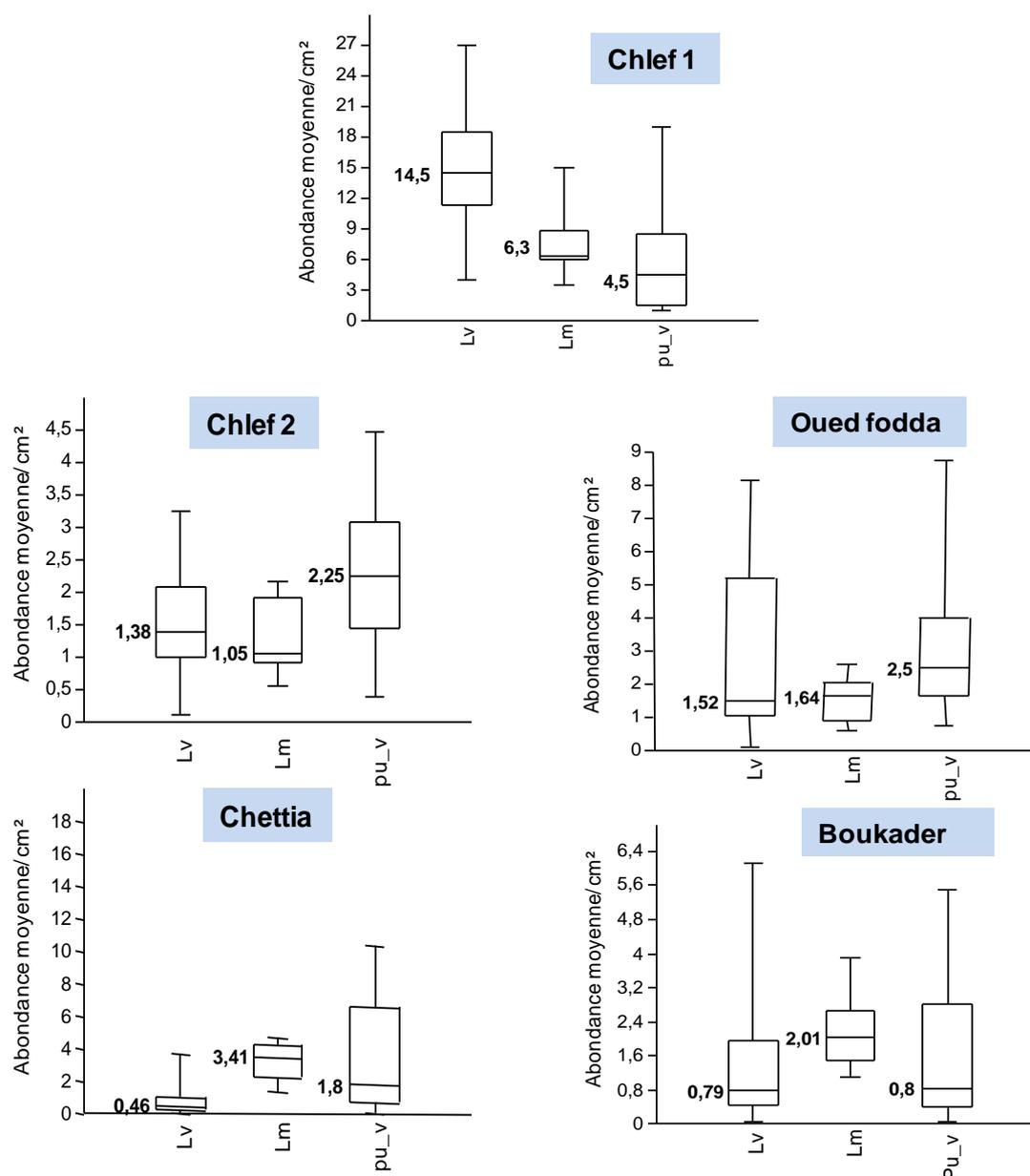


Figure 54 : Evolutions globales comparées des abondances des états larvaires de *D. citri* sur le feuillage (Lv : Larves vivantes, Lm : Larves mortes, Pu_v : Pupariums vides)

2.2.4 Répartition des populations de l'aleurode des Citrus *D. citri* en relation avec l'orientation

L'étude de la répartition cardinale des populations adultes et larvaires de l'aleurode des citrus a été réalisée au niveau des cinq vergers. Les résultats sont donnés en pourcentages pour chaque direction cardinale par mois et globalement pour les saisons printanière, estivale et automnale. D'une façon générale, les populations adultes et larvaires de *D. citri* manifestent des préférences différentes aux expositions sur le feuillage en fonction des vergers et de la période d'étude.

2.2.4.1 Répartition cardinale des adultes

Les pourcentages des répartitions cardinales saisonnières des adultes de *D.citri* au niveau des frondaisons des cinq vergers d'agrumes sont représentés sur la figure 55. Généralement, les expositions les plus convoitées correspondent aux orientations vers le nord ou l'est alors que l'exposition vers l'ouest est la moins préférée. On soulève cependant une variabilité de répartition spatiotemporelle selon la saison et le verger.

En période printanière, les populations des adultes se concentrent sur le feuillage exposé à l'est (35% à 45%) dans la majorité des vergers à l'exception du verger de Chlef 2 où les adultes sont plus observés sur les frondaisons nord.

Comme pour la saison printanière, au cours de la période estivale, les populations adultes colonisent préférentiellement le nord et l'est des frondes. En effet, au niveau du verger de Chlef 1, Oued Fodda et Boukader, la direction la plus peuplée par les adultes était le nord de la canopée (29 à 43%), ou l'est pour les vergers de Chlef 2 (37%) mais l'ouest pour le verger de Chettia (35%) (Fig. 55).

La période automnale a été caractérisée au niveau de tous les vergers par une colonisation massive des adultes sur la frondaison exposée au nord (34 à 50%), mis à part au niveau du verger de Oued Fodda où les directions ouest (29%) et nord (28%) ont été les plus recherchées (Fig. 55).

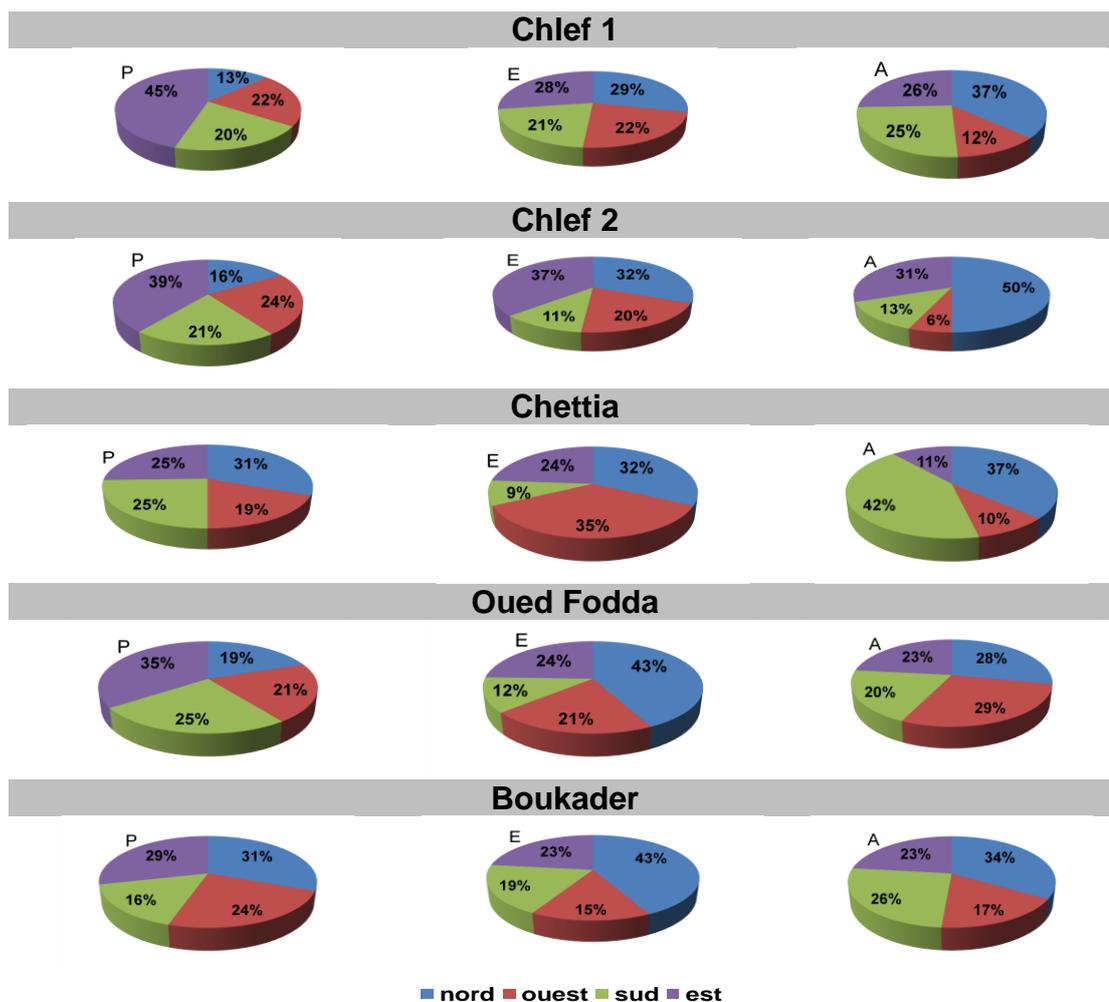


Figure 55 : Pourcentages respectifs de la répartition saisonnière des populations adultes de *D.citri* selon l'exposition (P : printemps, E : été, A : automne)

Au niveau de tous les vergers d'étude, la répartition des adultes de l'aleurode des citrus est hautement influencée par la saison et par la période de suivi ($p < 1\%$), mais elle n'est pas influencée par la direction (Fig. 56, Appendice J).

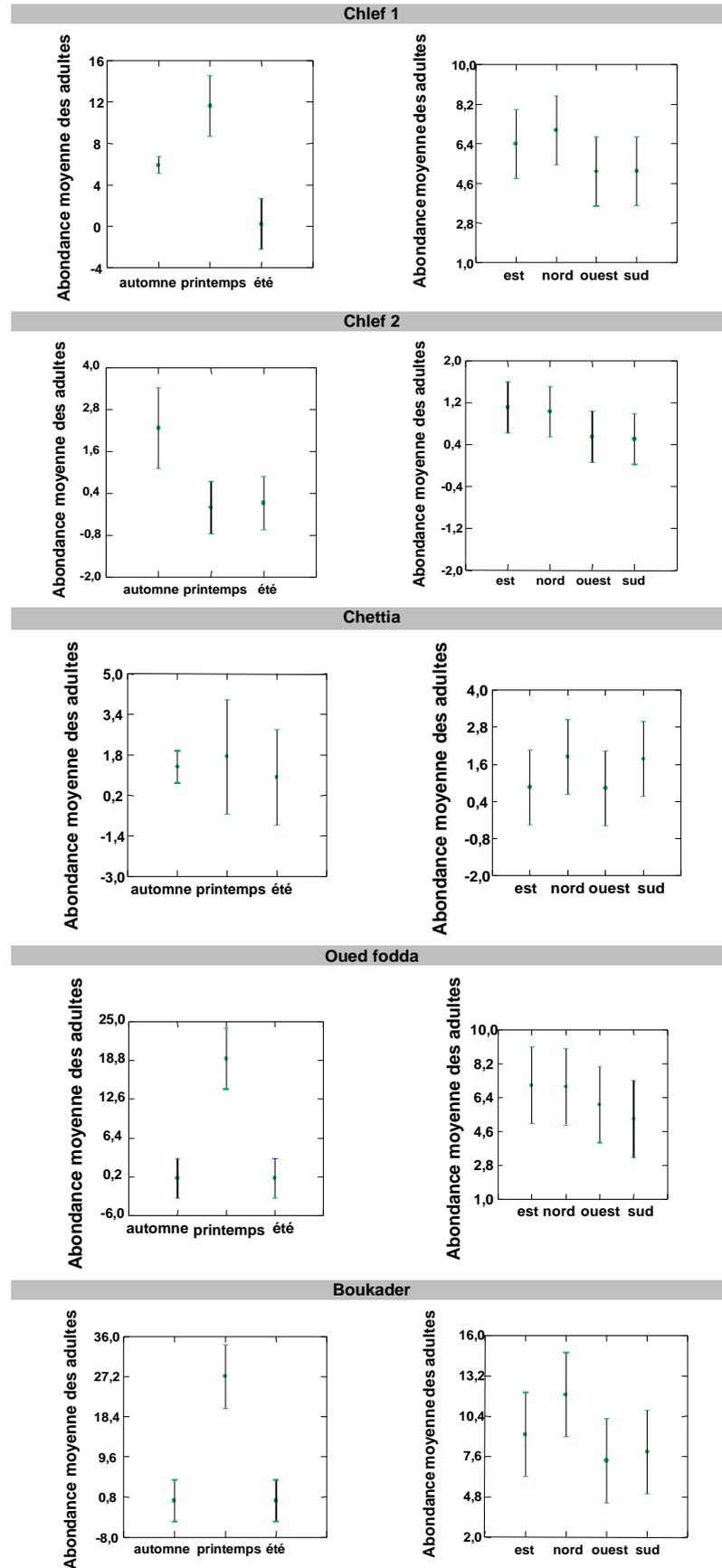


Figure 56 : Analyse de la répartition temporelle des populations adultes *D.citri* selon l'exposition (GLM) au niveau des vergers d'étude

2.2.4.2 Répartition cardinale des larves

La répartition cardinale des populations larvaires sur le feuillage est représentée sur la figure 57. On retrouve des distributions disparates à très similaires pour un verger ou une saison donnés. Par exemple, au niveau des vergers de Chlef 1 et Chlef 2, on observe une densité larvaire évidente selon l'exposition est (30%) et nord (38%) respectivement. Alors qu'au niveau du verger de Chettia, les populations larvaires ne se retrouvent qu'au nord et sud de la canopée. On peut remarquer au cours de la période estivale que les larves ont colonisé de manière similaire pratiquement toutes les directions, contrairement à la période automnale où l'exposition la plus colonisée concerne le nord de la fronde avec des pourcentages de présence pouvant atteindre 53% (Fig. 57).

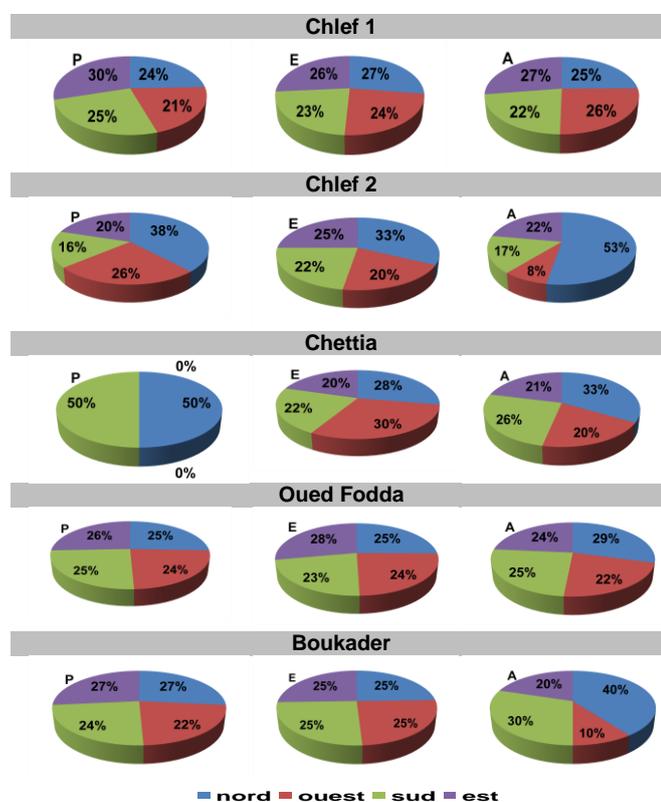


Figure 57 : Pourcentages respectifs de la répartition saisonnière des populations larvaires de *D. citri* selon l'exposition (P : printemps, E : été, A : automne)

Cependant, la colonisation de la frondaison par les populations larvaires de *D. citri* en fonction de l'exposition est hautement influencée par la saison et par la période de suivi ($p < 1\%$), mais pas influencée par la direction à l'exception des populations larvaires circulantes au niveau du verger de Chlef 2 et Chettia où leurs répartitions est hautement influencées par la direction ($p < 1\%$, $p < 1\%$) (Fig. 58, Appendice K).

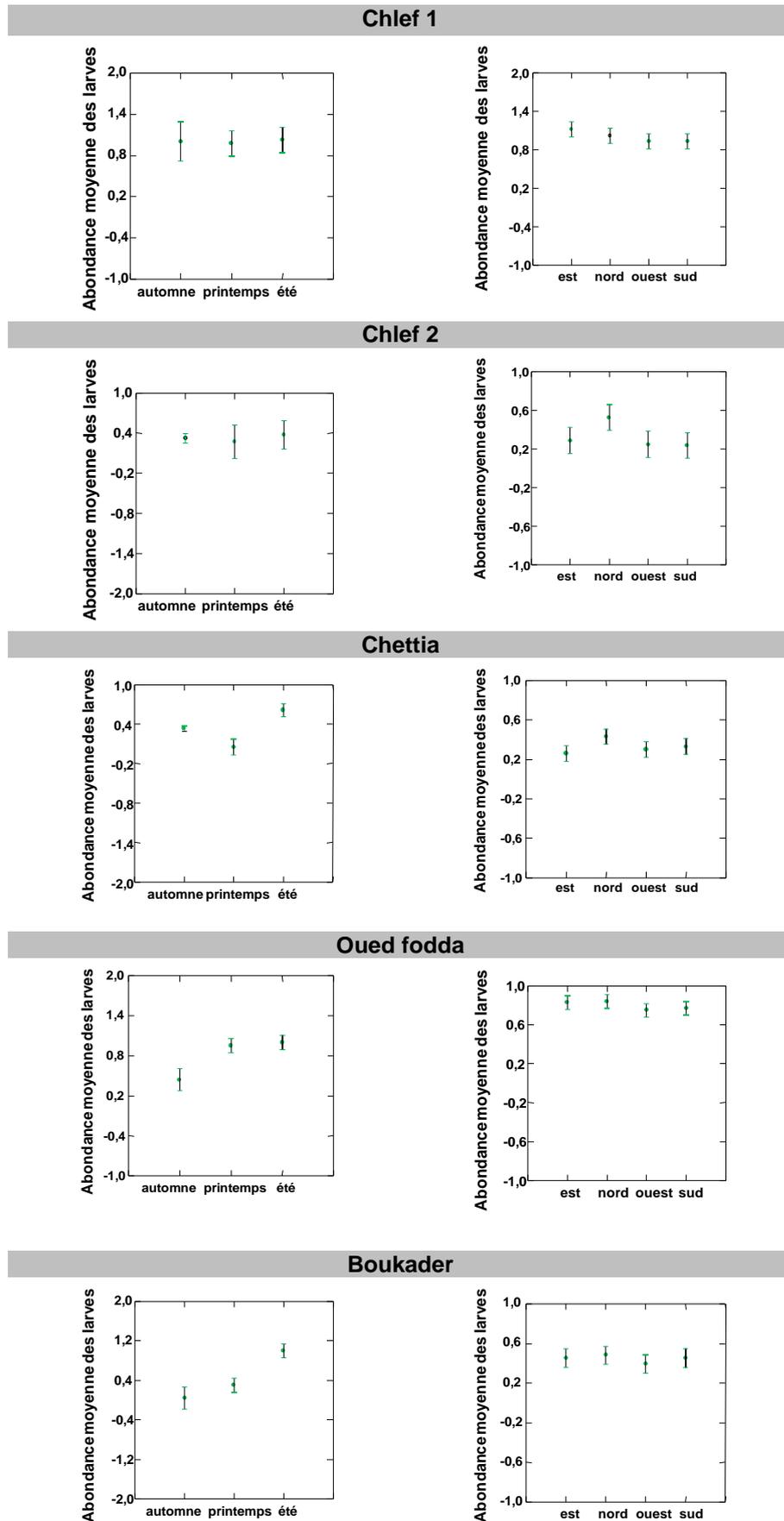


Figure 58 : Analyse de la répartition temporelle des populations larvaires *D.citri* selon l'exposition (GLM) au niveau des vergers d'étude

2.3 Emergence comparées des adultes des populations d'aleurodes dans les vergers d'étude

Les premiers adultes émergés ont été repérés au niveau des six vergers, pendant la période allant de juillet 2013 à juin 2016 (tab. 9), sur la base des observations visuelles sur les jeunes pousses dès le début de colonisation de la frondaison. Dans les cas où nos sorties n'ont pas eu aux moments des émergences, nous avons fait recours à une estimation de date probable des émergences. Les citrus des vergers d'étude ont été colonisés en période automnale et printanière, chez l'aleurode des citrus mais aussi en période estivale chez l'aleurode floconneux.

Chez l'aleurode floconneux trois périodes d'émergence ont été notées en 2013 (à la fin juin, et fin octobre), et en 2014 (début avril). Les adultes ont colonisé les jeunes feuilles des trois poussées de sève de l'oranger à Oued sly en période estivale, automnale et printanière respectivement. Chez les populations adultes de l'aleurode des citrus, deux périodes d'émergence ont été notées.

L'installation des premiers adultes a eu lieu en période automnale (2013-2016) généralement à la fin août début septembre coïncidant avec la fin de la poussée estivale et le début d'apparition des jeunes feuilles de la poussée automnale des citrus au niveau des vergers de Chlef (1,2), Chettia, Oued fouda et Boukader. La deuxième période d'émergence a eu lieu en période printanière à la mi-avril (2013-2016) au niveau des mêmes vergers.

Les deux espèces d'aleurodes n'apparaissent pas de manière simultanée dans les citrus de la région de Chlef. On relève une précocité de l'aleurode floconneux, d'après notre suivi temporel (tab. 9). Concernant l'aleurode des citrus, les 1ers adultes de la 1^{ère} génération colonisant le feuillage apparaissent précocement en avril 2014 et 2015 dans les vergers de Chlef 1 et 2 en comparaison avec les adultes apparaissant dans les vergers de Chettia et Boukader qui ont été observés plus tardivement en 2016. Les adultes de la 2^e

génération sont présents dès la fin du mois d'août ou le début de septembre vraisemblablement sous l'effet des températures estivales.

Tableau 9 : Périodes d'émergences approximatives des deux espèces d'aleurodes observées dans les vergers étudiés durant la période d'échantillonnage

<u>Verger</u>	<u>Espèce</u>	<u>Génération</u>	<u>1^{er} adultes émergés</u>	
			2013	2014
Oued Sly	<i>A.floccosus</i>	1 ^{ere}	-	2 Avril
		2 ^{eme}	22 juin	-
		3 ^{eme}	27 octobre	-
Chlef 1	<i>D.citri</i>	1 ^{ere}	-	10 avril
		2 ^{eme}	26 août	-
Chlef 2		1 ^{ere}	-	13 avril
		2 ^{eme}	10 Septembre	-
Chettia		1 ^{ere}	-	11 avril
		2 ^{eme}	31 août	-
Oued fodda	1 ^{ere}	-	20 avril	
	2 ^{eme}	28 août	-	
Boukader	1 ^{ere}	-	23 Avril	
	2 ^{eme}	1 septembre	-	

3 Etude du complexe parasitaire antagoniste des Aleyrodidae dans les différents vergers

3.1 La faune auxiliaire associée à l'aleurode floconneux *A.floccosus*

Le suivi des populations d'ennemis naturels associées de l'aleurode floconneux dans le verger de Oued Sly a été réalisé sur la période annuelle de juillet 2013 à juin 2014.

L'abondance des prédateurs évaluée à travers les pièges englués n'est pas élevée. Elle se caractérise par de faibles captures entre octobre 2013 et mai 2014, et une abondance moyenne maximale 1,5 à 2,5 individus respectivement en aout 2013 et juin 2014. En comparaison, on relève des densités moyennes de parasitoïdes prépondérantes au mois d'aout 2013 (3,5 individus) et en mai 2014. Les captures sont beaucoup plus faibles pendant la saison hivernale et nulles durant la période automnale (fig. 59). Globalement, la moyenne d'abondance des parasitoïdes (1,23) est nettement supérieure à celle des prédateurs (0,68), mais la différence n'est pas significative (test de Kruskal Wallis, Past version 9.7, Appendice L)). Les tendances des médianes se rapprochent beaucoup plus des valeurs basses chez les prédateurs (0,39) contrairement à celles des parasitoïdes qui avoisinent la moyenne (0,9) (fig. 59).

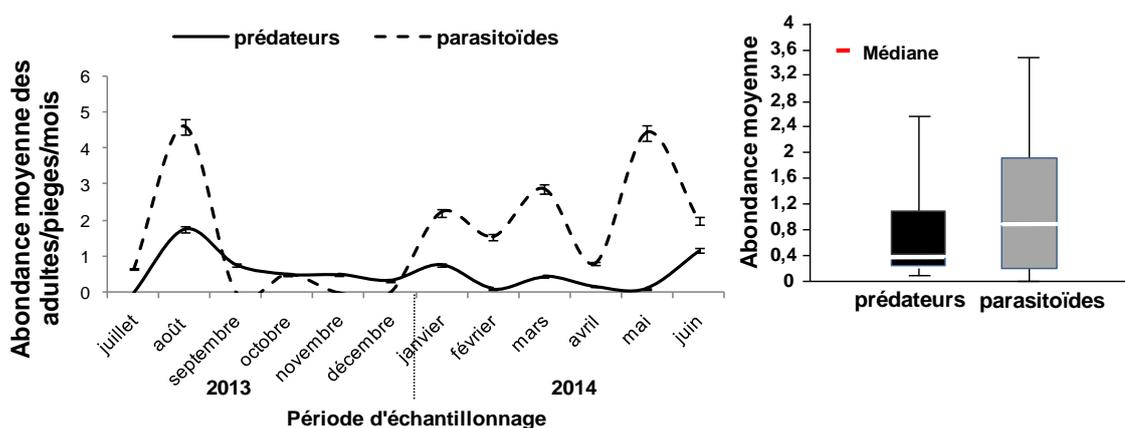


Figure 59 : Evolution de l'abondance des auxiliaires d'*A.floccosus* capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Oued sly

L'évolution des abondances spécifiques des prédateurs et des parasitoïdes est représentée sur les figures 59 A et B. Chez les prédateurs, l'évolution de l'abondance moyenne de la coccinelle prédatrice *C.arcuatus* se traduit par deux

pics d'activité enregistrés en août 2013 (5 individus) et en juin 2014 (2 individus), alternés par une période d'absence et de très faibles abondances allant de septembre 2013 à mai 2014 (fig. 60 (A)). Pendant la période estivo-automnale, l'espèce *S.aleyrodiformis* a manifestée une faible densité (de 1,5 à 2 individus) contrairement au prédateur *C.carnea* qui était totalement absent (fig. 60 (A)).

Le parasitoïde le plus capturé en abondance est l'Aphelinidae *Cales noacki*, alors que le nombre de captures des deux autres espèces rencontrées des genres *Encarsia* et *Eretmocerus* est relativement réduit (fig. 60 (B)). Les principaux pics de présence de *C. noacki* sont enregistrés au cours de la période estivale en août et pendant la saison hiverno-printanière avec des captures variant de 2 à 13 individus (fig. 60 (B)).

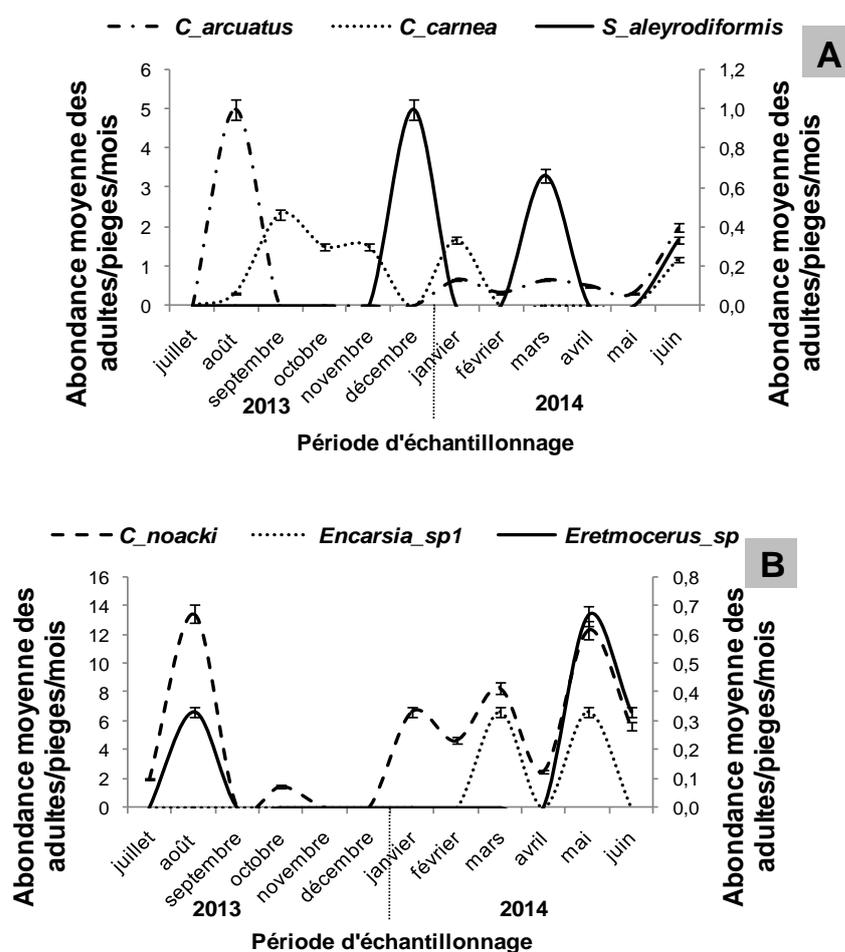


Figure 60 : Evolution de l'abondance des prédateurs **(A)** et des parasitoïdes **(B)** associés à l'aleurode floconneux au niveau du verger de Oued sly

Nous avons analysé les abondances temporelles des populations de l'aleurode floconneux en relation avec celles de leurs auxiliaires pour mettre en évidence une éventuelle coïncidence d'activité, à l'aide des AFC et des CAH établies à partir des matrices de données d'abondance dans les logiciels Excel et Past (fig. 61, 62).

La tendance globale de la distribution des populations d'*A.floccosus* et de ses auxiliaires spécifiques au niveau du verger de Oued Sly, reflète trois assemblages périodiques différents avec l'axe 1 qui contribue pour 77,18% d'informations et 12,34% pour l'axe 2 (fig. 61). D'après les calculs des distances entre les variables mesurées avec comme mesure de similitude (Bray Curtis) la valeur -4, la structure temporelle des populations de l'aleurode floconneux avec ses auxiliaires fait apparaître 3 groupes de statut différent (fig. 62).

On retrouve dans un premier pool un prédateur (*S.aleyrodiformis*) et un parasitoïde de l'aleurode floconneux *Encarsia* sp1 en mars 2014. Le second pool est caractérisé par la présence d'*A.floccosus* et son parasitoïde *Eretmocerus* sp pendant la période printano-estivale et automnale. Le troisième pool regroupe un prédateur spécifique (*C.arcuatus*) et généraliste (*C.carnea*) avec un parasitoïde spécifique de l'aleurode floconneux (*C.noacki*) durant la période hivernale (fig. 62).

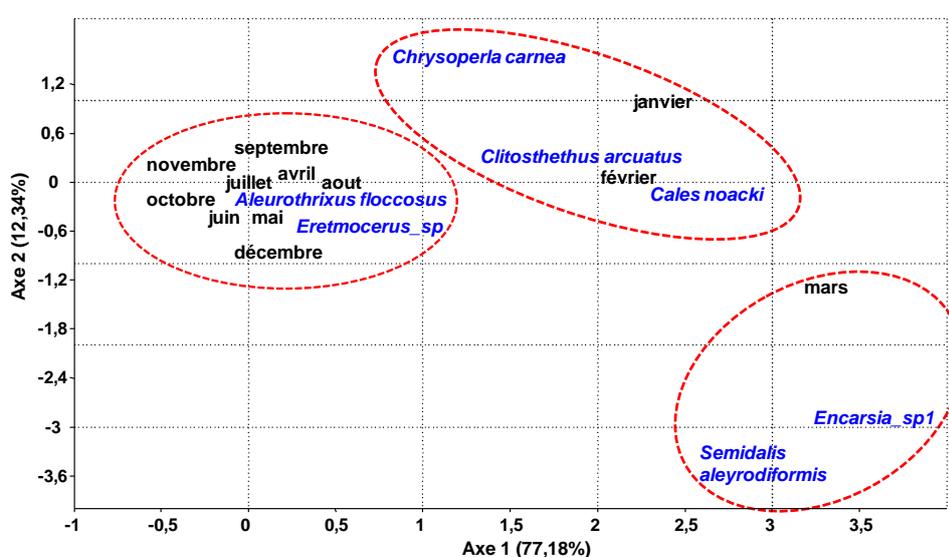


Figure 61 : Analyse multivariée « AFC » représentant la distribution de l'aleurode floconneux et ses auxiliaires capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Oued sly (juillet 2013-juin 2014)

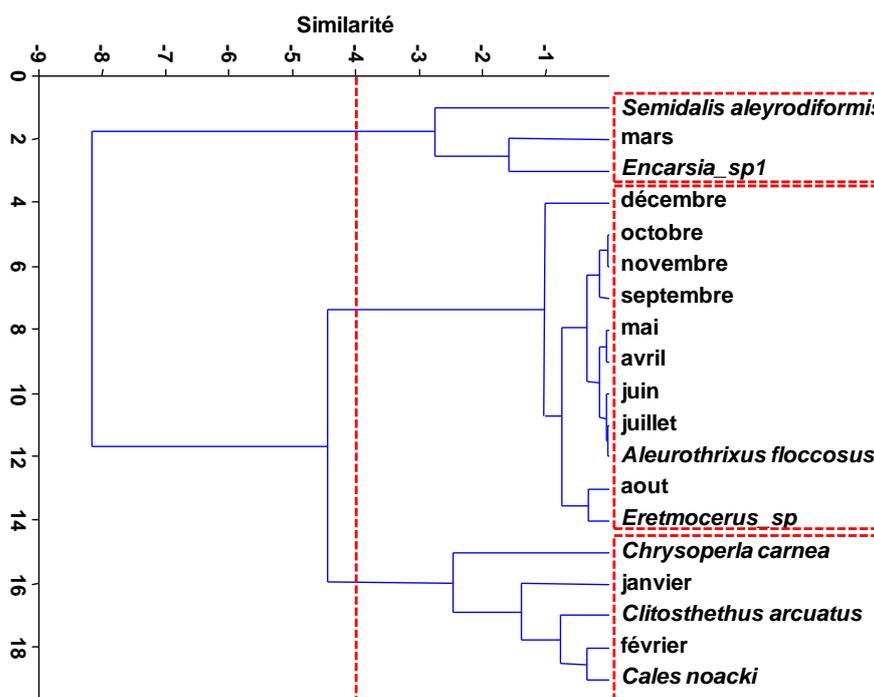


Figure 62 : Classification hiérarchique de la phénologie de l'aleurode floconneux et ses auxiliaires associés dans le temps au niveau du verger de Oued sly (juillet 2013- juin 2014)

3.2 La faune auxiliaire associée à l'aleurode des citrus *Dialeurodes citri*

Les fluctuations des densités des prédateurs et parasitoïdes de l'aleurode des citrus ont été étudiées dans cinq vergers de clémentiniers et orangers entre juillet 2013 et juin 2016.

Le verger de Chlef 1 planté en (Clémentinier) compte 4 espèces prédatrices de *D.citri*, les vergers d'oranger de Chettia, Oued fouda et Boukader présentent trois espèces alors qu'au niveau d'oranger de Chlef 2, nous n'avons observé que deux prédateurs. La coccinelle prédatrice *Clitostethus arcuatus* spécifique à *D.citri*, a été capturée au niveau de tous les vergers, avec des fluctuations d'abondance différentes d'un verger à l'autre. En effet, au niveau du verger de Chlef 1, l'abondance globale des captures de cette coccinelle était la plus importante par rapport aux autres vergers.

Conwentzia psociformis a été répertorié seulement au niveau du verger de Chlef 1 mais avec de faibles abondances ne dépassant pas quatre adultes capturés en avril. Le prédateur généraliste *Chrysoperla carnea* a été observé dans

toutes les parcelles. A l'exception du verger de Chlef 2, l'espèce *Semidalis aleyrodiformis* est également présente dans toutes les parcelles mais avec une très faible abondance dans le verger de Chettia.

Dans les cinq vergers étudiés, au cours de la période allant du juillet 2013 à juin 2016, les abondances des parasitoïdes rencontrés du genre *Encarsia*, *Eretmocerus* et *Cales noacki* sont faibles. L'espèce *Encarsia* sp1, a été inventoriée au niveau de tous les vergers à l'exception de l'oranger de Boukader avec des abondances moyennes variant de un à trois adultes capturés. L'espèce *Encarsia* sp3, recensée seulement au niveau du verger de Boukader, présente les plus grandes abondances sur toutes les espèces du genre *Encarsia* capturées avec plus de 12 individus capturés au mois d'octobre. L'espèce *Encarsia* sp4, est la moins abondante de toutes les espèces du genre *Encarsia* et a été observée seulement au niveau du verger de Boukader mais avec de très faibles effectifs. Malgré de faibles captures enregistrées dans les vergers de Oued Fodda et Boukader, l'espèce *Eretmocerus* sp se caractérise par une activité très marquée en période estivo-automnale. Hormis tout le reste de l'année, le parasitoïde spécifique *C.noacki* est très présent en période estivo-automnale dans le verger de Chlef 1, mais le nombre moyen des adultes capturés était faible.

Les structures temporelles des abondances populationnelles de *Dialeurodes citri* avec celles de leurs auxiliaires sont expliquées par le biais d'une analyse factorielle des correspondances prenant en compte les variables des abondances temporelles, les abondances temporelles dans les cinq vergers (Chlef 1, Chlef 2, Chettia, Oued fodda et Boukader) de juillet 2013 à juin 2016.

3.2.1 Variabilité des captures de juillet 2013 à juin 2014

Au cours de cette période, le suivi des captures de l'aleurode des citrus et ses auxiliaires a eu lieu seulement au niveau du verger de Chlef 1.

3.2.1.1 Verger de Chlef 1

Au cours de cette période, le suivi des captures de l'aleurode des citrus et ses auxiliaires a eu lieu seulement au niveau du verger de Chlef 1.

L'abondance des prédateurs est significativement plus importante que celle des parasitoïdes (test de Kruskal Wallis, $P < 0,1\%$ Appendice M). Le box plot de la

figure 63 montre des moyennes de 9,36 et respectivement 0,38. Les tendances des médianes se rapprochent beaucoup plus des valeurs basses chez les parasitoïdes et les prédateurs. Ces deux catégories manifestent simultanément deux pics d'abondance enregistrés en septembre 2013 et mai 2014 avec respectivement 27 individus et 34 individus chez les prédateurs, et seulement 1 à 2 individus capturés chez les parasitoïdes. La période hivernale a été marquée par une absence presque totale des captures (fig. 63).

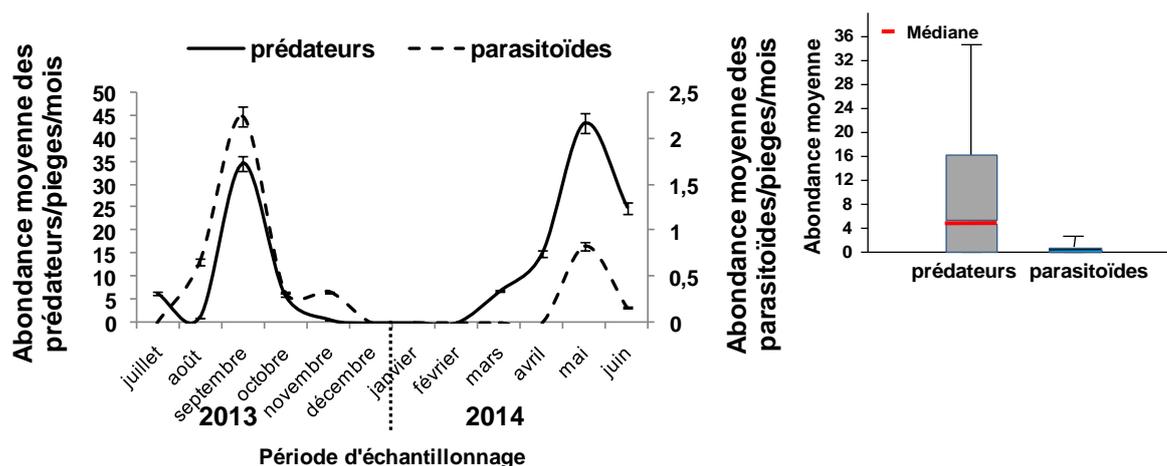


Figure 63 : Evolution de l'abondance des auxiliaires adultes de *D.citri* capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Chlef 1

Au niveau spécifique, on peut remarquer que l'espèce *C.arcuatus* est la plus abondante et présente deux pics de densités signalés en septembre 2013 (31 individus) et mai 2014 (172 individus) contre une absence complète au cours de la période hivernale (fig. 64 A). Les trois espèces de névroptères (*S.aleyrodiformis*, *C.psociformis* et *C.carnea*) se caractérisent par de faibles abondances avec absence quasi totale au cours de la période hivernale, à l'exception d'un pic enregistré chez *S.aleyrodiformis* en septembre 2013 avec plus de 98 individus capturés à travers les pièges englués (fig. 64 A).

Les abondances des parasitoïdes associés à l'aleurode des citruses restent faibles au cours de la période de suivi. Nous avons observé l'espèce *Encarsia* sp1 surtout en septembre 2013 (+ 3 individus) et mai 2014 (+ 1 individu) (fig. 64 B). Contrairement aux pièges englués placés au niveau du même verger pour évaluer la diversité de l'entomofaune associées aux ravageurs des agrumes, l'espèce *Eretmocerus* est absente sur les pièges englués.

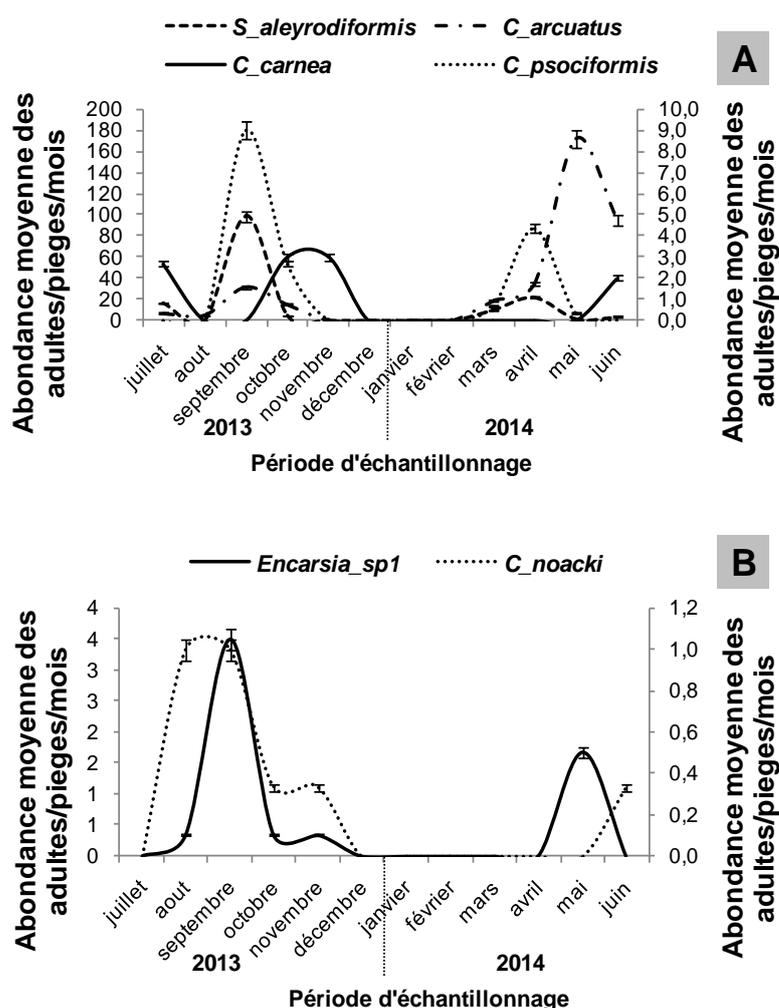


Figure 64: Evolution de l'abondance spécifique des prédateurs **(A)** et des parasitoïdes **(B)** associés à l'aleurode des citruses au niveau du verger de Chlef 1

La tendance globale de la distribution des populations de l'aleurode des citruses et de ses ennemis naturels associés reflète quatre assemblages périodiques différents avec l'axe 1 qui contribue pour 78% d'informations et 12,19% pour l'axe 2 (fig. 65).

Deux enveloppes sont mises en évidence : la première rassemblant les deux espèces de névroptères (*S.aleyrodiformis* et *C.psociformis*) et les deux parasitoïdes (*C.noacki* et *Encarsia* sp1) durant les mois de juillet, Septembre 2013 et mars, avril 2014.

Un deuxième pool regroupant ressemblent *D.citri* et sa coccinelle prédatrice spécifique (*C.arcuatus*) ainsi que son prédateur *C.carnea* durant le reste des mois de la période de suivi (figures 65, 66).

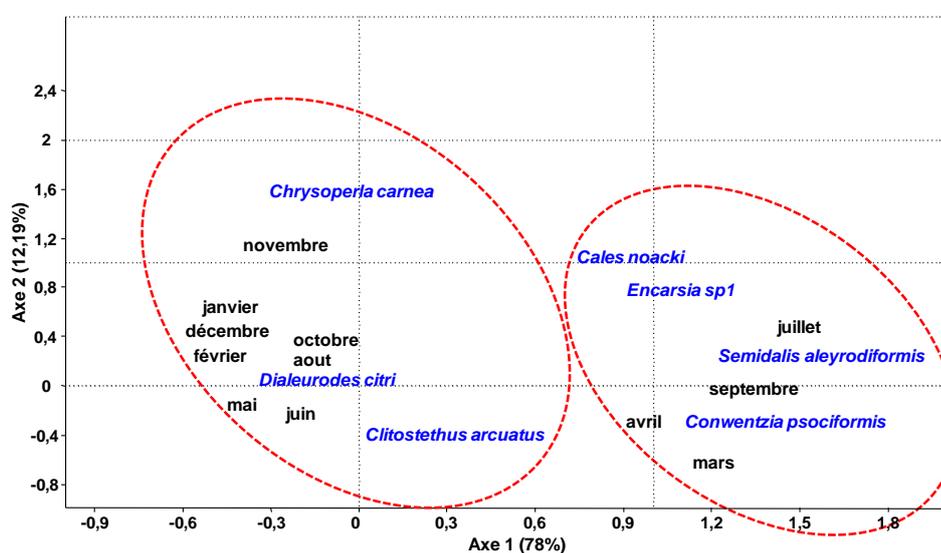


Figure 65 : Analyse multivariée «AFC» représentant la distribution de *D.citri* et ses auxiliaires capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Chlef 1 (juillet 2013- juin 2014)

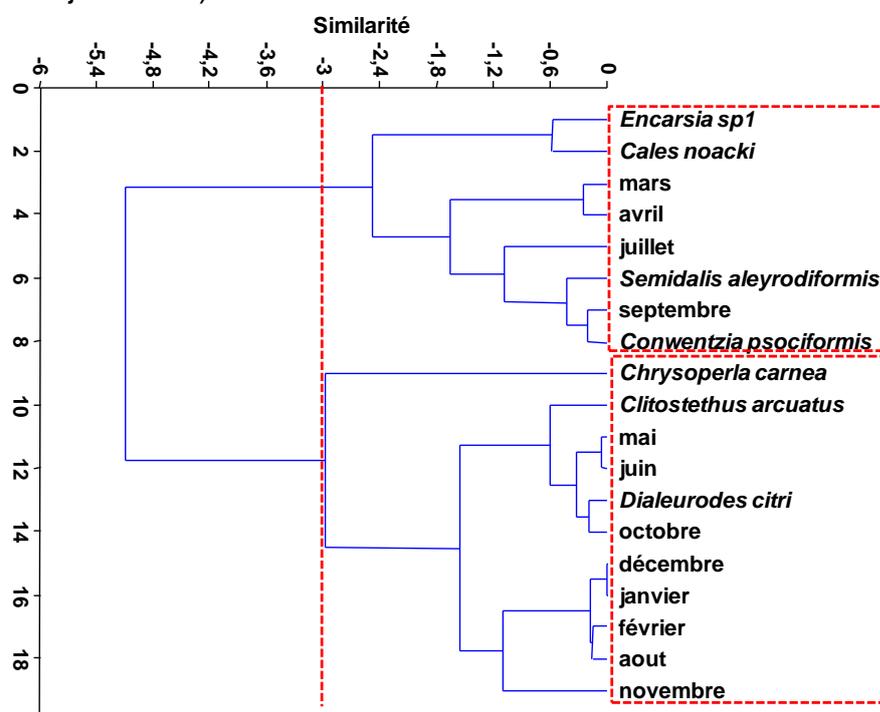


Figure 66 : Classification hiérarchique de la phénologie de *D.citri* et ses auxiliaires associés dans le temps au niveau du verger de Chlef 1 (juillet 2013- juin 2014)

3.2.2 Variabilité des captures de juillet 2014 à juin 2015

Au cours de cette période, le suivi des captures de *D.citri* et ses ennemis naturels a eu lieu dans deux vergers à Chlef 2 et Chettia.

3.2.2.1 Verger de Chlef 2

En général, l'abondance des prédateurs est plus importante que celle des parasitoïdes capturés. Chez les prédateurs, nous signalons deux pics d'abondance en novembre 2014 (18 individus) et avril 2015 (9 individus). Tandis que les abondances des parasitoïdes capturés restent trop faibles ne dépassant pas un (1) individu au cours de toute la période de suivi. Il est à signaler que la période hivernale a été caractérisée par de très faibles abondances chez les deux groupes d'auxiliaires (fig. 67).

La moyenne d'abondance des prédateurs est supérieure à celle des parasitoïdes, le box plot de la figure 67 présente des moyennes de 4,79 et respectivement 0,36. Les tendances des médianes se rapprochent beaucoup plus des valeurs basses chez les deux groupes d'auxiliaires. Le test de Kruskal Wallis (Past), révèle que les différences d'abondance entre les prédateurs et parasitoïdes de *D.citri* sont significatives ($<0,1\%$) (Appendice N).

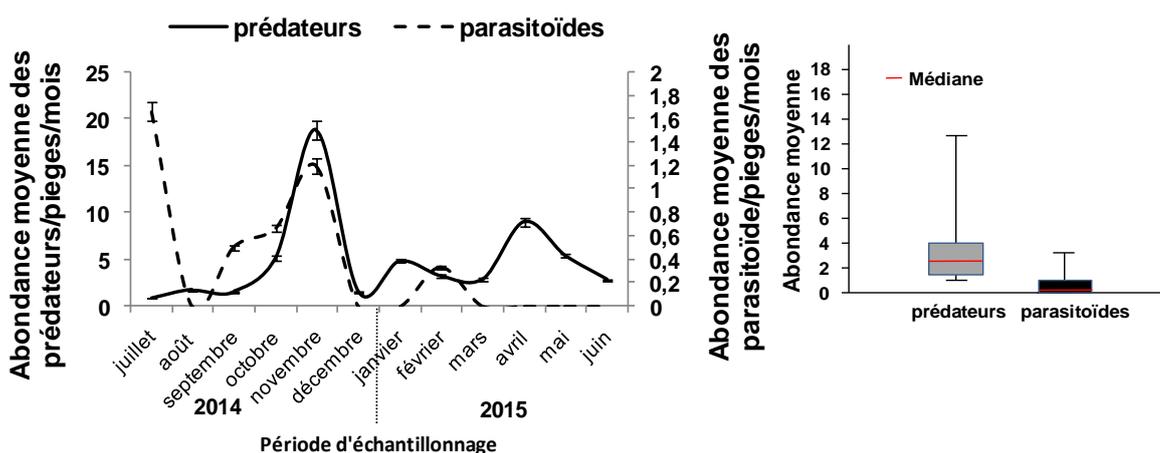


Figure 67 : Evolution de l'abondance des auxiliaires adultes de *D.citri* capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Chlef 2

Au niveau de ce verger, deux prédateurs ont été capturés dont les abondances de la coccinelle prédatrice *C.arcuatus* sont nettement supérieures à

celles du chrysope prédateur *C.carnea* qui est capturé avec de très faibles abondances ne dépassant pas 1 individu/mois. En effet, *C.arcuatus* présente deux pics d'abondance enregistrés respectivement en novembre 2014 (37 individus capturés) et en avril 2015 (18 individus capturés) (fig. 68 (A)).

Quant aux parasitoïdes associés à l'aleurode des citrus, une seule espèce a été capturée (*Encarsia* sp1) et son abondance est trop faible ne dépassant pas 2 individus capturés en juillet et novembre 2014 (fig. 68 (B)). Le test de kruskal wallis (Past), nous montre que les différences d'abondance entre *C.arcuatus* et *C.carnea* sont significatives ($<0,1\%$) (Appendice N).

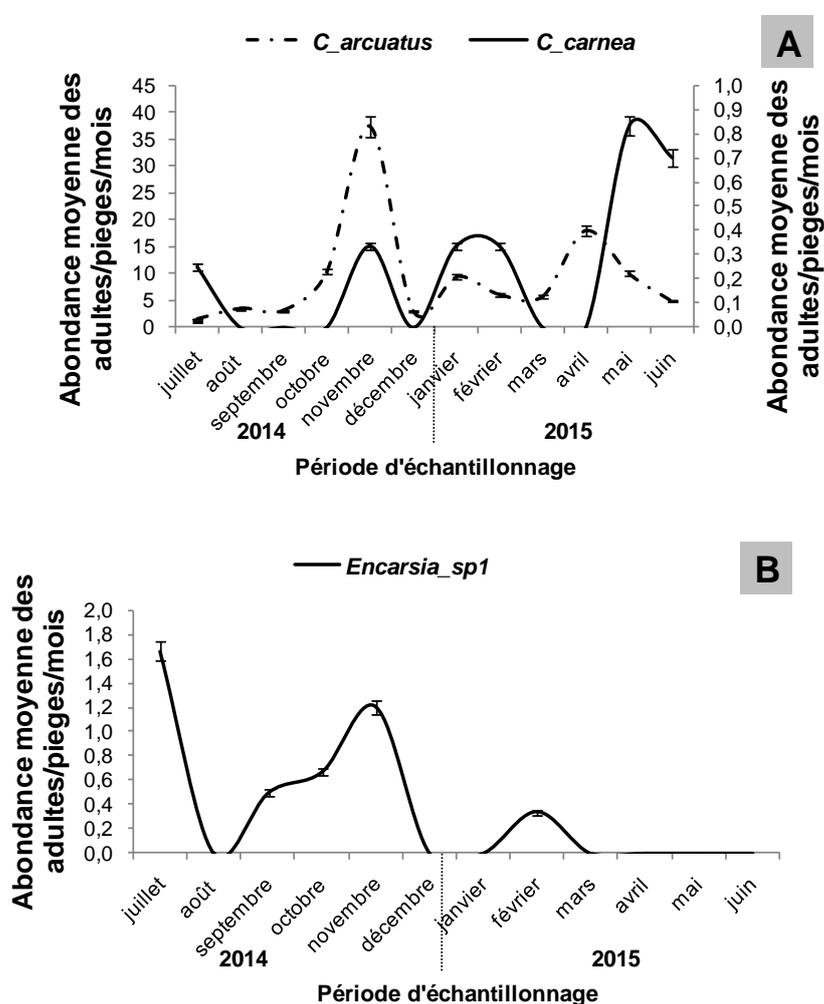


Figure 68 : Evolution de l'abondance des prédateurs (A) et du parasitoïde (B) associés à l'aleurode des citrus au niveau du verger de Chlef 2

L'analyse de l'AFC a fait ressortir trois groupes représentatifs au niveau du verger de Chlef 2. Le premier groupe comporte *C.arcuatus* et *C.carnea* en période

hiverno-printanière. Suivi par un deuxième groupe renfermant l'aleurode des citrus en période estivo-automnale. Un dernier groupe comportant le parasitoïde spécifique de l'aleurode des citrus *Encarsia* sp1 en juillet 2014 (fig. 69, 70).

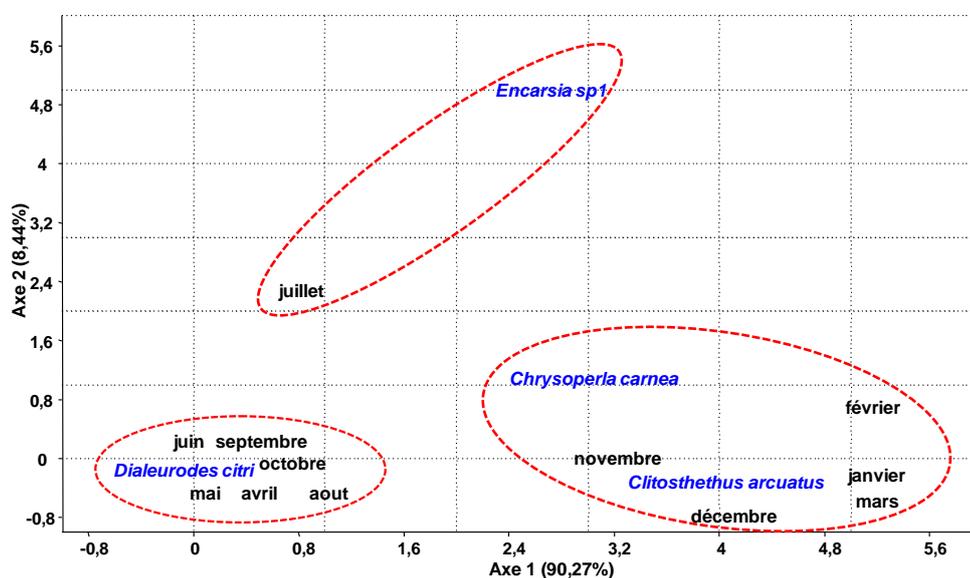


Figure 69 : Analyse multivariée «AFC» représentant la distribution de *D.citri* et ses auxiliaires capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Chlef 2 (juillet 2014- juin 2015)

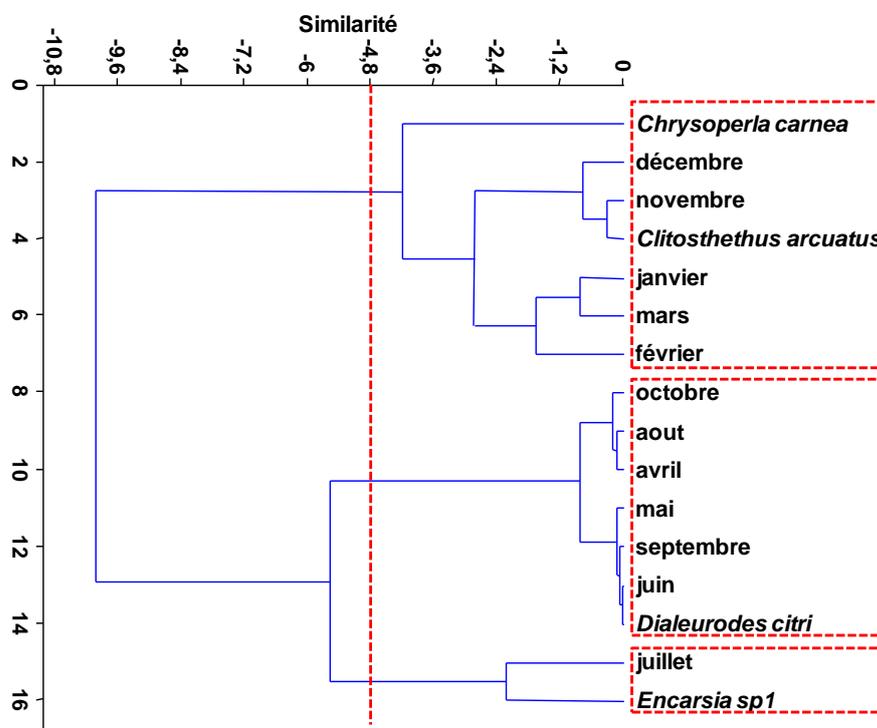


Figure 70 : Classification hiérarchique de la phénologie de *D.citri* et ses auxiliaires associés dans le temps au niveau du verger de Chlef 2 (juillet 2014- juin 2015)

3.2.2.2 Verger de Chettia

L'analyse de l'évolution des captures d'auxiliaires de *D.citri* révèle une faible abondance chez les prédateurs et les parasitoïdes. Quatre pics d'abondance ont été signalés chez les populations des prédateurs avec un pic important enregistré en novembre 2014 (5 individus capturés). Les parasitoïdes présentant de faibles abondances ne dépassant pas un individu/mois (fig. 71).

La moyenne d'abondance des prédateurs est légèrement supérieure à celle des parasitoïdes. En effet, le box plot de la figure 71 présente des moyennes de 1,70 et respectivement 0,36, et les tendances des médianes se rapprochent des valeurs basses chez les deux groupes d'auxiliaires.

Le test de kruskal wallis (Past), révèle que les différences d'abondance entre les prédateurs et les parasitoïdes sont hautement significatives (Appendice O).

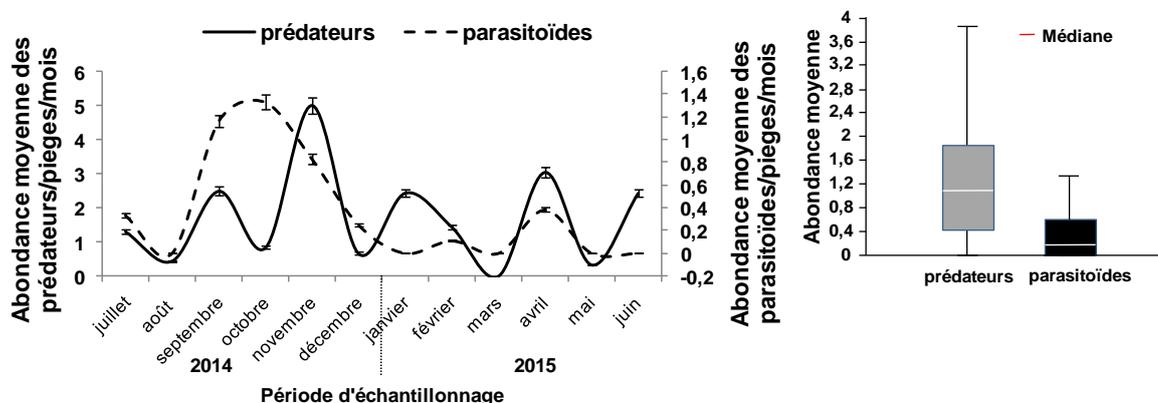


Figure 71 : Evolution de l'abondance des auxiliaires adultes de *D.citri* capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Chettia

D'une façon générale, l'abondance moyenne des prédateurs capturés reste faible au cours de toute la période de suivi, seule la coccinelle prédatrice *C.arcuatus* a été capturée avec un grand nombre comparativement avec *C.carnea* et *S.aleyrodiformis*. Trois principaux pics ont été signalés en novembre 2014 (14 individus), janvier et avril 2015 (7 et 4 individus respectivement) (fig. 72 (A)).

Deux espèces de parasitoïdes ont été capturées au niveau du verger de Chettia (*Encarsia* sp1 et sp2) dont les abondances moyennes n'ont pas dépassées deux individus par mois. La période automnale a été la plus riche en parasitoïdes capturés par rapport au reste de l'année d'étude (fig. 72 (B)).

D'après le test de kruskal wallis (Past), les différences d'abondance entre les deux espèces de parasitoïdes ne sont pas significatives, contrairement aux prédateurs où l'abondance moyenne de *S.aleyrodiformis* est différente significativement avec *C.carnea* et *C.arcuatus* (Appendice O).

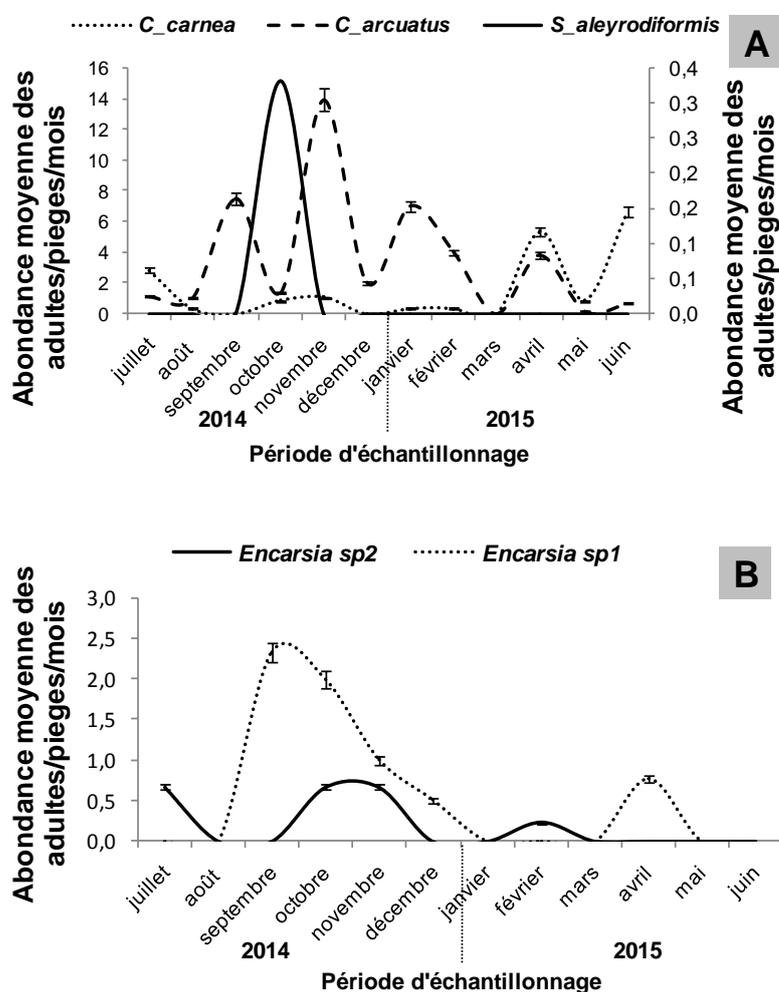


Figure 72 : Evolution de l'abondance des prédateurs (A) et du parasitoïde (B) associés à l'aleurode des citruses au niveau du verger de Chettia

Nous avons analysé les abondances temporelles des populations de l'aleurode des citruses avec celles de leurs ennemis naturels pour mettre en

évidence une éventuelle coïncidence d'activité, à l'aide des AFC et des CAH établies à partir des matrices de données d'abondance dans les logiciels Excel et Past (fig. 73, 74).

La tendance globale de la distribution des populations de *D.citri* et de ses auxiliaires spécifiques au niveau du verger de Chettia, reflète deux assemblages périodiques différents avec l'axe 1 qui contribue pour 73,23% d'informations et 20,30% pour l'axe 2 (fig. 73).

On retrouve dans un premier pool le prédateur spécifique *C.arcuatus* en période hivernale. Le second pool est caractérisé par la présence de *D.citri* et ses parasitoïdes (*Encarsia* sp1 et *Encarsia* sp2) et ses prédateurs (*C.carnea* et *S.aleyrodiformis*) en période automnale et estivo-printanière (fig. 73, 74).

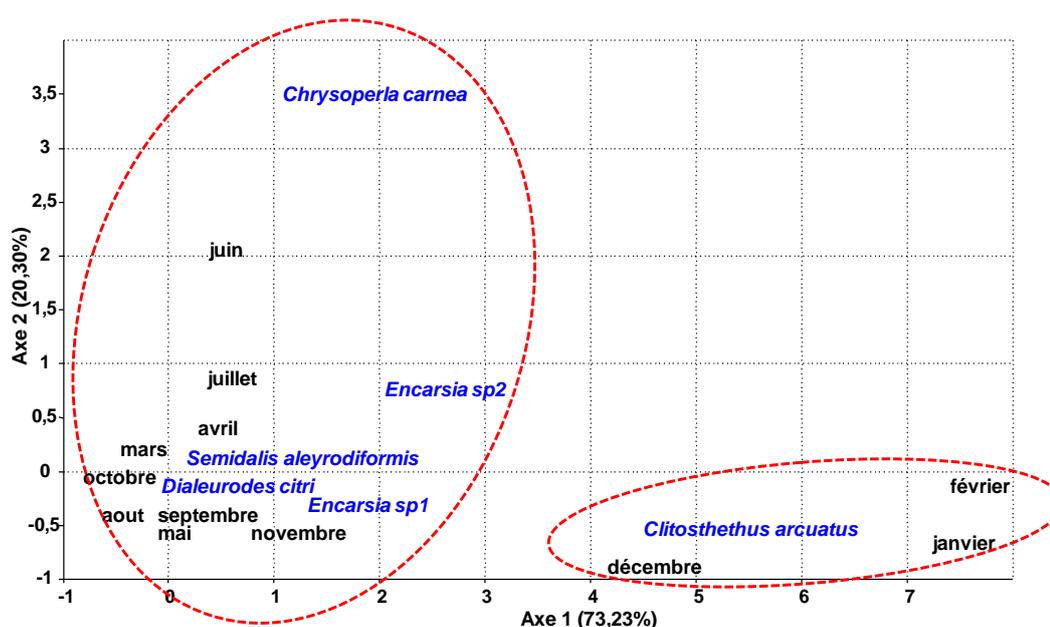


Figure 73 : Analyse multivariée «AFC» représentant la distribution de *D.citri* et ses auxiliaires capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Chettia (juillet 2014- juin 2015)

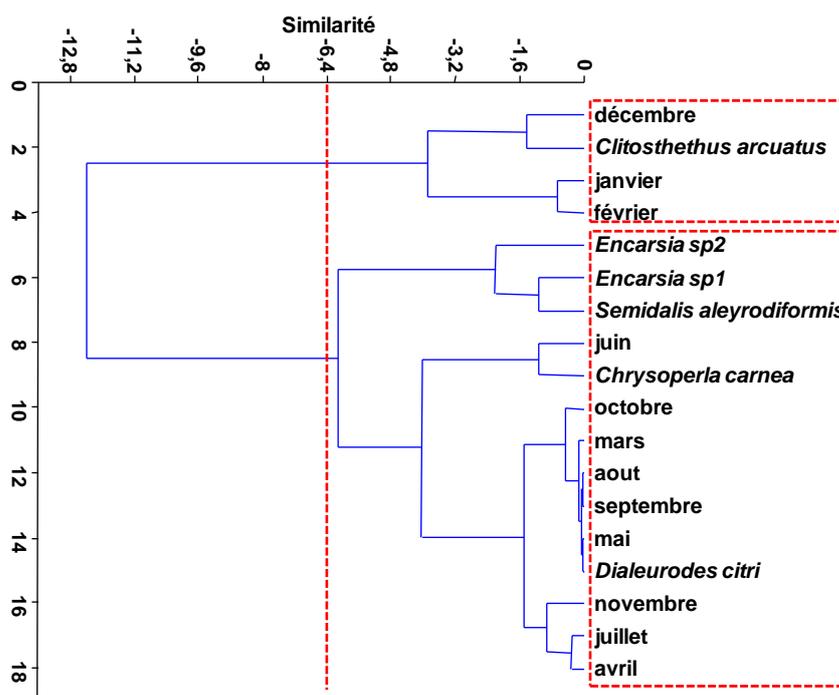


Figure 74 : Classification hiérarchique de la phénologie de *D.citri* et ses auxiliaires associés dans le temps au niveau du verger de Chettia (juillet 2014-juin 2015)

3.2.3 Variabilité des captures de juillet 2015 à juin 2016

Au cours de cette période, deux vergers ont été investigués, comprenant des orangers situés à Oued fouda et Boukader.

3.2.3.1 Verger de Oued fouda

La figure 75 révèle que l'abondance des prédateurs est nettement importante que celle des parasitoïdes capturés. Nous signalons quatre pics d'abondance chez les populations prédatrices, dont les plus importants enregistrés en novembre 2015 et avril 2016 avec plus de 25 individus capturés. Au cours de la période hivernale, les captures sont relativement faibles. Les abondances des parasitoïdes capturés restent trop faibles ne dépassant pas un (1) individu au cours de toute la période de suivi (fig. 75).

La moyenne d'abondance des prédateurs est nettement supérieure à celle des parasitoïdes, avec des moyennes de 10,91 et respectivement 0,30. Les tendances des médianes se rapprochent beaucoup plus des valeurs basses chez les deux groupes d'auxiliaires (fig. 75).

D'après le test de kruskal wallis (Past), les différences d'abondance entre les prédateurs et parasitoïdes de *D.citri* sont significatives ($<0,1\%$) (Appendice P).

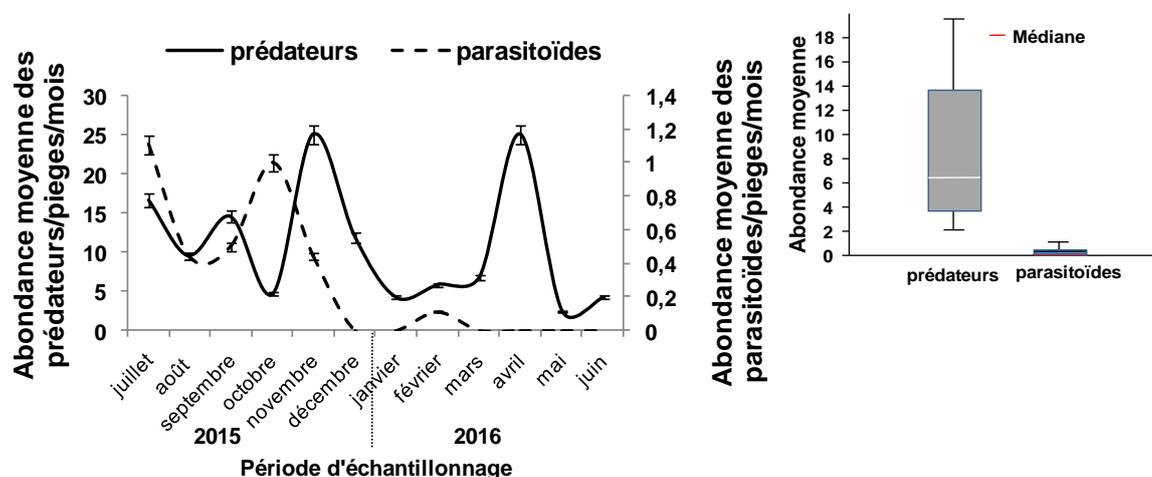


Figure 75 : Evolution de l'abondance des auxiliaires adultes de *D.citri* capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Oued fouda

Les prédateurs capturés rassemblent la coccinelle prédatrice *C.arcuatus* et deux prédateurs généralistes (*S.aleyrodiformis* et *C.carnea*). L'abondance de *S.aleyrodiformis* est relativement supérieure à celle de *C.arcuatus* et présente trois pics enregistrés en août, novembre 2015 et en avril 2016 avec des captures de 18, 58 et 26 respectivement. En effet, *C.arcuatus* présente deux principaux pics d'abondance enregistrés en septembre 2015 (42 individus capturés) et en avril 2016 (49 individus capturés). *C.carnea* présente de très faibles abondances ne dépassant pas un individu capturés/mois à l'exception du mois de juillet où 10 individus avaient été capturés (fig. 76 (A)).

D'une façon générale, les abondances des trois espèces de parasitoïdes associées à l'aleurode des citrus sont trop faibles. Les deux espèces d'*Encarsia* sont présentes en particulier au mois de juillet 2015 (fig. 76 (B)).

Le test de kruskal wallis (Past), révèle que les différences d'abondance entre les espèces de parasitoïdes ne sont pas significatives contrairement à celle des prédateurs qui sont hautement significatives ($<0,1\%$) (Appendice P).

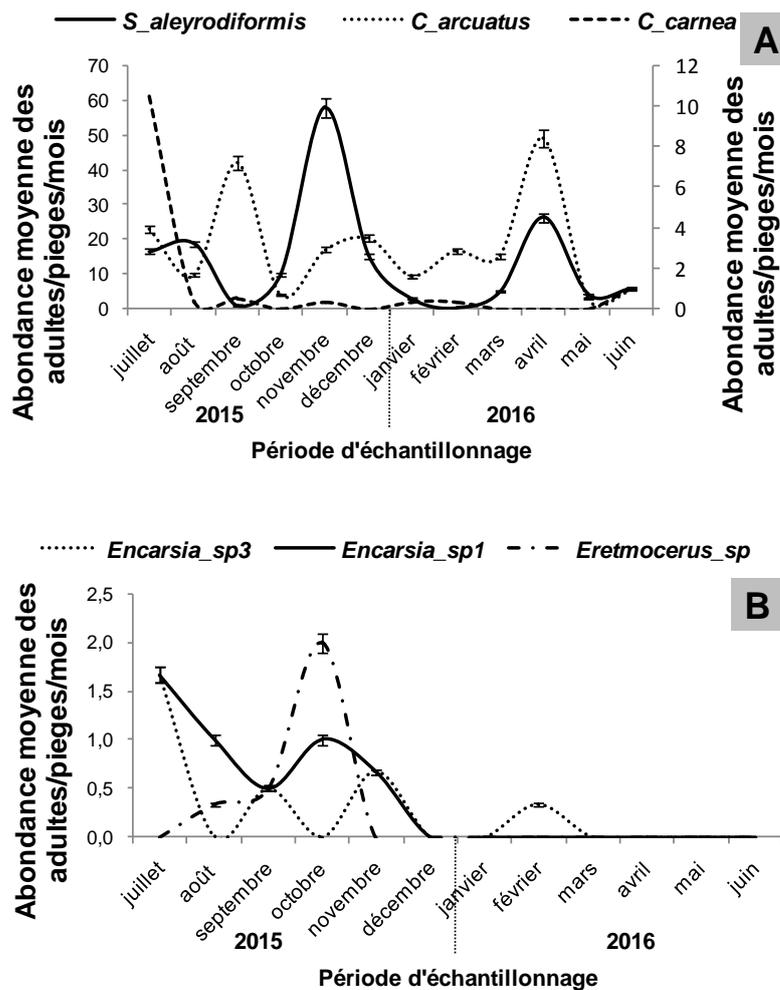


Figure 76 : Evolution de l'abondance des prédateurs **(A)** et du parasitoïde **(B)** associés à l'aleurode des citruses au niveau du verger de Oued fouda

La tendance globale de la distribution des populations de *D.citri* et de ses auxiliaires spécifiques au niveau du verger de Oued fouda, reflète deux assemblages périodiques différents avec l'axe 1 qui contribue pour 78,09% d'informations et 17,99% pour l'axe 2 (fig. 77).

Le premier groupe comprend la coccinelle spécifique *C.arcuatus* en période hivernale. Le second groupe englobe *D.citri* et ses parasitoïdes (*Encarsia* sp1 et *Encarsia* sp3, *Eretmocerus* sp) et ses prédateurs (*C.carnea* et *S.aleyrodiformis*) en période automnale et estivo-printanière (fig. 77, 78).

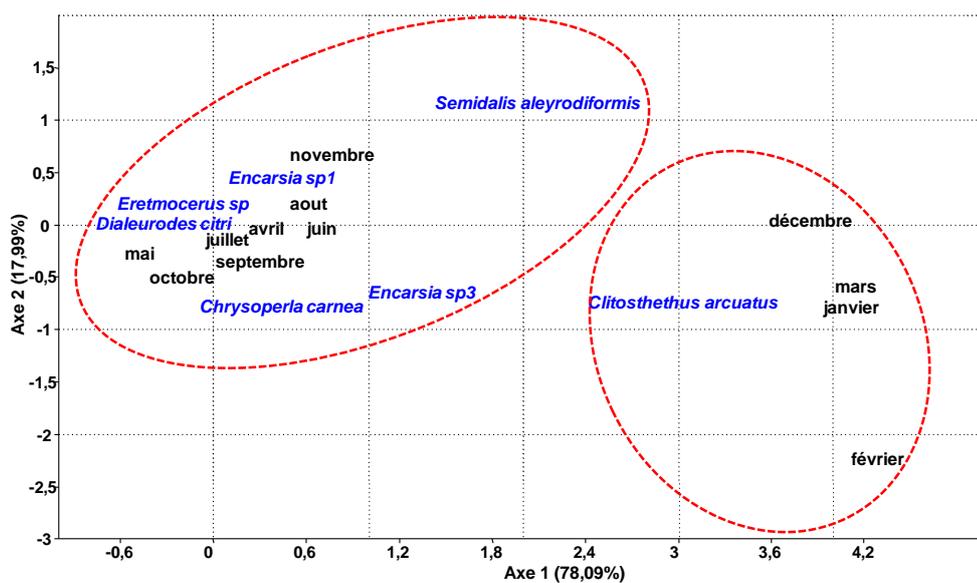


Figure 77 : Analyse multivariée «AFC» représentant la distribution de *D.citri* et ses auxiliaires capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Oued fodda (juillet 2015- juin 2016)

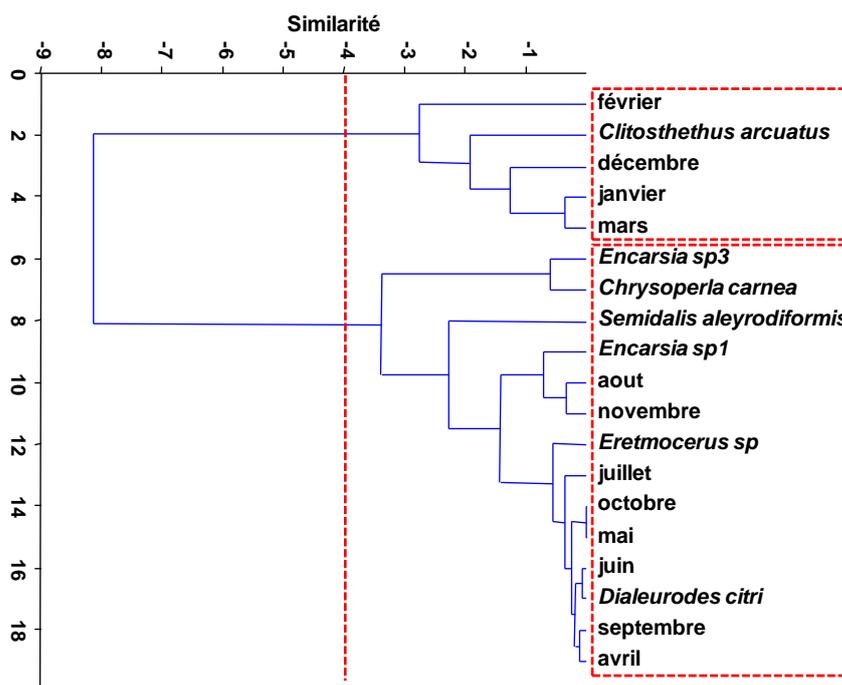


Figure 78 : Classification hiérarchique de la phénologie de *D.citri* et ses auxiliaires associés dans le temps au niveau du verger de Oued fodda (juillet 2015- juin 2016)

3.2.3.2 Verger de Boukader

En général, l'abondance des prédateurs est trop importante que celle des parasitoïdes capturés. Deux pics d'abondance ont été signalés chez les prédateurs dont le plus important est enregistré en septembre 2015 avec plus de 18 individus capturés. Ces prédateurs sont absents sur les pièges au cours de la période hivernale. À leur tour, les parasitoïdes présents en faible abondance manifestent deux pics enregistrés en octobre 2015 et avril 2016 dont le nombre moyen des captures n'a pas dépassé 6 individus/mois. Ces parasitoïdes n'ont pas été capturés en période hivernale (fig. 79).

Au niveau du verger de Boukader, la moyenne d'abondance des prédateurs est nettement supérieure à celle des parasitoïdes, avec des moyennes de 4,60 et respectivement 1,20. Les tendances des médianes se rapprochent beaucoup plus des valeurs basses chez les prédateurs et parasitoïdes (fig. 79).

Le test de kruskal wallis (Past), a révélé que les différences d'abondance entre les prédateurs et parasitoïdes de *D.citri* ne sont pas significatives (Appendice Q).

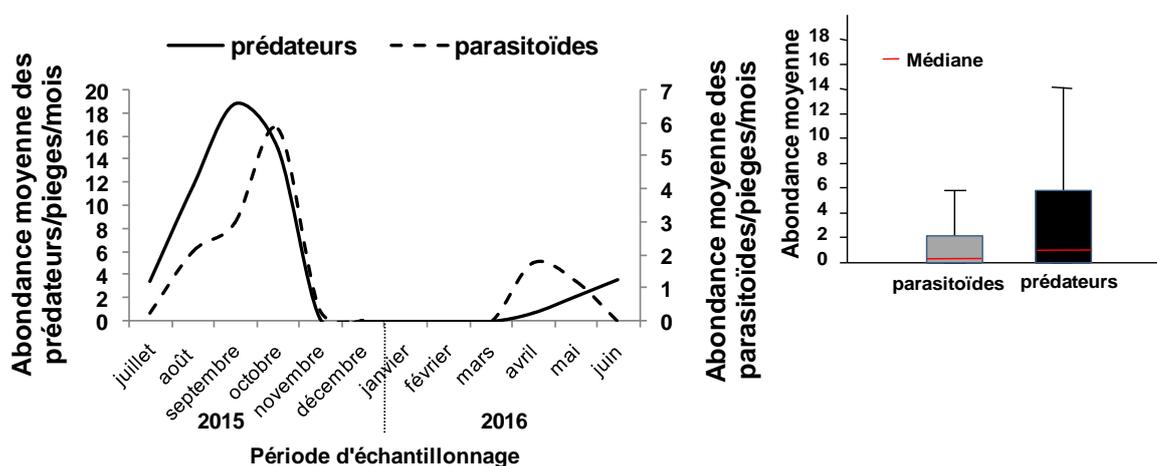


Figure 79 : Evolution de l'abondance des auxiliaires adultes de *D.citri* capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Boukader

L'analyse de l'évolution des captures des parasitoïdes révèle l'existence de trois principaux prédateurs, une coccinelle prédatrice spécifique à l'aleurode des citrus *C.arcuatus* et deux Neuroptères (*S.aleyrodiformis*, *C.carnea*). L'abondance

de *S.aleyrodiformis* est importante que celle de *C.arcuatus*, dont deux pics ont été enregistrés en octobre 2015 (37 individus capturés) et en juin 2016 (6 individus capturés). Egalement, *C.arcuatus* évolue en deux pics mois important enregistrés en septembre 2015 et mai 2016 (18 et 4 individus respectivement). Nous signalons une absence complète des captures des trois espèces au niveau des pièges englués en période hivernale (fig. 80 (A)).

Deux espèces du genre *Encarsia* et une espèce d'*Eretmocerus* ont été capturées au cours de la période de suivi. Chez *Encarsia* sp3 et *Eretmocerus* sp, deux pics d'abondance ont été signalés en octobre 2015 et en avril 2016. Tandis que, *Encarsia* sp4 a été capturée une seule fois en octobre 2015 (fig. 80 (B)).

Selon le test de kruskal wallis (Past), les différences d'abondance entre *Encarsia* sp3 et les deux autres parasitoïdes (*Encarsia* sp4, *Eretmocerus* sp) sont significatives (<0,1%), contrairement aux prédateurs où les différences d'abondance entre les différentes espèces capturées ne sont pas significatives (Appendice Q).

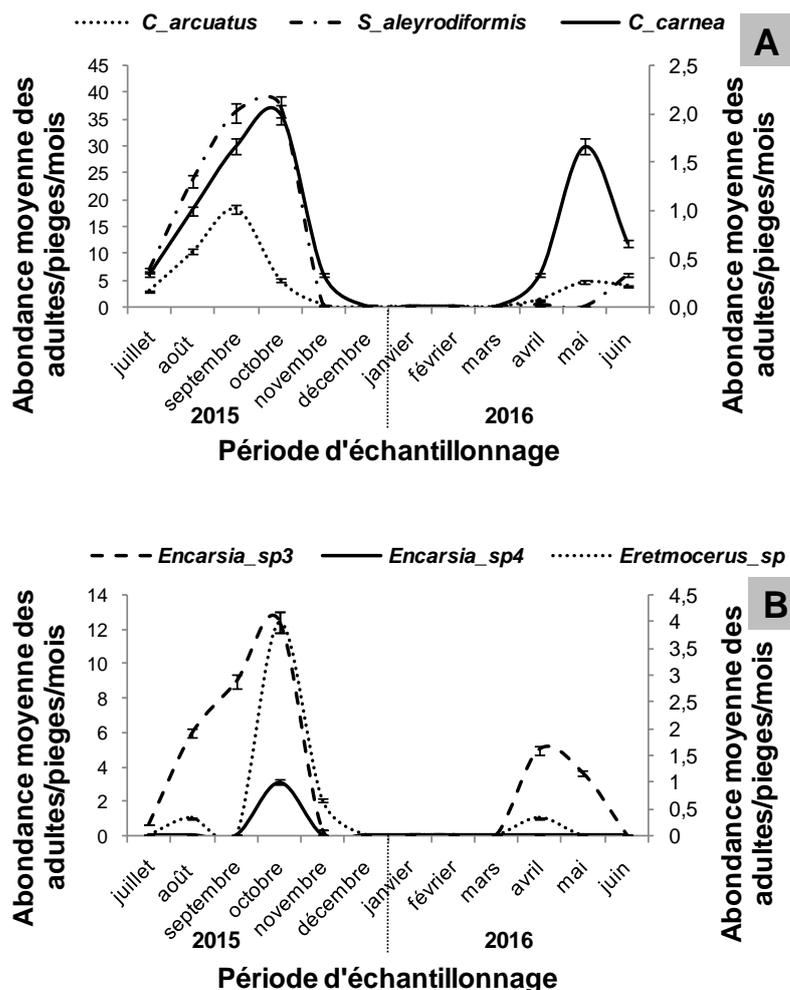


Figure 80: Evolution de l'abondance des prédateurs (A) et du parasitoïde (B) associés à l'aleurode des citrus au niveau du verger de Boukader

L'analyse de l'AFC a fait ressortir trois groupes représentatifs au niveau du verger de Boukader. Le premier groupe comporte *C. arcuatus*, *C. carnea* et *S. aleyrodiformis* en juillet. Suivi par un deuxième groupe renfermant *Encarsia sp4* et *Eretmocerus*. Un dernier groupe comportant l'aleurode des citrus avec son parasitoïde *Encarsia sp3* au cours du reste de la période de suivi (fig. 81, 82).

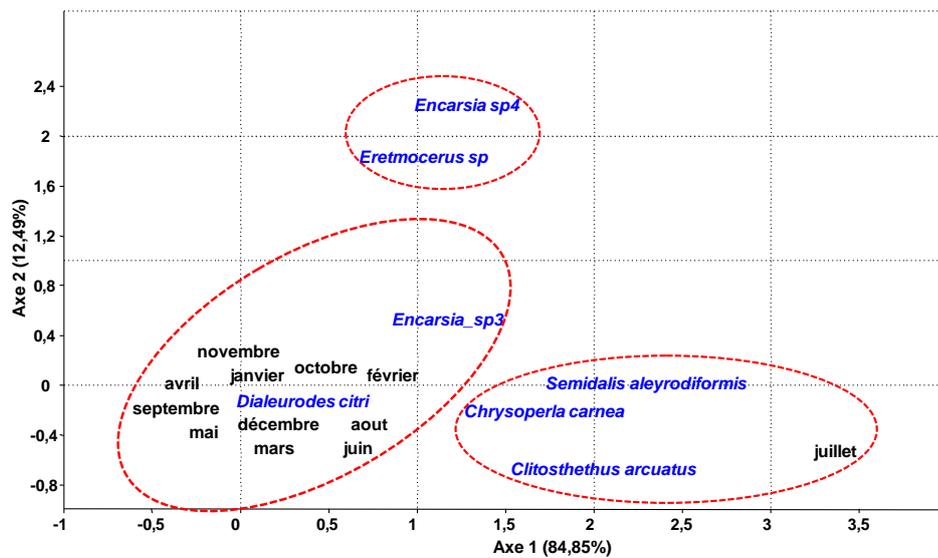


Figure 81 : Analyse multivariée «AFC» représentant la distribution de *D.citri* et ses auxiliaires capturés à travers les pièges englués au niveau du verger de Boukader (juillet 2015- juin 2016)

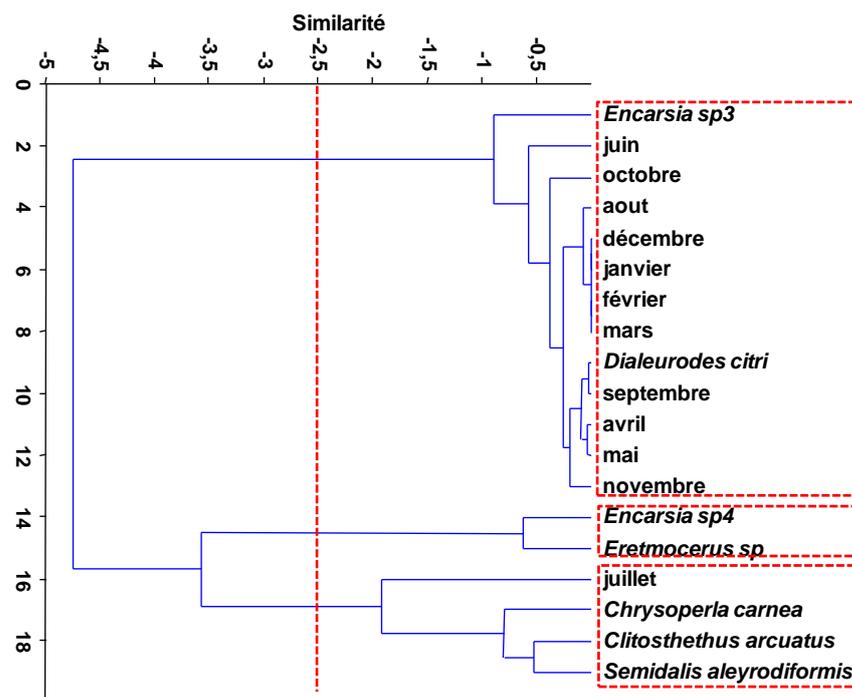


Figure 82 : Classification hiérarchique de la phénologie de *D.citri* et ses auxiliaires associés dans le temps au niveau du verger de Boukader (juillet 2015- juin 2016)

4 Analyse de l'effet du recouvrement végétal

4.1 Influence du couvert végétal sur les auxiliaires

4.1.1 Inventaire végétal dans les vergers d'agrumes étudiés

La végétation spontanée des vergers d'étude compte 19 plantes au total réparties en 14 familles végétales (tab. 10).

Tableau 10: Présence-absence des principales espèces végétales inventoriées dans les vergers d'étude

Famille	Espèces/Vergers	Oued Sly	Chlef 1	Chlef 2	Chettia	Oued Fodda	Boukader
Oxalidaceae	<i>Oxalis cernua</i>	1	1	1	1	1	1
Brassicaceae	<i>Sinapis arvensis</i>	1	1	1	1	1	1
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	1	1	1	1	0	0
Poaceae	<i>Avena sterilis</i>	1	1	1	1	1	1
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i>	1	0	0	0	0	0
Convolvulaceae	<i>Cuscutae pithyllum</i>	1	1	0	0	0	0
Amaranthaceae	<i>Beta vulgaris</i>	1	0	0	0	0	0
Malvaceae	<i>Malva parviflora</i>	1	1	1	0	1	1
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i>	1	0	0	0	0	0
Plantaginaceae	<i>Veronica hederifolia</i>	1	0	0	0	0	0
Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	0	1	1	0	0	0
Polygonaceae	<i>Rumex pulcher</i>	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Silybum marianum</i>	0	1	1	0	0	1
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	0	1	1	0	0	1
Fumariaceae	<i>Fumaria capreolata</i>	0	0	0	1	1	1
Ranunculaceae	<i>Ranunculus muricatus</i>	0	1	0	0	0	1
Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i>	0	0	0	0	0	1
Urticaceae	<i>Urtica membranacea</i>	0	0	0	0	0	1
Fabaceae	<i>Vicia sp</i>	0	1	0	0	1	0

Les espèces *Oxalis cernua* (Oxalidaceae), *Sinapis arvensis* (Brassicaceae) et *Cynodon dactylon* (Poaceae) sont majoritaires et se rencontrent dans tous les vergers.

Les autres représentants au nombre d'une seule espèce chacun appartiennent à diverses familles où la plupart sont aromatiques et pourraient

jouer un rôle prépondérant dans l'attractivité des adultes d'auxiliaires au moment de la recherche de substances nutritives ou de proies substitutives.

4.1.2 Caractéristiques écologiques du couvert végétal dans les vergers étudiés

Comparativement, les vergers d'agrumes de Oued Sly, Chlef 1 et de Boukader sont les plus riches en plantes spontanées mais les plus envahis en adventices restent les vergers de Oued Sly et de Chlef 1 où les peuplements atteignent une densité de 168 et 126 individus, malgré que leur dominance soit faible. En effet, ces deux vergers ont des équivalences élevées entre 0,77 et 0,89 (tab. 11), ce qui témoigne d'une végétation spontanée plus diversifiée par rapport aux autres vergers plus particulièrement ceux de Chlef 2 et de Chettia.

Tableau 11 : Caractéristiques écologiques des vergers d'étude

	Oued Sly	Chlef1	Chlef2	Chettia	Oued Fodda	Boukader
Richesse	10	10	7	5	7	11
Abondance	168	126	78	80	90	95
Dominance	0,5082	0,5901	0,9731	0,9272	0,8787	0,8987
Equitabilité	0,7739	0,891	0,232	0,3174	0,4371	0,4437

Les probabilités associées aux coefficients de corrélation de Pearson sont significatives à hautement significatives (tab. 12). L'équivalabilité est corrélée positivement avec l'abondance et négativement avec la dominance.

Tableau 12 : Corrélations de Pearson relatives aux caractéristiques écologiques du couvert végétal dans les vergers d'étude

	Abondance	Dominance	Equitabilité
Abondance	-	0,002193	0,031253
Dominance	-0,96152	-	0,00369
Equitabilité	0,85196	-0,94998	-

4.1.3 Distribution spatiale de la végétation spontanée dans les vergers d'étude

Les différents taux de recouvrement en végétation ont fait l'objet d'une analyse factorielle des correspondances. La contribution à la variance totale est supérieure à 60% sur les deux axes de l'AFC (fig. 83). Il semble que les différents vergers sont caractérisés par une flore adventice qui leur est propre avec néanmoins de très faibles taux de recouvrement. En effet, on peut constater un gradient de recouvrement végétal qui se répartit le long de l'axe 1, allant des espèces ayant de faibles recouvrements aux espèces ayant des recouvrements plus élevés. Dans le même temps, figurent du côté positif de l'axe 1 les vergers les plus riches en espèces spontanées en l'occurrence le verger situé dans la localité de Oued Sly (fig. 83). Au centre du plan factoriel se trouvent les espèces de plantes communes à tous les vergers, ce qui pourrait expliquer l'envahissement de ces vergers et donc le manque d'entretien des parcelles.

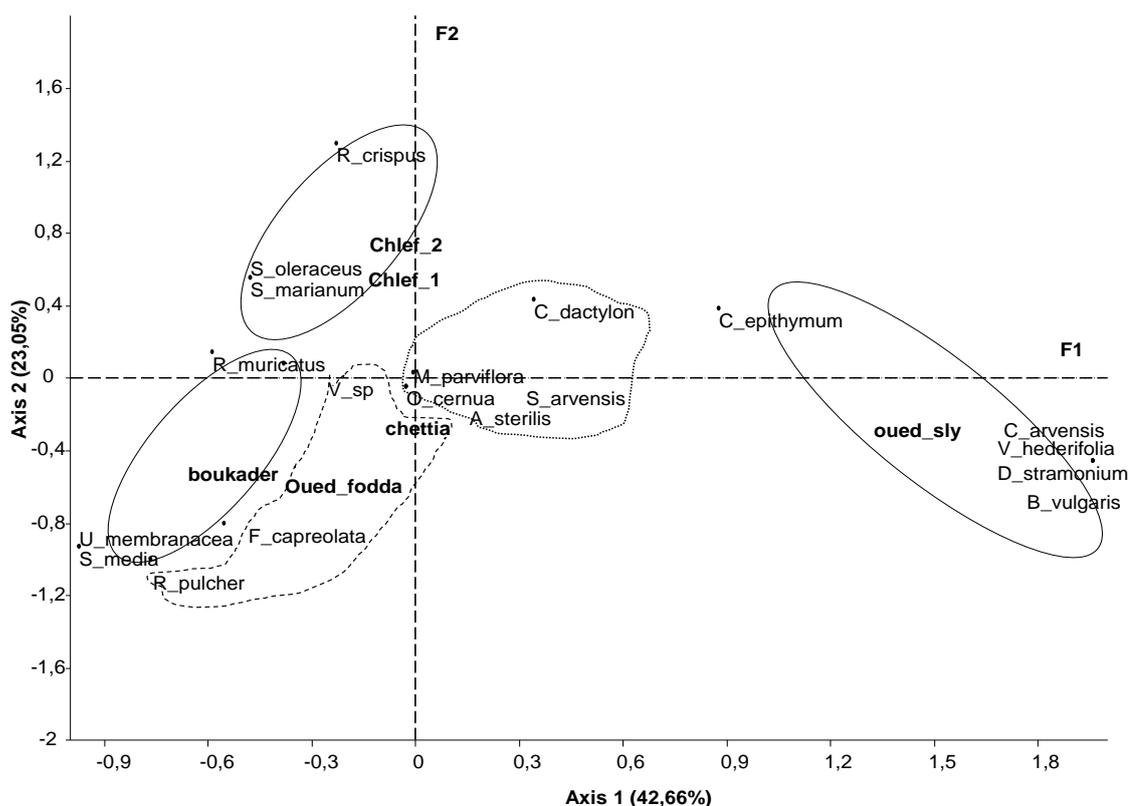


Figure 83 : Projection des taux de recouvrement végétal (%) des vergers d'étude sur le plan factoriel F1x2 de l'AFC.

Le dendrogramme de la classification hiérarchique des variables des taux de recouvrement végétal respectifs des vergers étudiés fait apparaître des groupes distincts et de statut différent, propre à un verger donné.

On distingue 5 groupes de recouvrements végétaux. Le premier groupe rassemble des espèces spontanées d'intérêt à très faible recouvrement végétal comme pour le cas de *Beta vulgaris* et *Datura stramonium*. Le second groupe comprend des espèces de plantes qui ne se trouvent que dans le verger d'agrumes de Boukader, à savoir *Stellaria media* et *Urtica membranacea* représentés par des taux de recouvrement non négligeables (fig. 84).

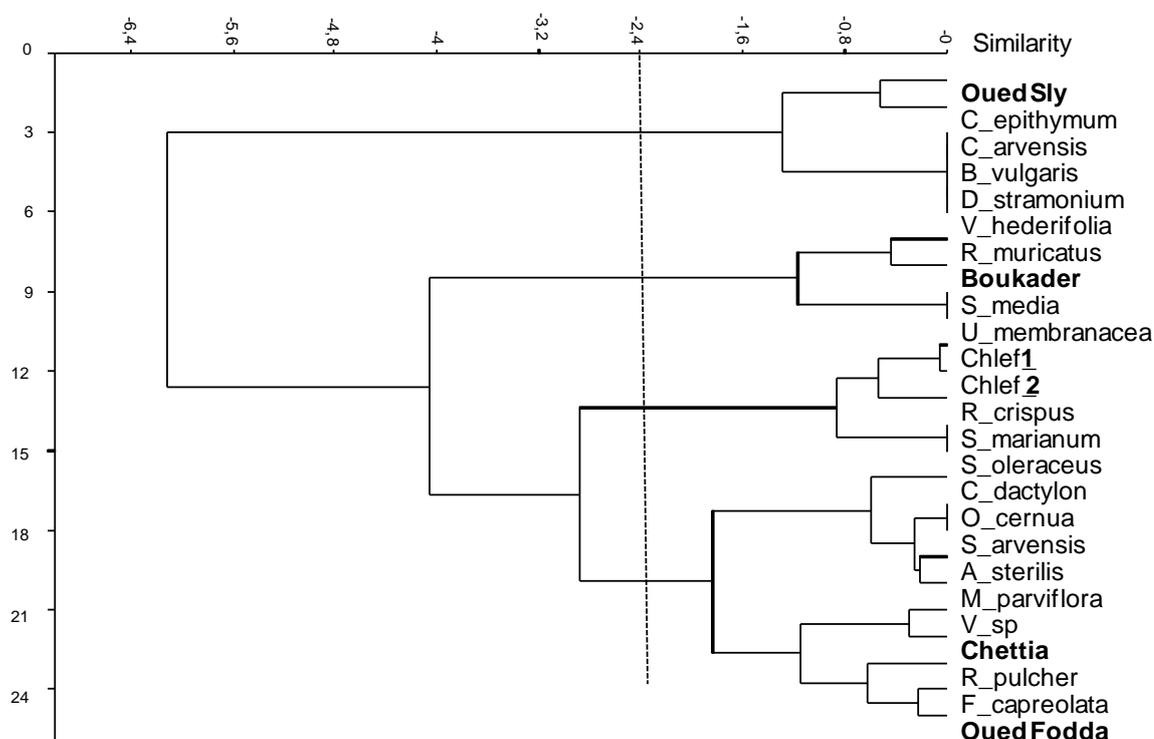


Figure 84 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des variables des recouvrements végétaux dans les différents vergers d'étude.

Le troisième groupe concerne une très faible représentativité des plantes *R.crispus*, *S.marianum* et *S.oleraceus*. Le 4^e groupe englobe les principales espèces dominantes dans tous les vergers entre autres *Oxalis cernua*, *Avena sterlis* et *Cynodon dactylon*. Le 5^e groupe rassemble des espèces de plantes

spécifiques au verger d'agrumes situé Oued Fodda mais absentes dans le verger de Chettia (fig. 83).

4.1.4 Analyse de l'interaction entre le recouvrement végétal et l'abondance des parasitoïdes dans les vergers d'étude

Les abondances globales en parasitoïdes ainsi que les pourcentages de recouvrement végétal ont été considérées (tab. 13). Les vergers d'agrumes situés dans les localités de Oued Sly et de Boukader montrent des abondances plus élevées en parasitoïdes par rapport à celles de tout le reste des vergers d'agrumes étudiés.

Tableau 13 : Abondances des parasitoïdes en relation avec les recouvrements en végétation spontanée au niveau des vergers étudiés.

		Oued Sly	Chlef 1	Chlef 2	Chettia	Oued Fodda	Boukader
Abondance globale en parasitoïdes		59	9	4	8	10	43
Recouvrement végétal moyen%		8,96	6,78	4,26	4,36	4,89	5,22
Espèces dominantes	<i>Oxalis cernua</i>	69,4	94,4	76,9	76,95	84,25	89,95
	<i>Sinapis arvensis</i>	2,5	15	2,5	2,5	2,5	0,5
	<i>Cynodon dactylon</i>	97,57	0	0	0,5	0	0
Recouvrement végétal des trois espèces %		56,49	36,46	26,46	26,65	28,91	30,15

Les taux de recouvrements végétaux moyens sont inférieurs à 10%, du fait qu'ils incluent majoritairement des plantes très faiblement représentées en abondance. En général, ces taux sont similaires au niveau des vergers de Chettia, Oued Fodda, Chlef 2 et Boukader, excepté dans le verger d'agrumes de Oued Sly où le recouvrement végétal atteint 9% (tab. 13).

Nous avons analysé la relation entre le recouvrement en végétation spontanée des vergers et l'abondance des parasitoïdes en tenant compte du recouvrement moyen comprenant toutes les espèces inventoriées d'une part, et

seulement le recouvrement moyen des plantes les plus dominantes (tab. 13) soit *Oxalis cernua*, *Sinapis arvensis* et *Cynodon dactylon*.

L'analyse des corrélations de Spearman entre les abondances en auxiliaires parasitoïdes et les recouvrements végétaux a montré une différence significative concernant l'ensemble du couvert végétal ($p= 0,04$) mais pas avec le recouvrement moyen des trois plantes dominantes ($p= 0,07$) bien que les équations des courbes de tendance polynomiales indiquent des coefficients de détermination supérieures à 50% dont celui de la relation entre l'abondance des parasitoïdes et le recouvrement végétal global ($R^2= 0,81$) (fig. 85).

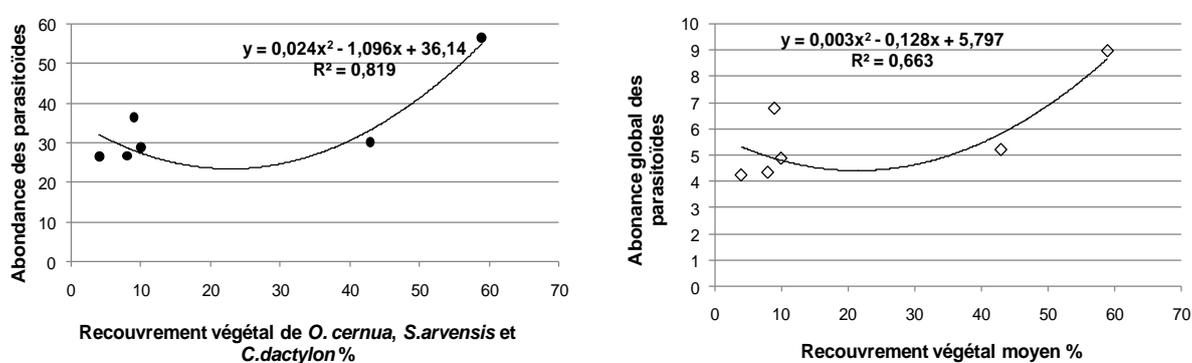


Figure 85 : Relation entre le recouvrement végétal des vergers étudiés et l'abondance globale des parasitoïdes

5 Etude de la communauté auxiliaire associée aux ravageurs des agrumes : étude de cas au niveau du verger de Chlef 1 (aout 2013- juillet 2014)

Les populations d'ennemis naturels associés aux différents ravageurs des agrumes capturés à travers les cinq pièges englués ont été suivies au niveau du verger de clémentinier (Chlef 1) au cours de la période allant du aout 2013 à juillet 2014 dans le but d'évaluer leur diversité au sein d'un écosystème agrumicole.

5.1 Composition et paramètres écologiques des communautés d'auxiliaires sur clémentinier

Durant la période d'échantillonnage de l'étude, d'août à novembre 2013 puis de mars à juillet 2014, le complexe d'entomophages recensés dans le verger de clémentinier se compose de 40 taxons représentés par des espèces de prédateurs, parasitoïdes primaires et secondaires appartenant respectivement aux ordres des Coleoptera, Neuroptera et Hymenoptera répartis au total en 15 familles. Les entomophages prédateurs se retrouvent chez les Coccinellidae (3), les Cecidomyidae (2), les Coniopterygidae (2) et les Chrysopidae (1). Les entomophages parasitoïdes primaires figurent parmi les Aphelinidae (5), les Braconidae (4), les Encyrtidae (3), les Eulophidae (5), les Mymaridae (3), les Platigastridae (3), les Scelionidae (1) et les Trichogrammatidae (1). Les parasitoïdes secondaires sont représentés par les Pteromalidae (3), les Megaspilidae (1) et les Cynipidae (3). Les valeurs de diversité des communautés saisonnières des entomophages recensés ont été calculées et sont consignées dans le tableau 14.

Tableau 14 : Indices écologiques des assemblages saisonniers d'entomophages et valeurs de significativité des différences entre les indices (Past 3.17, test des bootstrap).

	Fin été 2013	Automne 2013	Printemps 2014	Début Eté 2014
Richesse (S)	26 a	38 b	36 a	26 b
Abondance (A)	4 a	48 b	69 b	37 b
Shannon H (bits)	2,152 a	2,038 b	1,279 c	1,893 c

	Fin Été 2013	Automne 2013	Boot P (eq)		Fin été 2013	Printemps 2014	Boot P (eq)		Fin été 2013	Début Été 2014	Boot P (eq)
S	26	28	0	S	26	36	0	S	26	26	1
A	4	48	0	A	4	69	0	A	4	37	0
H	2,152	2,038	0,357	H	2,152	1,279	0,028	H	2,152	1,893	0,073
	Printemps 2014	Début Été 2014	Boot P (eq)		Printemps 2014	Automne 2013	Boot P (eq)		Automne 2013	Début Été 2014	Boot P (eq)
S	36	26	0	S	36	38	0	S	38	26	0
A	69	37	0	A	69	48	0	A	48	37	0
H	1,279	1,893	0,02	H	1,279	2,038	0,0013	H	2,038	1,893	0,001

En termes de richesse, le complexe entomophage des saisons automnale et printanière comprend le plus grand nombre d'espèces avec 38 et 36 taxons respectivement. Comparativement, les communautés estivales (fin et début de saison) ne comptent que 26 espèces seulement. La communauté de la saison de fin d'été en 2013 montre la diversité la plus élevée ($H= 2,15$ bits) suivie par celles des communautés d'automne en 2013 et de début d'été en 2014 ($H= 2,03$ et $H=1,89$ bits respectivement). Les diversités comparées de ces peuplements d'entomophages semblent similaires ($p= 0,35$ et $p=0,07$) (tableau 14). Néanmoins, l'assemblage saisonnier de printemps en 2014 montre une diversité plus faible donc significativement différentes de celles des autres assemblages ($0,02 < p < 0,001$).

5.2 Diagrammes rang-fréquence et recrutement des espèces

Nous constatons que les fluctuations des abondances saisonnières de toutes communautés auxiliaires recensées se rapprochent du modèle de Motomura. Le tableau 15, et la figure 86, comportent les probabilités (p) du rapprochement des fluctuations des assemblages entomofauniques au modèle de Motomura (1932) et les probabilités (p) associées aux pentes (a) des ajustements des séries géométriques entre les groupes entomofauniques pris deux à deux.

Les 4 assemblages (p fin été 2013 = $3,61 \times 10^{-06}$, p automne 2013 = $1,78 \times 10^{-16}$, p printemps 2014 = $0,83 \times 10^{-08}$, p début été 2014 = $1,98 \times 10^{-07}$) sont très hautement significatif selon l'ajustement à la série géométrique du modèle de Motomura. Nous constatons la présence d'une probabilité très hautement significative entre les communautés d'auxiliaires de l'automne 2013, par rapport, à celles du printemps 2014 ($p = 6,25 \times 10^{-06}$, $p < 1\%$), et du début été 2014 ($p = 0,81 \times 10^{-5}$, $p < 1\%$). Les diversités des communautés auxiliaires estivales (2013, 2014) et printanières (2014) sont significativement différentes ($p = 0,024$, différence marginale, $p = 1,43 \times 10^{-08}$, $p < 1\%$). Les différences en diversités des groupes d'ennemis bénéfiques de la fin de la saison estivale et ceux rencontrés à la saison automnale en 2013 semblent similaires ($p = 0,13$ respectivement), (tableau 15). Ces résultats concordent avec ceux consignés dans le tableau 14.

Tableau 15 : Probabilités associées à la comparaison des diversités (pentes des droites de Motomura) entre les communautés saisonnières des auxiliaires dans le verger de clémentinier.

	Fin Eté 2013	Automne 2013	Printemps 2014	Début Eté_2014
P (Motomura)	$3,61 \text{ E-}06$	$1,78 \text{ E-}16$	$0,83 \text{ E-}08$	$1,98 \text{ E-}07$
Fin Eté 2013	-			
Automne 2013	0,13	-		
Printemps 2014	$1,43 \text{ E-}08$	$6,25 \text{ E-}06$	-	
Début Eté_2014	0,024	$0,81 \text{ E-}05$	0,032	-

Les dates d'installation des communautés spécifiques au niveau du verger de clémentinier sont renseignées grâce aux diagrammes représentés dans la figure 86. Nous constatons que les taxons les plus abondants sont ceux qui arrivent en premier au niveau du verger de Chlef 1.

Au cours de la période automnale 2013 et printanière-estivale 2014, nous avons recensé les communautés les plus riches en espèces et les plus diversifiées (fig. 86).

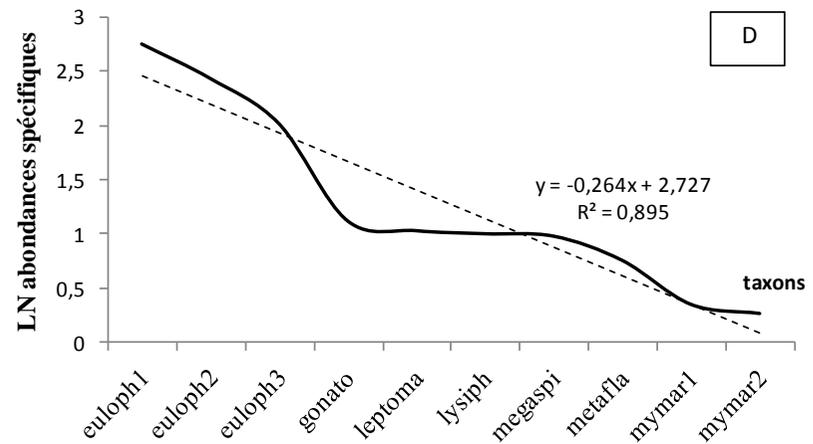
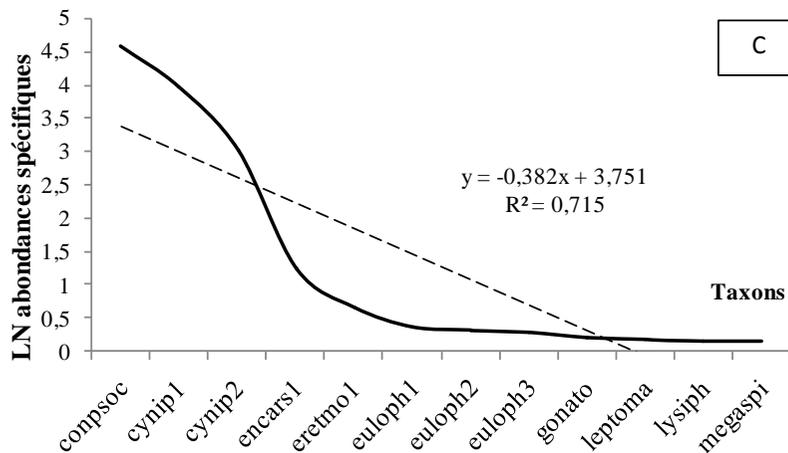
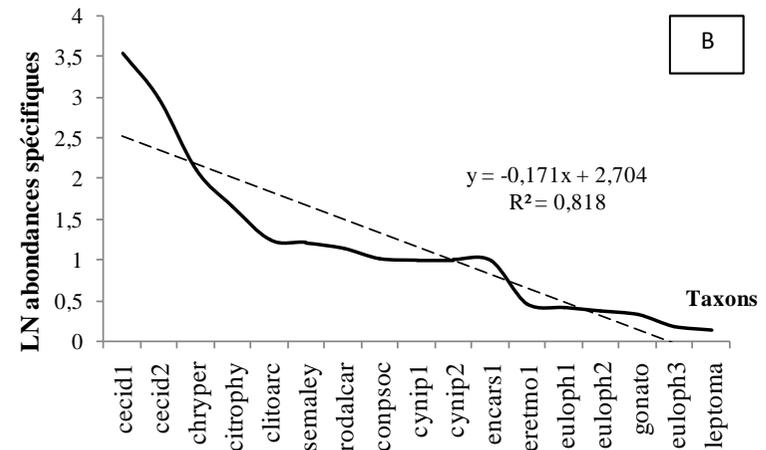
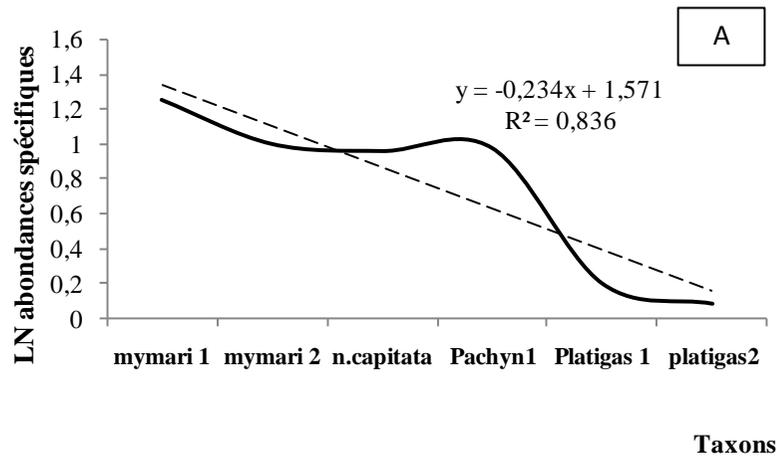


Figure 86 : Composition taxonomique et hiérarchisation saisonnière des communautés d'auxiliaires capturées dans le verger de clémentinier ((**A**) communauté du fin été 2013, (**B**) communauté de l'automne 2013, (**C**) communauté de printemps 2014, (**D**) communauté de début été 2014, voir le tableau 4 pour la légende des abréviations des taxons)

Au début du mois d'août 2013 en période fin estivale, les deux espèces Hyménoptères parasitoïdes de la famille des Mymaridae (mymar1, mymar2), *Notochrysa capitata* (Chrysopidae) et le genre *Pachyneuron* (Pteromalidae) apparaissent les premiers tandis que les Platigastridae (platigas1, platigas2), arrivent tardivement dans le verger (fig. 86 (A)).

En effet, au cours de la période automnale 2013 (septembre-octobre), il a été constaté un ensemble de prédateurs de la famille des Cecidomyiidae, et des prédateurs de mouches blanches (*Clitostethus arcuatus*, *Chrysoperla carnea*, *Semidalis aleyrodiformis*) avec des hyperparasitoïdes de la famille des Cynipidae ainsi que trois représentants parasitoïdes de la famille des Eulophidae, un Braconidae *Lysiphlebus* sp, l'Encyrtidae *Metaphycus flavus* qui coexistent (fig. 86 (B)).

Au cours de la période printanière 2014 (mars - fin mai), les le prédateur généraliste *Conwentzia psociformis* est le premier arrivé au niveau du verger avec des hyperparasitoïdes (Cynipidae) et deux espèces de parasitoïdes (*Encarsia*, *Eretmocerus*). D'autres espèces appartenant aux Eulophidae, Mymaridae, Encyrtidae et Megaspilidae arrivent tardivement par rapport aux autres taxons (fig. 86 (C)). L'assemblage observé de la période début été en 2014 (juin-début juillet) traduit des abondances plus élevées des taxons (Eulophidae, Encyrtidae, Mymaridae) mais qui arrivent tardivement dans la parcelle de clémentinier en période printanière (fig. 86 (D)).

5.3 Composition comparée des communautés saisonnières d'auxiliaires

Grace à la méthode des Bootstrap (Past), nous avons pu analyser la similarité globale entre deux communautés d'auxiliaires. Cette analyse montre des différences hautement significatives entre deux communautés ($p < 0,003$). Ces différences peuvent être dues soit aux variations d'abondance des différents taxons ou dans la composition spécifique des communautés. La comparaison des communautés d'auxiliaires parasitoïdes et prédateurs entre elles, montre des différences de composition en taxons et des différences d'abondances d'un même taxon d'une communauté à une autre (tableau 16).

Tableau 16 : Pourcentages de contribution des taxons (n=40) aux différences d'abondances entre les communautés saisonnières d'auxiliaires durant la période de suivi. (Contr.% : pourcentage de contribution, F.Eté : communauté de fin de l'été 2013, Aut 13 : communauté d'automne 2013, D. Eté 14 : communauté du début été 2014, Prts 14 : communauté de printemps 2014).

Abréviation du Taxon	Nom scientifique, nom du genre ou de la famille	Contrib%.	F. Eté 13	Aut 13	Contrib%.	Prts 14	D. Eté 14
Semaley	<i>Semidalis aleyrodiformis</i>	13,2	1,2	21	4,23	7,18	4,98
Clitoarc	<i>Clitosthetus arcuatus</i>	11,59	2,02	9,78	17,21	39	27,13
Braco1	Braconidae sp1	10,2	1,04	7,98	6,06	5,130	8,263
Citrophy	<i>Citrostichus phyllicnistoides</i>	5,21	0,34	2,02	0,17	0,11	0,002
Scymsub	<i>Scymnus subvillosus</i>	4,65	1,68	1,94	0,51	0,378	0,93
notocapit	<i>Notochrysa capitata</i>	3,47	0	2,062	0,101	0,002	0,219
euloph1	Eulophidae sp1	3,14	1,12	1,9	0,23	0,18	0,46
euloph2	Eulophidae sp2	2,001	0	1,12	1,02	0,04	1,06
euloph3	Eulophidae sp3	3,29	0,1	1,41	0,09	0,33	0
braco3	Braconidae sp3	3,004	0,21	1,03	1,95	1,87	2,990
platigas1	Platigastridae sp1	2,97	1,42	1,150	0,09	0,13	0,03
platigas2	Platigastridae sp2	1,006	0,09	0,26	0,19	0,12	0,003
platigas3	Platigastridae sp3	0,161	0,00001	0,78	0,04	0	0,82
Chryper	<i>Chrysoperla carnea</i>	2,27	0,06	0,94	1,09	0	0,87
Conpsoc	<i>Conwentia psociformis</i>	2,080	0,003	2,301	0,760	0,92	0,03
pterom1	Pteromalidae sp1	0,61	0	0,34	0,11	0,006	1,002
Pterom2	Pteromalidae sp2	0,2	0	0,16	0,19	0,1	0
aphyt1	<i>Aphytis</i> sp1	1,11	0	0,53	0,06	0,038	0,16
Aphyt2	<i>Aphytis</i> sp2	0,95	0	0,25	0	0	0
Metafla	<i>Metaphycus flavus</i>	1,087	0,02	0,53	0,28	0,13	0,64
Caleno	<i>Cales noacki</i>	1,01	0,3	0,38	0,62	0,395	0
encars1	<i>Encarsia</i> sp1	0,71	0,06	0,88	0,19	0,32	0,03
Eretm	<i>Eretmocerus</i> sp	0,43	0,012	0,36	0,26	0,17	0,01
Aphemal	<i>Aphelinus mali</i>	0	0	0	0	0,29	0
cecid1	Cecidomyiidae sp1	0,75	0	0,38	5,07	11,209	1,41
cecid2	Cecidomyiidae sp2	0,312	0,001	0,198	0,201	0,276	0,168
cynip1	Cynipidae sp1	0,91	0,01	0,32	0,46	0,19	0
cynip2	Cynipidae sp2	0,34	0	0,42	0,27	0,15	0,63
Rodalcar	<i>Rodolia cardinalis</i>	0,69	0,008	0,18	0,29	0,03	0
Coccoli	<i>Coccophagus licymnia</i>	0,61	0	0,28	0,25	0,09	0,43
Pachyne	<i>Pachyneuron</i> sp	0,603	0,17	0,11	0,09	0,14	0
Gonato	<i>Gonatocerus</i> sp	0,467	0,28	0	0,37	0,289	0
Megaspi	Megaspilidae	0,301	0	0,103	0,315	0,37	0,52
Lysiph	<i>Lysiphlebus</i> sp	0,324	0,001	0,18	0,301	0,556	0
Pnigal	<i>Pnigalio</i> sp	0,34	0	0,21	0	0,0002	0
Leptoma	Leptomastidea	0,287	0,12	0,021	0,193	0,112	0
mymar1	Mymaridae sp1	0,176	0,124	0,68	0,041	0,053	0

mymar2	Mymaridae sp2	0,176	0	0,92	0,04	0,02	0,972
Trichog	Trichogrammatidae sp	0,21	0	0,31	0	0	0

Nous avons considéré les pourcentages de contribution dans les différences de composition entre communautés des plus élevés jusqu'aux très faibles (0,1%). La similitude qui existe dans la plus forte contribution dans ces différences, concerne notamment des prédateurs de la mouche blanche *Dialeurodes citri* (*C.arcuatus*, *S.aleyrodiformis*, *C.carnea*). Les autres taxons font partie de représentants essentiellement des ennemis naturels d'autres ravageurs tel que le parasitoïde de la mineuse des agrumes (*Citrostichus phyllicnistoïdes*) ou parasitoïdes de pucerons (Braconidae).

5.4 Distribution temporelle des groupes trophiques circulants dans le verger de clémentinier

Nous distinguons trois principaux groupes trophiques représentés par des prédateurs, parasitoïdes et hyperparasitoïdes recensés au niveau du verger de Chlef 1, avec prédominance des prédateurs qui sont les plus abondants comparativement aux parasitoïdes et hyperparasitoïdes présentant les plus faibles densités (fig. 87).

En effet, nous constatons deux périodes de présence maximale de la faune auxiliaire durant la saison automnale et pendant la période printano-estivale en relation avec les trois poussées de sève du clémentinier.

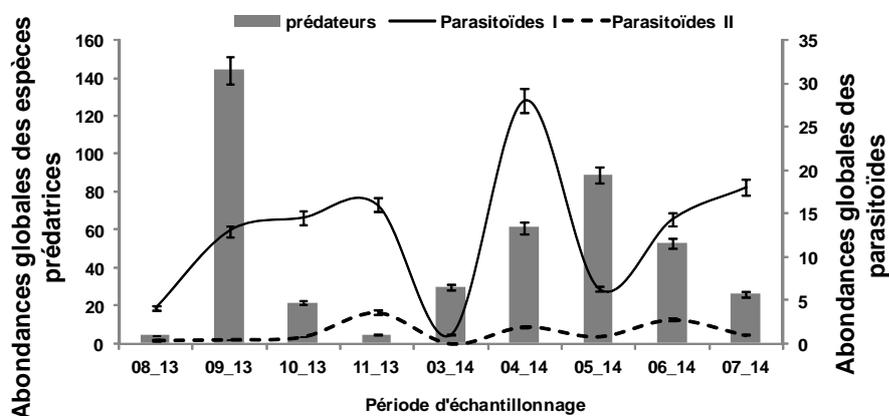


Figure 87 : Variation saisonnière des groupes fonctionnels d'entomophages dans le verger de clémentinier

Au courant de la 3^{ème} poussée de sève (poussée automnale), le groupe des entomophages prédateurs apparaissent les premiers avec un pic d'activité en septembre, suivis par le groupe des parasitoïdes et hyperparasitoïdes dont le pic d'abondance n'est atteint que plus tard dans la saison vers la mi-novembre. Pendant la poussée printanière, les périodes de pics d'activité sont différentes : au début d'avril chez les parasitoïdes et au début mai chez les prédateurs (fig.87). Enfin, au début de la poussée estivale (2^{ème} PS), on assiste à une recrudescence progressive des populations de parasitoïdes en comparaison avec celles de prédateurs dont les abondances diminuent.

Chaque groupe fonctionnel se distingue par des taxons fortement représentés en abondance et selon la saison. L'assemblage des prédateurs est dominé par les espèces *Clitosthetus arcuatus* (53%) et *Semidalis aleyrodiformis* (34%) devant *Scymnus subvillosus* et *Chrysoperla carnea* (3% et 2%) (fig. 88).

Le groupe de parasitoïdes est marqué par une disponibilité élevée des Eulophidae (32%) dont *C. phyllicnistoïdes* et des Braconidae (51%). Ce groupe se caractérise également par la présence d'espèces aleurodiphages du genre *Encarsia* et *Cales*, coccidiphages du genre *Aphytis* et des Mymaridae malgré leurs faibles pourcentages de 2% à 4%. L'assemblage des hyperparasitoïdes se compose surtout de Cynipoïdea (47%), de Pteromalidae et Megaspilidae équitablement présents (28% et 25%). Néanmoins ces espèces ont des abondances faibles et très fluctuantes durant toute la période d'échantillonnage. Les pics d'abondance sont observés en novembre, avril et mai (fig. 88).

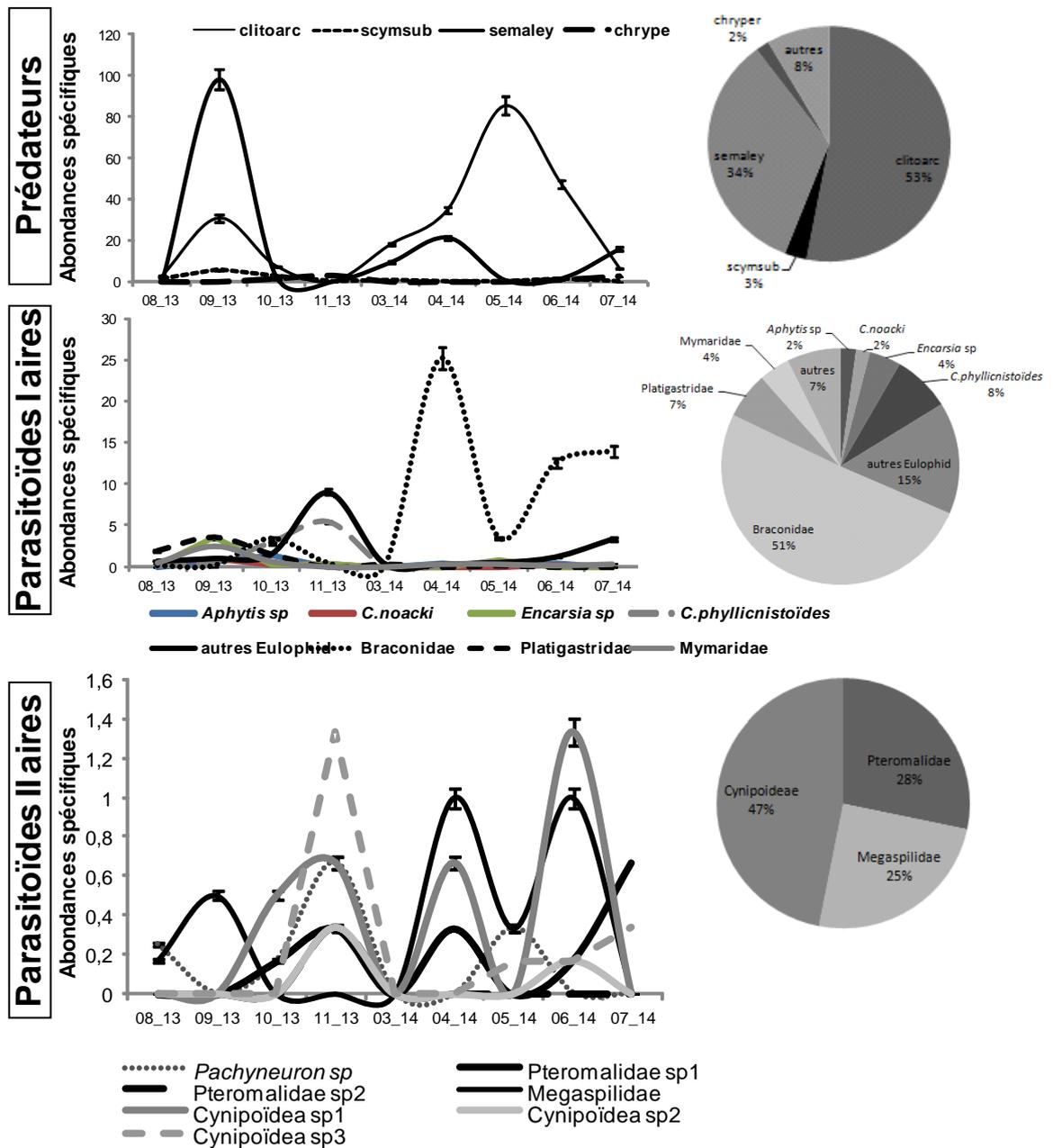


Figure 88 : Fluctuations temporelles des principales espèces de prédateurs, parasitoïdes primaires et secondaires et leurs abondances relatives durant la période d'échantillonnage

Le tableau 17, montre l'analyse systématique et trophique des groupes des principales espèces auxiliaires recensées au niveau du verger de Chlef 1.

Tableau 17 : Principales espèces d'auxiliaires entomophages et périodes de pics d'abondance au niveau du verger de Chlef 1

Catégorie trophique	Super famille/Famille	Espèce	Relation fonctionnelle	A 13	S 13	O 13	N 13	M 14	A 14	M 14	J 14	Jt 14	
PARASITOÏDES PRIMAIRES ET SECONDAIRES	Chalcidoidea, Mymaridae (Haliday, 1833)	<i>Gonatocerus</i> sp	Parasitoïde d'œufs de cicadellides et d'autres insectes										
		Mymaridae sp1											
		Mymaridae sp2											
	Chalcidoidea, Aphelinidae (Thomson, 1876)	<i>Aphytis</i> sp1	Parasitoïdes de cochenilles										
		<i>Aphytis</i> sp2											
		<i>Coccophagus</i> sp											
		<i>Cales noacki</i> (Howard, 1907)	Parasitoïde d'aleurodes										
		<i>Encarsia</i> sp											
		<i>Aphelinus mali</i> (Haldeman, 1850)	Parasitoïde d'aphides										
	Chalcidoidea, Pteromalidae (Dalman, 1820)	Pteromalidae 1	Hyperparasitoïde d'aphides										
		Pteromalidae 2											
		<i>Pachyneuron</i> sp1											
	Chalcidoidea ,Eulophidae (Westwood, 1829)	<i>Pnigalio</i> sp	Parasitoïde de la mineuse des agrumes										
<i>Citrostichus phyllicnistoïdes</i> (Narayanan)													
Ceraphronoïdea, Megaspilidae (Ashmead, 1893)	Megaspilidae sp1	Hyperparasitoïde d'aphides											
PREDATEURS	Cucujoidea, Coccinellidae	<i>Clitostethus arcuatus</i> (Weise, 1885)	Aleurodiphage										
		<i>Scymnus subvillosus</i> (Goeze, 1777)	Aphidiphage										
		<i>Rodalia cardinalis</i> (Mulsant, 1850)	Prédateur d' <i>Icerya purchasi</i>										
		<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens, 1836)	Prédateur polyphage										
	Coniptyrygidae (Burmeister, 1839)	<i>Semidalis aleyrodiformis</i> (Stephens, 1836)	Prédateurs d'Aleyrodidae, Coccidae et acariens										
		<i>Conwentia psociformis</i> (Curtis, 1834)											

Nous avons mis en évidence les périodes d'activité maximale des catégories trophiques d'entomophages circulant au sein du verger de Chlef 1. En effet, chez le groupe trophique des parasitoïdes, des taxons oophages d'insectes cicadellidae et des parasitoïdes de cochenilles sont observés durant la période estivo-automnale. Cependant, au cours de la période printanière (Avril-juin), nous

constatons un pic de présence chez les hyménoptères parasitoïdes des aleurodes et d'aphides contrairement aux parasitoïdes de la mineuse des agrumes rencontrés exclusivement en automne. Avec l'augmentation des températures au cours de la printano-estivale (mai-juillet), et à la fin de la saison automnale, les hyperparasitoïdes sont signalés (Tab. 17).

Chez les prédateurs, certaines espèces sont présentes au cours de toute la période d'échantillonnage (*C.arcuratus* et *S.aleyrodiformis*) qui se nourrissent d'aleurode et d'acariens. Cependant, la coccinelle aphidiphage *S.subvillosus* se caractérise par deux pics de présence en septembre et juin contre un seul pic enregistré au cours du mois d'octobre et juin chez la coccinelle prédatrice *N.cardinalis* (Tab. 17). En fin, les prédateurs généralistes (*C.carnea*, *C.psociformis*), leur activité est surtout marquée en automne et au début de la saison printanière.

Chapitre IV :

DISCUSSION

DISCUSSION GÉNÉRALE

Dans le contexte du changement global, il s'avère très intéressant d'évaluer et comprendre l'effet de l'environnement sur les populations d'insectes dans le but de prévoir et contrôler leurs fluctuations. Dans les années qui viennent, les insectes contribueront à la résilience des écosystèmes naturel et agricole et, seront des vrais acteurs de la sécurité alimentaire mondiale [220]. Tel est le cas des aleurodes ou mouches blanches dont le rôle est incontournable dans le fonctionnement des différents agroécosystèmes. En cultures d'agrumes, les problèmes posés par ces ravageurs voient leur origine dans l'évolution et la modernisation des techniques modernes pour la production, la sélection ainsi que la protection phytosanitaire.

Dans les vergers étudiés, les périodes d'activité maximale des aleurodes concordent avec les périodes de poussées de sève, les paramètres climatiques et l'effet du couvert végétal adventice, ainsi que celui des ennemis bénéfiques en l'occurrence la régulation exercée par les hyménoptères parasitoïdes. Sur ce point de vue, nos résultats montrent une diversité plus importante au niveau du verger de Chlef 1 cultivé en clémentiniers en comparaison avec les autres parcelles d'agrumes qui sont des orangers.

En Algérie, différents travaux sur ce modèle d'interaction tritrophique ont été réalisées au niveau des écosystèmes agrumicoles [59] ; [221]; [222]; [223]; [224] ; [225].

En général, il n'est pas facile d'étudier la dynamique des populations de mouches blanches à cause de leurs grande vitesse de développement et de leurs polyvoltines, et dont leurs interactions avec les facteurs climatiques et la plante hôte sont complexes et variées [105].

L'étude des aleurodes circulants au niveau des écosystèmes agrumicoles de Chlef, bien que préliminaire a permis de recenser majoritairement deux espèces d'Aleyrodidae: l'aleurode floconneux *Aleurothrixus floccosus* et l'aleurode

des citrus *Dialeurodes citri*, auxquels est associé un cortège d'ennemis bénéfiques communément rencontrés dans les vergers d'étude. Les prédateurs *Clitostethus arcuatus*, *Semidalis aleyrodiformis*, *Conwentzia psociformis*, et *Chrysoperla carnea*, paraissent plus importants que les parasitoïdes spécifiques notamment *Cales noacki* et les genres *Encarsia* et *Eretmocerus*. Les deux espèces d'aleurodes n'ont jamais été repérées ensemble au niveau d'un seul verger. En effet, l'aleurode floconneux *A.floccosus* a été inventorié au niveau du seul verger d'oranger localisé à Oued Sly contrairement à l'aleurode des citrus *D.citri* repéré dans le reste des vergers étudiés.

Une troisième espèce de mouches blanches pouvant s'attaquer aux agrumes en Algérie a été citée dans la littérature. Il s'agit de *Parabemisia myricae*, dont les adultes cherchent les jeunes feuilles nouvellement émergées pour y pondre leurs œufs. Berkani et Dridi [226] avaient découvert les premières infestations de *P.myricae* en 1992 dans les vergers de la plaine de Mitidja. Dans notre cas, aucun adulte, larve ou puparium appartenant à cette espèce n'a été observé au niveau des parcelles visitées tout au long de la période d'échantillonnage. En effet, la SRPV de Chlef n'a jamais signalée la présence de cette espèce au niveau des vergers agrumicoles Chélifiens. Cela peut s'expliquer probablement par les contraintes d'adaptation et de colonisation de l'espèce vers les vergers avoisinants.

1 Variation populationnelle de l'aleurode floconneux dans le verger de Oued Sly

Les travaux sur la dynamique des populations d'*Aleurothrixus floccosus* sont nombreux. On peut mentionner ceux de Tello Mercado et al [19]; Onillon [23]; Grout et al [24]; Nega [26]; Luppichini et al [75]; Chermiti et Onillon [77]; Gebreslasie et Meresa [227]. Bien que Ulusoy et al [201] ont signalé que l'aleurode floconneux n'a pas de préférence pour des variétés d'agrumes spécifiques, il a été indiqué que cette espèce affectait principalement les orangers de la région méditerranéenne [86] où des dégâts considérables ont été enregistrés, notamment en Italie [228].

L'évolution des taux d'infestations au cours de la période d'échantillonnage peut s'expliquer par le développement des larves du premier stade en larves de 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} stade, compte tenu des difficultés liées aux dénombrement des larves du premier stade très mobiles et actives avant leur passage aux stades ultérieures [77]. Au niveau de la frondaison de l'oranger à Oued Sly, les larves d'*A.floccosus* colonisent le feuillage durant toute l'année y compris la période hivernale, défavorable pour la plupart des insectes. Il semble que cet aleurode passe l'hiver sous forme de larves vivantes en absence totale des populations adultes assurant ainsi une nouvelle colonisation des vergers jusqu'au retour des conditions climatiques et nutritionnelles favorables conduisant à l'émergence d'une nouvelle génération. Chermiti & Onillon [77], rapportent que l'aleurode floconneux passe la période défavorable hivernale à l'état de larves de 3^{ème} ou de 4^{ème} stade, mais dans certains cas à l'état d'œufs, pondus en automne (novembre).

Les variations des facteurs climatiques agissent sur la phénologie et le développement des arbres et sur la dynamique des populations des ravageurs d'importance économique et dont les facteurs abiotiques, notamment la température, les précipitations et l'humidité relative ainsi que la vitesse des vents peuvent être à l'origine du déséquilibre de ces interactions [229]; [230]; [231].

Les importants taux d'infestation larvaire variant de 60% et 80% en février et juin 2013 révèlent ainsi une forte colonisation du feuillage qui précède l'émergence des adultes en avril et août respectivement. Au cours du mois d'août 2013, la température mensuelle maximale a atteint 38°C en présence de 30% du feuillage d'oranger infesté par les larves de l'aleurode floconneux. Cette capacité des aleurodes à supporter de grands écarts thermiques est due essentiellement aux sécrétions cireuses filamenteuses abondantes qui recouvrent dans plusieurs cas les larves âgées, permettant ainsi la survie de l'espèce face aux conditions climatiques défavorables [25].

Les adultes manifestent trois pics d'abondances en septembre, novembre 2013 et juin 2014. A l'exception de l'humidité, l'évolution des infestations des populations adultes est corrélée avec tous les paramètres climatiques dont les

températures mensuelles enregistrées au cours des pics d'abondances avec des variations entre 25°C à 33°C pour les maximales contre des minimales oscillant entre 12 à 20°C. France et al [232], ont rapporté que les températures maximale et minimale moyennes respectives de 28,5°C et de 10,8°C sont favorables au développement et aux pullulations des populations d'*A.floccosus* favorisant ainsi l'émergence de plusieurs générations par an au Chili.

À des températures plus élevées, les taux de mortalité des œufs et des larves d'*A.floccosus* sont très élevés et à des températures plus basses, le développement est plus lent [233]. À des températures plus élevées, tous les processus se produisent beaucoup plus rapidement, ce qui entraîne un vieillissement rapide des femelles d'*A.floccosus* avec une réduction significative du nombre total d'œufs pondus et une longévité réduite, en revanche, le nombre d'œufs pondus par jour augmente [190].

En général, au niveau du verger de Oued Sly, les températures qui ont favorisé les premières infestations d'*A.floccosus*, correspondent à des valeurs moyennes mensuelles variant entre 24°C à 37°C pour les températures maximales au cours de la période estivo-automnale et 18 pour les températures minimales, au cours de la période printanière en présence de faibles quantité de pluies des précipitations et avec une humidité relative de 50 à 75%. En période estivale, même sous l'effet de l'élévation du seuil thermique où les températures ont marqué des moyennes journalières maximales avoisinant 38°C, les adultes de l'aleurode floconneux sortent de leurs pupariums et colonisent la frondaison de l'oranger.

En revanche, il s'avère que les précipitations n'ont pas eu d'incidences sur les populations de l'aleurode floconneux, mais il a été signalé que les grandes quantités de pluie affectent l'activité des populations adultes de l'aleurode floconneux. Nos résultats concordent avec ceux d'Umeh et Adeyemi [132], qui rapportent que les populations de l'aleurode floconneux diminuent pendant la saison des pluies et augmentent pendant la saison sèche. En décembre 2013 et janvier 2014, en raison de la présence de fortes populations d'adultes

d'*A.floccosus*, le nombre de larves sur le feuillage a considérablement augmenté en février, mars 2014, comme l'ont signalé également Umeh et Adeyemi [132].

Les vents peuvent affecter l'activité des adultes de l'aleurode floconneux, assurant ainsi une grande partie de leur dispersion [82]. Durant les pics d'infestations, nous avons relevé des vitesses de vents modérées de l'ordre de 10 à 12 km/h contre une vitesse de vents dépassant 16 km/h au cours du plus faible taux d'infestation signalé en mars.

En général, selon les caractéristiques phénologiques des Citrus (persistance du feuillage, rythmicité d'apparition des poussées de sèves), la dynamique des populations des ravageurs est influencée par la plante hôte du fait de l'évolution qualitative et quantitative des ressources offertes [234], [235].

L'étude de l'évolution de l'abondance des adultes d'*A.floccosus* sur le feuillage nous a permis de différencier trois principales périodes de vols au cours de la période de suivi allant de juillet 2013 à juin 2014 en relation avec les trois poussées de sèves de l'oranger. Des pics d'abondance des adultes ont été enregistrés sur le feuillage en septembre et novembre 2013 et en avril 2014. Le premier pic a lieu juste après la poussée de sève estivale, et quelques jours qui précèdent l'apparition de la poussée de sève automnale (septembre). Le deuxième pic est signalé en novembre quelques jours après la poussée de sève automnale. Par contre, le dernier pic a été enregistré au cours de la poussée de sève printanière (avril).

L'apparition au printemps d'une génération d'*A.floccosus* a coïncidé avec la sortie des jeunes feuilles de la poussée de sève printanière favorisant l'alimentation et l'oviposition. Au cours de cette période, nous avons noté la plus grande abondance des adultes capturés à travers les pièges englués atteignant plus de 600 individus. Ce nombre important d'adultes peut s'expliquer par la disponibilité d'un abondant feuillage constitué de jeunes pousses développées lors de la poussée de sève printanière. Cette hypothèse a été émise par plusieurs auteurs qui estiment que 76 à 86% du nombre annuel de pousses sont présentes en mars [223]; [236]; [237];.

Nos résultats concordent avec ceux des travaux de Soto et al [238] et de Soler et al [239], en Espagne, où des pics d'abondances des adultes de l'aleurode floconneux ont été enregistrés de juillet à août et en octobre avec un maximum au printemps. Les premiers adultes de l'aleurode floconneux apparaissent en mars-avril sur les feuilles de la poussée de sève printanière [46]. A leur tour, Grout et al [24], estiment que les nouvelles infestations d'*A.floccosus* sont habituellement associées à des poussées de sève des citrus. Dans une autre étude sur l'oranger amer, Onillon [23] rapporte qu'au début du printemps, les adultes de l'aleurode floconneux préfèrent les jeunes pousses et résultent des populations larvaires qui accomplissent tout leur développement sur les feuilles de la première poussée de sève. Ces résultats sont en accord avec ceux cités par Abbassi [240]. Mais, la présence des adultes sur le feuillage de l'oranger pendant plusieurs mois de l'année peut s'expliquer par la présence de jeunes feuilles tendres tout au long de cette période. En effet, Syvertsen et al [237], rapportent que chez l'oranger, il y a typiquement de nouvelles feuilles présentes pendant 6 à 7 mois de l'année.

Contrairement au pic d'abondance des adultes signalé en avril 2014, les deux autres pics enregistrés en septembre et novembre 2013 ne coïncident pas directement avec la 2^{ème} et 3^{ème} poussée de sèves respectivement, mais ils ont été enregistrés au début et à la fin des ces poussées. Les premiers adultes d'*A.floccosus* repérés sur le feuillage de l'oranger ont été observés aux périodes de début de sortie des jeunes feuilles de la poussée de sève printanière, estivale et automnale. Nos résultats concordent avec ceux de Giliomee et Millar [18]; Luppichini et al [75]; Ripa et al [241] qui précisent que les aleurodes des agrumes se nourrissent et pondent de préférence sur la face inférieure des feuilles tendres pendant les saisons de croissance active de l'arbre.

Les principales phases d'infestation larvaire dans le verger de Oued Sly apparaissent au cours du mois de novembre 2013, et février, mai 2014 et se caractérisent par un taux très marqué. Un ralentissement des infestations a été enregistré pendant la période hivernale (décembre 2013, janvier, février 2014), comme l'a mentionné Biche [59] dans les vergers agrumicoles de la Mitidja.

La mortalité larvaire élevée peut s'expliquer par les conditions météorologiques défavorables notamment les températures élevées (32°C à 38°C) enregistrées au cours de la période estivo-automnale. De manière similaire, Soto [46], a remarquée d'importants pourcentages de mortalité des mouches blanches tout au long de leur cycle biologique au niveau des vergers de citrus à Valence (Espagne). Cette mortalité a été attribuée selon ce même auteur à des facteurs nutritionnels et climatiques tels que la température, le vent, la pluie et l'humidité relative.

Nous avons remarqué que les pupariums vides ont la même tendance évolutive que les adultes repérés sur le feuillage. En effet, les pics d'abondance des pupariums vides coïncident presque avec les périodes de grande présence des adultes d'*A.floccosus* sur la frondaison. Ainsi, le nombre important d'adultes recensés en mai 2014 peut s'expliquer par le nombre relativement élevé des pupariums vides sur la face inférieure des feuilles récoltées. Ces pupariums sont presque absents durant la période hivernale, à cause de l'absence de l'émergence des adultes de l'aleurode floconneux.

L'analyse de l'évolution de la distribution spatiotemporelle des populations larvaires et adultes de l'aleurode floconneux a permis de mettre en évidence des préférences cardinales disparates au niveau des canopées. Au cours des trois saisons printanière, estivale et automnale, les populations adultes préfèrent l'exposition nord et sud. Carrero [242], rapporte avoir repéré les adultes de l'aleurode floconneux sur le côté nord en période automnale. Au cours de la période printanière, l'exposition Est de la canopée a été cependant colonisée par 25% des populations adultes de l'aleurode floconneux. Cette préférence est probablement due à la recherche d'habitats plus ensoleillés convoités en raison des températures relativement basses au début de cette saison.

Les populations larvaires connaissent également des préférences d'exposition. Elles ont été repérées essentiellement sur l'exposition Est pendant la période printanière, et à l'exposition Nord au cours des périodes estivale et automnale, comme l'a signalé Soto [46] à Valence. La présence des adultes sur le côté nord de l'arbre peut s'expliquer par la présence d'un grand nombre de jeunes

feuilles favorisant la ponte et l'installation d'*A.floccosus* [23], [32]. Nous avons constaté que les pontes se font généralement au nord et au sud, c'est d'ailleurs là que le plus grand nombre d'adultes a été observé sur le terrain en période printanière et automnale. Grâce à la mobilité des larves du premier stade, la colonisation des autres expositions moins peuplées par les adultes peut avoir lieu, notamment l'exposition Est bien ventilée et moins ombrée permettant aux larves de l'aleurode de s'échauffer et de profiter des premières chaleurs de la saison printanière. Ces comportements ont été constatés par Soto [46] chez les populations de mouches blanches inféodées aux agrumes à Valence en Espagne.

Plusieurs générations de l'aleurode floconneux peuvent être observées en fonction des conditions environnementales dans lesquels vit l'espèce [132]. En Algérie, peu d'études ont été menées sur ce ravageur [30]; [73]. L'étude actuelle a montré qu'il y a trois générations pendant l'année: une génération printanière en avril, suivie par une génération estivale au mois de juillet qui se succède par une dernière génération en automne au mois de septembre. Biche [59] estime qu'à Mitidja, l'aleurode floconneux évolue en quatre à cinq générations par année, presque sans interruption tout au long de l'année avec un ralentissement simple noté pendant les mois les plus froids. Selon Saharaoui & Hemptinne [223], en Algérie, l'aleurode floconneux ne développe pas moins de trois générations par an, tandis que Katsoyannos et al [25], ont compté six générations qui se chevauchent à Athènes en Grèce.

La différence de nombre de générations d'*A.floccosus* entre la région de Mitidja où elle évolue en quatre à cinq générations [59]; [73] et la région de Chlef (trois générations) peut s'expliquer par les conditions climatiques spécifiques de la région de Chlef, caractérisée par des hivers relativement froid (7,5°C) et une période estivale assez chaude (36 à 38°C). La période de janvier à mars correspond à la phase d'hivernation de l'aleurode floconneux dans le verger de Oued Sly, les faces inférieures des feuilles étaient incrustées de larves et d'exuvies, et couverts de fumagine, comme l'ont indiqué Onillon [23] et Gebreslasie & Meresa [227].

Les pièges jaunes collants, adaptés au suivi des aleurodes [243]; [244], ont reflété fidèlement les périodes de vol de l'aleurode floconneux et les pics de vol correspondent effectivement aux générations de cette espèce de mouche blanche.

2 Variation populationnelle de l'aleurode des citrus sur clémentinier et orangers

Contrairement aux populations larvaires dont les infestations diffèrent d'un verger à l'autre, l'évolution des infestations provoquées par les populations adultes de *D.citri* ont presque la même tendance évolutive au niveau des cinq vergers, et se caractérisent par deux pics d'infestation en septembre et mai. Les taux d'infestation enregistrés en mai des trois années 2014, 2015 et 2016 sont les plus importants de l'ordre de 30 à 70%, ce qui pourrait être expliqué par l'apparition d'un feuillage dense au cours de la poussée de sève printanière à partir du mois d'avril. Plusieurs auteurs signalent que cette poussée de sève est la plus abondante par rapport aux autres poussées [237].

D'une façon générale, le verger le plus infesté par les populations adultes de *D.citri* était celui de Chlef 1, où la parcelle est plantée par des clémentiniers, contrairement aux autres vergers où les orangers étaient relativement moins attaqués. Cela peut s'expliquer par le nombre important du feuillage produit par les clémentiniers offrant aux populations adultes les conditions idéales pour l'oviposition. En effet, à cause de la forte infestation, même les fruits en cours de grossissement ainsi que la face inférieure de certains adventices étaient colonisés par les adultes, ce qui résulterait d'un effet de compétition intra-spécifique pour l'occupation de l'espace foliaire. Nos observations ont été similairement signalées par Vulic et Beltran [245] où il a été constaté que l'aleurode des citrus pondait sur les fruits d'agrumes en Espagne. Mais, Fasulo et Weems [93]; Zanic et al [96], estiment que les femelles adultes pondent environ 150 œufs sur la face inférieure des jeunes feuilles mais jamais sur les fruits.

Les différentes températures enregistrées au cours de la période d'échantillonnage (2013/2014), au niveau du verger de Chlef 1 ont eu un impact conséquent sur les infestations par les adultes. En effet, des températures automnale variant entre 20°C et 32°C, semblent être favorables pour une colonisation massive du feuillage des clémentiniers par les populations adultes de *D.citri*, contre des températures relativement basses en période printano-estivale oscillant entre 13°C et 29°C.

Loussert [1]; Francisco et Avila [246], signalent qu'au printemps, les différents groupes d'insectes inféodés aux agrumes enregistrent des pics d'abondance les plus élevés en rapport avec une végétation abondante et des températures favorables au développement et à l'activité de la plupart des insectes.

Au cours de la période hivernale, les températures sont basses variant entre 5 et 10°C, en absence des adultes sur la frondaison. En effet, sous les conditions climatiques défavorables de l'hiver, les ravageurs entrent en diapause et les basses températures réduisent leur abondance en éliminant les individus qui n'ont pas réussi à trouver des sites d'hivernage favorables [247]. Cette période d'absence d'activité des adultes de *D.citri* sur le feuillage a été caractérisée par des grandes quantités de pluies atteignant jusqu'à 71 mm/mois. Dans ce contexte, Rashid et al [248], rapportent que les précipitations et l'humidité relative peuvent influencer les populations de mouches blanches.

Nos résultats indiquent que les adultes *D.citri* ont deux périodes de pontes qui conduisent à l'apparition de deux générations relativement homogènes et clairement séparées les unes des autres par une période d'hivernation plus au moins étalée qui dure de 5 à 6 mois. Ces résultats concordent avec ceux de Benmessaoud-Boukhalfa [58]; Onillon [103]; Boukhalfa [205] qui estiment que l'hivernation de *D.citri* se fait au 3^{ème} stade larvaire et dure 4 à 5 mois en Algérie, contrairement à ce qui se passe en France où l'hivernation concerne le 4^{ème} stade et s'étale sur 7 mois.

L'analyse de l'évolution des taux d'infestations provoquées par les populations larvaires de *D.citri*, révèle une forte colonisation de la frondaison des clémentiniers au niveau du verger de Chlef 1 contre des taux relativement faibles sur le feuillage de l'oranger au niveau des autres vergers étudiés. Ce taux d'infestation peut s'expliquer en partie par les grandes pullulations d'adultes observées sur le feuillage en période automnale et printanière. Les infestations larvaires ont été constatées presque durant toute l'année avec des ralentissements notés surtout en période automnale et printanière correspondant aux périodes d'émergence des adultes. En effet, l'apparition des adultes a été suivie par une diminution du nombre de larves vivantes, laquelle paraît très marquée pour la génération printanière en raison du nombre important d'adultes émergés. Selon Onillon [23], Zanic, et al [96], cela peut s'expliquer par le développement des larves du 4^{ème} stade qui ont donné naissance aux jeunes adultes.

Tenant compte des différences d'infestations larvaires d'un verger à l'autre, on peut déduire que les grandes températures estivales enregistrées surtout en juillet-août durant la période (2013/2016) avec des variations de 39 à 41°C, n'ont pas eu d'incidence sur l'évolution des infestations provoquées par les larves de *D.citri* à l'exception des populations circulantes au niveau de Oued Fodda, où nous avons noté une baisse du taux d'infestation (9%) sous une température mensuelle maximale atteignant 39. En effet, les températures élevées pendant la saison estivale pourraient influencer les activités biologiques de la plante, des insectes ravageurs ainsi que leurs auxiliaires [249].

Il semble par ailleurs que les larves de *D.citri* ont pu supporter les basses températures variant en général entre 5 et 7°C, tout en continuant de coloniser la frondaison des agrumes au niveau des cinq vergers en provoquant des infestations atteignant jusqu'à 100% au niveau du verger de Chlef 1. En effet, même sous l'effet d'une grande pluviométrie, les larves n'ont pas été affectées. Une humidité comprise entre 50 à 70%, semble être favorable aux grandes colonisations des agrumes par les larves de l'aleurode des citrus. Contrairement Rashid et al [248], rapportent que les précipitations et l'humidité affectent les abondances des populations de mouches blanches.

En effet, la fécondité, la survie et la croissance démographique des ravageurs phytophages peuvent être affecté par les valeurs nutritives, les métabolites secondaires ainsi que par les caractéristiques physiques des plantes hôtes [250]; [251].

L'analyse de l'évolution des abondances des populations adultes recensées sur le feuillage des agrumes et capturés à travers les pièges jaunes englués fait apparaître deux grandes périodes d'activité. Le verger de clémentinier (Chlef 1) est le plus colonisé par les populations adultes de *D.citri* en mai 2014, contre un faible nombre au niveau des autres vergers d'étude. L'analyse de l'évolution des abondances des adultes capturés à travers les pièges englués révèle l'existence de deux pics enregistré en septembre (2014, 2015) et mai (2015, 2016) au niveau des vergers de Chlef 2, Chettia et Boukader. Contrairement au niveau du verger de Chlef 1, deux pics des populations adultes sont enregistrés en octobre 2013 et mai 2014, contre trois pics de captures signalés au niveau de l'oranger de Oued Fodda en juillet, octobre 2015, et avril 2016. Par ailleurs, au niveau des différents vergers d'étude, l'analyse de l'évolution des abondances des populations adultes recensées sur le feuillage en fonction des poussées de sèves, révèle une coïncidence entre l'apparition de ces dernières et les périodes de grandes colonisations de la frondaison par les adultes de *D.citri* en particulier au cours du deuxième pic enregistré en période printano-estivale (avril-mai 2014, 2015, 2016). Le premier pic d'abondance est noté en période automnale (septembre-octobre 2013, 2014, 2015) et se situe entre la poussée de sève estivale (2^{ème} PS) et automnale (3^{ème} PS) respectivement.

Comme pour l'aleurode floconneux, la présence d'un feuillage abondant a favorisé de nombreuses pontes sous l'effet de conditions climatiques convenables pendant la poussée de sève printanière [223].

En général, les premiers adultes apparaissant à partir de la mi-avril commencent à coloniser les premières feuilles tendres de la poussée de sève printanière. Une seconde population apparaît à la fin août début septembre, et commence à se développer sur les feuilles de la poussée estivale et pullule

jusqu'à l'apparition des jeunes feuilles de la poussée automnale. Boukhalifa & Bonafonte [252], rapportent en effet que les 1^{ère} pontes de la génération printanière sont notées sur les feuilles à partir de mi-avril et atteignent un maximum de 0,6 œufs/cm² ce qui correspond à 95% de la population vivante à la mi-mai. En France et en Espagne à Valence, les 1^{ère} sorties d'adultes sont observées pendant tout le mois de Mai [46]; [103]. D'après nos observations, il a été remarqué que les adultes préféraient les feuilles jeunes en cours de croissance par rapport aux feuilles âgées ce qui est tout à fait conforme aux constatations établies pour *A.floccosus* [240]. Les densités des populations adultes sont les plus élevées sur la poussée de sève automnale au niveau du verger de Chettia et Boukader, comme l'ont constaté également Hamiche et Lounaci [253].

Les adultes *D.citri* ont deux périodes de pontes qui conduisent à la mise en place de deux générations annuelles avec hibernation au niveau du dernier stade larvaire. Nos résultats coïncident avec ceux d'Onillon [254], de Lloréns [255] et de Bellows et Meisenbacher [256], qui ont dénombré deux générations annuelles de *D.citri* sur Bigaradier dans les Alpes maritimes en France, sur Citronnier en Corse et au sud de la Californie ainsi qu'à Alicante en Espagne. Selon Soto [46]; Uygun et al [137]; Alma et al [257]; Lloréns & Capilla [258] au niveau du bassin méditerranéen, *D.citri* présente 2 à 3 générations par année. Argov et al [259], ont compté trois générations annuelles en Palestine: une génération de printemps et une génération d'été, chacune d'une durée d'environ deux mois, et une génération automno-hivernale, qui dure jusqu'à huit mois.

En Algérie, Benmessaoud-Boukhalifa [58]; Boukhalifa et Bonafonte [252]; Hamiche et Lounaci [253], ont recensé trois générations en Mitidja et à Tizi ouzou. L'hivernation de *D.citri* se fait au 3^{ème} stade larvaire et dure 4 à 5 mois en Algérie, contrairement à ce qui se passe en Espagne où l'hivernation concerne le 4^{ème} stade et est caractérisée par une période plus longue que celle de l'aleurode floconneux [46]. Pour Argov et al [259]; Saini et al [260], l'aleurode des citrus entre en diapause au moment de la diminution de la photopériode et de la température, une diapause facultative peut survenir au quatrième stade larvaire.

Les abondances larvaires de l'aleurode des citrus varient d'un verger à l'autre. Le verger de Chlef 1, est caractérisé par une abondance larvaire très élevée (pic de 27 larves vivantes/cm²), expliquant ainsi le taux d'infestation des populations adultes signalé précédemment. En période hivernale défavorable, les populations larvaires sont en grand nombre, ceci peut s'expliquer par le fait que l'aleurode des citrus passe la période défavorable (hiver) sous forme de larve du 3^{eme} ou 4^{eme} stade larvaire à la face inférieure des feuilles [16]; [100]; [103]. En présence des conditions climatiques idéales, les abondances des populations de larves vivantes en période printanière ont connu un déclin très marqué résultant d'un passage d'un grand nombre de larves (3^{eme} et 4^{eme} stade) au stade adulte [96]. En effet, Alford [78], rapporte que les stades larvaires de *D.citri* se nourrissent sur le dessous des feuilles pendant 3-4 semaines; puis entrent dans une phase pseudo-pupe qui dure de 2 à 42 semaines ou plus.

Nous avons constaté un taux de mortalité très élevé en période hivernale au niveau de tous les vergers infestés par *D.citri* et en particulier la parcelle de clémentinier (Chlef 1) où le nombre de larves mortes à atteint 15 larves mortes/cm² en novembre 2013. Boukhalfa et Bonafonte [252] ont constaté des pourcentages allant jusqu'à 75% de mortalité chez les populations de *D.citri*. Cette augmentation des larves mortes au détriment des larves vivantes au cours de la période défavorable, clairement constatée surtout au niveau du verger de Chlef 1, peut s'expliquer par une compétition intra-spécifique pour l'espace et la nourriture qui pourrait s'établir entre les différents stades larvaires de l'aleurode des citrus sous l'effet des conditions climatiques défavorables (températures très basses jusqu'à 7, pluviométrie intense 70 mm/mois) en absence de masse cotonneuse protectrice telle que dispose la mouche blanche floconneuse [201]. Les larves les plus sensibles sont celles du deuxième stade, selon Carrero et Tarancon [261]. Ces résultats ont été également mis en évidence par Lenteren et al [262], qui estiment que dans les populations à forte densité, la compétitivité intra-spécifique entre les stades larvaires peut également être significative, mais d'autre part, l'âge du substrat végétal a une importance remarquable dans l'évolution des paramètres du potentiel de chaque espèce d'aleurode, subissant dans certaines occasions des altérations considérables.

Uygun et al [137]; Onillon [254]; Lloréns et Capilla [258], rapportent que, les pourcentages de mortalité des mouches blanches des agrumes tout au long de leur cycle de développement sont très élevés, en raison de plusieurs facteurs impliqués comme les caractéristiques des arbres, des facteurs nutritionnels, ainsi que des facteurs climatiques.

Deux pics d'abondance des pupariums vides avec des pores de sortie en forme de "T" ont été enregistrés en septembre 2013, 2014, 2015 et en avril-mai 2014, 2015, 2016, en relation avec la période de grande colonisation de la frondaison par les populations adultes, résultant des deux générations de l'aleurode des citrus observées au cours de la période d'échantillonnage de juillet 2013 à juin 2016. Ces observations sont conformes avec celles signalées par Saini et al [260].

La colonisation de la frondaison par les populations adultes de *D.citri* en fonction de l'exposition est hautement influencée par la saison et par la période de suivi, ainsi que par la direction. Nos observations concordent avec celles de Soto [46] qui a similairement montré que les adultes de *D.citri* colonisaient préférentiellement l'exposition nord de la canopée au cours de la période estivale et automnale. En période printanière, les adultes préfèrent l'exposition Est de la frondaison probablement pour la recherche d'un endroit bien ensoleillé tout en profitant des températures moyennes de la saison.

En période estivale et automnale, les températures sont relativement élevées, poussant les adultes à se déplacer vers des expositions ombragées leur offrant les meilleures conditions pour l'oviposition. En effet, l'exposition nord offre aux adultes un grand nombre de jeunes feuilles tendres très recherchées pour pondre leurs œufs [32]. En période automnale, au niveau du verger de Oued Fodda, la partie ouest de l'arbre a été la plus recherchée par les adultes car elle est plus ensoleillée permettant aux adultes d'exercer une grande activité.

Au niveau des vergers de Chlef 2 et Chettia, la frondaison exposée à l'Est est la plus colonisée, cela peut s'expliquer en partie par la vigueur des arbres d'oranger permettant de réduire l'espace existant entre les lignes de plantations

tout en couvrant une partie de l'exposition Est par le feuillage abondant. Soto [46], a constaté que plusieurs d'autres facteurs peuvent affecter la distribution des populations adultes des aleurodes en fonction de l'exposition.

Au cours de la période printanière, l'exposition Est et ouest sont les plus colonisées par les larves, suivies par l'exposition au nord. Ce choix peut se justifier par la recherche d'une source de chaleur et d'ensoleillement pour s'échauffer après les basses températures enregistrées au cours des nuits du printemps. Par contre, en période estivale et automnale, les populations larvaires ont été répertoriées en grand nombre sur l'exposition nord de la canopée, vraisemblablement pour échapper aux rayonnements solaires pendant l'été et l'automne et profiter de zones ombragées. Au niveau du verger de Chettia et au cours de la saison estivale, les populations larvaires ont colonisé l'exposition ouest. Ces résultats concordent avec ceux constatés par Lloréns [255], qui rapporte qu'en juin, un grand nombre de larves de *D.citri* a été répertorié au niveau de l'exposition ouest de l'arbre des citrus en Espagne.

Selon Soto [46], les différences de préférences aux orientations semblent être conditionnées par l'insolation, de sorte que les mouches blanches essaient d'éviter la chaleur excessive en été et la chercheraient en automne ou au printemps. Cet auteur rapporte que les larves de *Parabemisia myricae* apparaissent de préférence au nord, pendant la saison chaude, et préfèrent l'ouest, plus ensoleillé en automne et au printemps. Les vents ou la position de la feuille peuvent conditionner le choix des populations larvaires et adultes sur les arbres d'agrumes.

3 Le complexe auxiliaire dans les vergers d'étude

3.1 La faune auxiliaire associée à l'aleurode floconneux *A.floccosus*

Plusieurs études se sont penchées sur le suivi des fluctuations annuelles et la dynamique des populations d'aleurodes en relation avec leurs protagonistes. Les pièges jaunes englués ont été largement utilisés pour capturer les populations

adultes de l'aleurode floconneux *Aleurothrixus floccosus* ainsi que leurs prédateurs et parasitoïdes [263]; [264]; [265].

Au niveau du verger d'oranger, durant la période de juillet 2013 à juin 2014, les abondances des populations adultes des parasitoïdes notamment *Cales noacki*, les genres *Encarsia* puis *Eretmocerus* ont été nettement supérieures à celles des prédateurs *Clitostethus arcuatus*, *Semidalis aleyrodiformis* et *Chrysoperla carnea*.

Nous avons repéré à plusieurs reprises des adultes de *C. arcuatus* entrain de dévorer des adultes, larves et même des œufs. Les deux périodes d'activité de *C. arcuatus* en août 2013 et en juin 2014 ont coïncidé avec une présence moyenne des adultes et des larves de l'aleurode floconneux. Les œufs fraîchement déposés constituent une source d'alimentation exceptionnelle à cause de la petite taille dont disposent les adultes de ces coccinelles connues pour leur efficacité de prédation sur les œufs de l'aleurode floconneux [266]. Flint [265] et La Torre et al [267] rapportent que *C. arcuatus* est considéré comme un ennemi redoutable contre l'aleurode floconneux. A Mitidja, les populations de ce prédateur représentent entre 12,5 % et 7,6 % du peuplement global des coccinelles vivant sur agrumes. Néanmoins, malgré son abondance sur agrumes cette espèce prédatrice ne peut réguler les fortes pullulations de la mouche blanche floconneuse en raison d'une part de sa petite taille et d'autre part, de l'absence du cortège des espèces accompagnant la coccinelle, et exerçant une forte activité prédatrice selon Saharaoui et Hemptinne [223].

Une absence presque totale des adultes a été notée durant la période automnale correspondant à la phase d'hivernation de la coccinelle. Les premiers adultes capturés commencent à apparaître en période printanière coïncidant avec le début de la colonisation de la poussée de sève printanière par les populations d'*A. floccosus*. Ces résultats ont été mentionnés par Saharaoui et Hemptinne [223], durant la période verno-estivale à des températures moyennes de 19,4 °c à 32 °c.

Il semble que *C.arcuatus* présente deux générations annuelles, comme l'ont rapporté Saharaoui et Hemptinne [223], qui signalent que les pics d'activité des adultes ont été enregistrés en juin et juillet et sont conditionnés par la disponibilité de leur ressource principale de nourriture, l'aleurode *Aleurothrixus floccosus*.

Les deux prédateurs généralistes *C.carnea* et *S.Aleyrodiformis* recensés au niveau du verger de Oued sly se caractérisent par des pics similaires de présence que ceux de la coccinelle prédatrice *C.arcuatus* mais avec des valeurs relativement faibles. Les chrysopes sont des prédateurs d'œufs et de larves d'aleurodes [268]. Plusieurs études ont révélé le rôle important que joue *C.carnea* (Stephens) dans la régulation des populations de mouche blanche [268]; [269]; [270]. Ce Chrysopidae constitue plus de 90% des adultes de chrysopes capturés dans des pièges au niveau des vergers agrumicoles espagnols selon Llorens et Garrido [151], et il est très actif contre l'aleurode floconneux [29] avec cependant un faible impact des larves lorsque les populations de mouches blanches sont élevées [137].

Le Coniopterygidae (*S.aleyrodiformis*) a été identifié dans les vergers agrumicoles de Valence en Espagne, comme prédateur généraliste des aleurodes en particulier de la mouche blanche floconneuse [140] et peut dévorer jusqu'à 5 à 40 œufs d'*Aleurothrixus floccosus* par jour [155].

Le suivi des échantillonnages des aleurodiphages recensés a mis en évidence un faible impact de ces ennemis bénéfiques malgré leur coïncidence temporelle avec les populations d'*A.floccosus* qui restent permanentes durant les trois poussées de sève de l'oranger en causant des infestations sur les jeunes feuilles nouvellement développées. Ceci peut s'expliquer par le fait que la vitesse de multiplication et de développement des aleurodiphages a été moins importante que celle de l'aleurode floconneux, comme l'explique Mostefaoui [225] pour les populations de pucerons et leurs auxiliaires en Mitidja. Une autre possibilité peut être employée par ces ravageurs en adoptant une stratégie de défense assurant toujours la survie d'une partie de leurs populations [271]. Par ailleurs, les prédateurs généralistes polyphages, outre la variation de la disponibilité des

proies [272], ont une multitude de choix pour se nourrir de plusieurs ravageurs présents au niveau du verger d'oranger ce qui laisserait une grande partie de la population de l'aleurode floconneux sans contrôle. Aussi avec les travaux de Hodges et Evans [213] ; Calabuig et al [273], il a été prouvé que l'association entre l'aleurode floconneux et les fourmis ne se limite pas à l'exploitation du miellat secrété par les aleurodes au profit des fourmis, et peuvent offrir une certaine protection contre les prédateurs ou les parasitoïdes potentiels et au moins une espèce d'aleurode a besoin d'une fourmilière pour survivre afin d'empêcher la croissance des champignons développés à cause d'une production excessive de miellat.

Les parasitoïdes *Cales noacki*, *Eretmocerus* sp et *Encarsia* sp ont été capturés à travers les pièges jaunes englués installés au niveau du verger de Oued Sly et identifiés au niveau des vergers agrumicoles de la Mitidja [225]. En Californie [274], les premiers lâchers avaient été effectués avec les hyménoptères parasitoïdes *Amitus spiniferus* (Platigastridae), *Cales noacki* et *Eretmocerus* sp (Aphelinidae) ont réduit de plus de 95% les populations de l'aleurode floconneux, et jusqu'à 99,5% en Tunisie [275]. Soto [46], estime que les pourcentages de parasitisme enregistrés dus à l'action de *C.noacki* au niveau des populations d'*A.floccosus* peuvent atteindre de 95% jusqu'à 100% que ce soit en Espagne, en Tunisie ou en Californie.

La présence d'*Encarsia* sp et *Eretmocerus* sp se limite seulement à quelques adultes capturés à travers les pièges englués au cours de toute la période d'échantillonnage allant de juillet 2013 à juin 2014. Contrairement à *C.noacki*, les deux autres parasitoïdes ont une très faible abondance. Il a été remarqué qu'après l'émergence des larves parasitées durant des tests d'émergence au laboratoire, aucun adulte appartenant au genre *Encarsia* et *Eretmocerus* n'a été signalé. Ceci peut s'expliquer par le fait que ces parasitoïdes ont une faible activité contre l'aleurode floconneux.

Benjor [276], signale que *C. noacki* et *A.melinus* représentent 91% des Aphelinidae capturés à travers les pièges englués au niveau des vergers agrumicoles de Valence, contre un nombre relativement faible pour les espèces

du genre *Encarsia*. Au niveau du verger de Oued Sly, les captures de *C. noacki* coïncident presque avec celles de l'aleurode floconneux et se caractérisent par deux principales périodes de présence en aout 2013 et mai 2014. Ceci peut s'expliquer par la sortie et l'émergence des adultes à partir des larves parasitées sous l'effet de conditions climatiques favorables variant entre 20°C à 29°C. Au cours du mois de juillet 2013 (29°C), nous avons enregistré un taux de parasitisme dépassant 77% expliquant ainsi le pic de captures enregistré en aout 2013. En Espagne, le plus haut niveau de population a été enregistré en octobre avec un début d'apparition des adultes de *C.noacki* à partir du mois de juillet [239]; [276].

Soto [46], rapporte que *C.noacki* peut être attrapé au niveau des pièges englués en hiver comme nous l'avons enregistré à la même saison à travers les captures. L'abondance des larves parasitées sur le feuillage a été relativement trop faible. En Algérie, des taux de parasitisme de *C.noacki* atteignant 90% sur les clémentines et 75% sur les orangers ont été rapportés par Doumandji et Doumandji-Mitiche au niveau de la région de Mitidja en 1986 [21]. En Grèce Katsoyannos et al [25], considèrent *C.noacki* comme un ennemi naturel efficace contre l'aleurode floconneux, dont les taux de parasitisme ont dépassé 82% en 1988. En Turquie, Telli et Yiğit [29], rapportent que ce taux variait de 70% à 88% durant l'année 2012.

En absence des interventions chimiques appliquées au niveau du verger de Oued Sly au cours de la période automno-hivernale, le faible taux de parasitisme par *C.noacki*, peut s'expliquer par la vulnérabilité des larves parasitées aux conditions météorologiques défavorables notamment les basses températures et l'absence de protection due à la perte des soies protectrices lors du processus de parasitisme. Les vents relativement rapides (16 km/h) qui soufflaient au cours de la période automno-hivernale, peuvent aussi être à l'origine du détachement des larves parasitées légèrement attachées à la surface des feuilles d'oranger. Nos résultats concordent avec ceux rapportés par Ulusoy et al [201], qui ont constaté que la diminution du parasitisme de *C.noacki* peut être due à l'effet du gel, qui détruit les larves parasitées ne possédant pas la masse cotonneuse qui protège les larves vivantes non parasitées.

En effet, *Cales noacki* Howard est le parasitoïde le plus utilisé en lutte biologique en méditerranée, il très efficace et réduit les populations du ravageur à des niveaux très bas [55]. Plusieurs auteurs ont signalé l'effet néfaste des traitements généralisés sur les populations de *C.noacki* à cause de sa grande sensibilité vis-à-vis des insecticides chimiques non sélectifs [277], [109]. Des essais de lutte biologiques contre l'aleurode floconneux par l'utilisation du *C.noacki* ont été couronnés de succès arrivant même à une suppression presque complète des populations d'*A.floccosus* en absence des traitements insecticides d'après Abrol [15].

Hance et al [278]; Cock et al [279], estiment que le succès du parasitisme dépend en général non seulement de la capacité des femelles parasitoïdes à localiser leurs hôtes, mais aussi de la capacité des larves de parasitoïdes à éviter la réponse immunitaire des hôtes.

Au cours de la période d'échantillonnage au niveau du verger de Oued Sly, nous avons remarqué une présence très marquée des fourmis sur les colonies de l'aleurode floconneux. En effet, Jesus et al [83], signalent que les fourmis peuvent favoriser le contrôle biologique des aleurodes en nettoyant la fumagine et le miellat recouvrant les larves des aleurodes en diminuant leur protection face aux attaques de différents parasitoïdes. Cette hypothèse peut justifier le taux de parasitisme relativement élevée enregistré au niveau de ce verger même en présence d'une masse cotonneuse recouvrant et protégeant les larves de l'aleurode floconneux.

3.2 La faune auxiliaire associée à l'aleurode des citrus *Dialeurodes citri*

Hormis l'absence des prédateurs en période hivernale en raison de l'entrée en dormance de leurs aleurodes proies, l'activité prédatrice diffère d'un verger à l'autre et présente un nombre de pics variables.

Au cours de la période estivo-automnale (2013-2016), les prédateurs capturés mensuellement étaient nombreux au niveau de tous les vergers,

particulièrement dans le verger de Chlef 1 plus infesté et par conséquent présentant une plus grande disponibilité de proies. Saharaoui et Hemptinne [223], ont noté que la majorité de la richesse des prédateurs au niveau des agroécosystèmes se produit aux dépens des ravageurs de la première poussée de sève, dont les particularités pourraient affecter la fécondité, la croissance démographique et la survie des prédateurs d'insectes phytophages [280].

Les prédateurs peuvent répondre à l'abondance de leurs proies par l'augmentation de leurs effectifs soit par immigration ou par croissance de leurs populations [103].

En revanche, l'abondance des parasitoïdes associés à *D.citri* a été relativement faible au niveau de tous les vergers. Néanmoins, leur activité coïncide avec les périodes d'émergence de leurs proies en période printano-estivale et automnale. Même en présence d'un cortège auxiliaire diversifié composé d'espèces hyménoptères parasitoïdes appartenant aux genres *Encarsia* et *Eretmocerus*, le parasitisme de *D. citri* a été insuffisant.

Les prédateurs associés à l'aleurode des citrus regroupent une coccinelle prédatrice spécifique (*Clitostethus arcuatus*) et trois espèces appartenant à l'ordre des névroptères et la famille des Coniopterygidae *Chrysoperla carnea*, *Semidalis aleyrodiformis* et *Conwentzia psociformis* seule espèce capturée seulement au niveau des pièges englués à Chlef 1.

Plusieurs auteurs rapportent le pouvoir de régulation de *D.citri* par *C.arcuatus* [46]; [140]; [281]; [282]. En Algérie, Benmessaoud-Boukhalfa [58] signale le rôle de *C.arcuatus*, dans la réduction de la population d'aleurode de Citrus à Mitidja.

Dans les conditions de cette étude, la coccinelle prédatrice *C.arcuatus*, a été capturée au niveau de tous les vergers, mais avec des fluctuations d'abondance différentes d'un verger à l'autre, et un nombre d'adultes capturés relativement élevé au niveau du verger de Chlef 1. Les principales périodes d'activité ont été constatées au cours de la période automnale en septembre et en

période printano-estivale s'étalant d'avril à mai. Liotta [144] rapporte qu'en Italie, *C.arcuatus* présente quatre générations par année, contre une seule génération en Géorgie.

Les captures d'adultes de l'aleurode des citrus *D.citri* correspondant à la première génération en septembre 2013 sont nettement inférieures à celles de la deuxième génération en avril 2014 au niveau du verger de Chlef 1, contrairement aux autres vergers dont la première génération se caractérise par une abondance élevée. Ces résultats nous poussent à conclure que le nombre important d'adultes de *C.arcuatus* a pu réduire les populations adultes de la génération automnale de *D.citri* sans pour autant avoir un effet sur la deuxième génération en avril, probablement en raison de la préférence des adultes vis-à-vis des œufs fraîchement déposés. L'espèce *C.arcuatus* se nourrit de tous les stades de développement des Aleyrodidae [143], elle assure une bonne limitation de *D.citri* sur les pousses des agrumes en absorbant 50 œufs quotidiennement [103].

Au niveau de tous les vergers étudiés, c'est le prédateur le plus capturé entre juillet 2013 à juin 2016. Néanmoins, les grandes pullulations de *D.citri* et les dégâts engendrés sur le feuillage laissent penser que cette coccinelle n'a pas pu faire face à des milliers d'adultes et d'œufs de *D.citri* déposés sur le feuillage des citrus. En plus de leur vulnérabilité aux changements climatiques et à l'impact de la pollution, Woin et al [283], précisent que les coccinelles prédatrices dont *C.arcuatus* sont aussi très vulnérables à la densité de leurs proies. Onillon [103], mentionne qu'il existe une relation étroite entre la biologie du prédateur et celle des proies, mais lorsque les œufs de *D.citri* deviennent rare, cette coccinelle s'alimente des œufs d'acariens et des cochenilles diaspines.

La présence des trois espèces de Coniopterygidae, est relativement faible au niveau des pièges englués par rapport à *C.arcuatus*. Le représentant le plus abondant est *S.aleyrodiformis*. Leurs périodes d'activité sont observées en automne 2013, 2014, 2015 et pendant la période printano-estivale 2014, 2015, 2016, coïncidant avec les périodes de grandes activités de l'aleurode des citrus.

Nous pouvons conclure que les trois espèces névroptères s'attaquent aux deux générations annuelles de *D.citri* sans avoir la capacité de diminuer notablement les populations du ravageur.

Garcia-mari [140], rapporte que les larves et les adultes de *S.aleyrodiformis* se nourrissent de tous les stades de *D.citri* : une larve est capable de consommer entre 70 et 130 œufs et larves tout au long de sa vie. Fortement sensibles aux pesticides, absents au niveau de nos vergers, il peut être favorisé par certaines conditions environnementales ou pratiques culturales.

Nos résultats concordent avec ceux rapportés par Soto [46] et Bru [284], qui signalent que les captures de *S.aleyrodiformis* sont plus abondantes que celles de *C.psociformis*. Gomar [196], indique que *C.psociformis* semble souffrir plus précisément des effets des températures estivales élevées, puisqu'elle disparaît pratiquement à cette période d'après nos observations. Cette espèce est caractérisée par sa faible abondance et a été répertoriée au niveau d'un seul verger sur les cinq échantillonnés, elle est considérée comme l'un des principaux prédateurs qui s'attaquent à l'aleurode des citrus Agekyan, 1979 in [140], mais Soto [46], estime que son efficacité comme agent de régulation biologique contre les aleurodes n'est pas très élevée.

L'activité de *C.carnea* se limite à la réduction d'un faible nombre d'adultes et d'œufs de *D.citri* et son effet sur les populations globales de l'aleurode des citrus demeure trop faible vu l'importance des pullulations de cet aleurode au niveau de tous les vergers. En Turquie, ce névroptère est, considéré comme prédateur principal de *D.citri* [137].

Les populations de *C.carnea* augmentent au printemps, et atteignent leur maximum en juin-juillet, puis diminuent et disparaissent à partir de septembre [151]. Une fois que les populations d'aleurodes sont devenues abondantes, ce prédateur qui se nourrissait auparavant de proies autres que les aleurodes en raison de sa disponibilité relative, s'est déplacé pour inclure les aleurodes dans son régime [119].

D'après Garcia-mari [140], *C.carnea* est généralement bien distribué au niveau de la plupart des vergers d'agrumes en Espagne, grâce à sa mobilité, sa polyphagie et surtout à sa résistance aux pesticides contrairement à *S.aleyrodiformis*.

L'incidence des prédateurs peut être cependant influencée et décroît également avec l'augmentation de la température en raison du raccourcissement de la durée du développement [285]; [286]. Aussi, ils sont d'autant plus sensibles à l'augmentation des précipitations qui vont réduire fortement leur capacité de déplacement et de recherche des proies [286].

Les abondances des parasitoïdes appartenant aux Aphelinidae ont été évaluées par des captures à travers des pièges adhésifs dans plusieurs études [287] ; [288].

Les captures des parasitoïdes totalisent six espèces différentes appartenant à la famille des Aphelinidae, dont quatre espèces du genre *Encarsia*, une du genre *Eretmocerus* et *Cales noacki*. A l'exception de la parcelle d'oranger de Boukader, leurs abondances étaient faibles au niveau du reste des vergers et se caractérisent par une succession de plusieurs pics enregistrés en particulier en période estivo-automnale et printanière.

La période du novembre et octobre 2013, 2014, 2015, se caractérise par des grandes captures des différents parasitoïdes. Néanmoins, au cours de la période d'échantillonnage du juillet 2013 à juin 2016, un très faible nombre de larves parasitées au sein des populations larvaires de *D.citri* a été signalé. Ceci peut s'expliquer par les difficultés d'installation des parasitoïdes sur les larves de *D.citri* en raison des conditions agro-écologiques défavorables. En effet, plusieurs essais d'acclimatation des espèces du genre *Encarsia* menés par Lloréns [255] en Espagne (principal parasitoïde de *D.citri*) ont échoués. Soto [46], explique que cet échec d'installation et d'acclimatation peut-être dû à la biologie compliquée de ces hyménoptères parasitoïdes.

Cependant, en présence d'un taux de parasitisme trop faible voire négligeable au niveau des populations larvaires de *D.citri*, nous pouvons supposer que les parasitoïdes capturés étaient juste de passage, et ils ont été capturés à travers les pièges installés à une hauteur d'un mètre et demi permettant d'attraper les insectes volants à cette hauteur, expliquant ainsi le nombre relativement important de parasitoïdes capturés au niveau de la parcelle de Boukader située à côté de plusieurs parcelles de citrus plantées par différentes variétés. Néanmoins, cette hypothèse peut ne pas être valable si on compare les périodes de sortie de ces hyménoptères parasitoïdes qui correspondent généralement aux périodes d'émergence des adultes de *D.citri* laissant penser que les larves parasitées de *D.citri* ont donné naissance à des hyménoptères adultes presque au cours de la même période que les larves non parasitées de *D.citri*.

Nos résultats coïncident avec ceux de Soto [46], qui a estimé que les adultes d'*Encarsia* capturés ont été nombreux, notamment au printemps, à la fin de l'été et en automne, mais les taux du parasitisme trouvés chez les populations larvaires de *D.citri* étaient très faibles.

L'explication du nombre négligeable des larves parasitées même en présence des captures d'adultes de parasitoïdes au niveau des cinq vergers d'étude, peut être en relation avec la méthode d'échantillonnage qui se base sur le prélèvement des feuilles infestées à une hauteur d'homme au niveau de la frondaison, sur les quatre directions sans pour autant prélever des échantillons du haut ou même au centre de l'arbre, endroits pouvant abriter des larves parasitées.

Enfin, Soto [46], rapporte que pour l'évaluation de l'abondance des populations hyménoptères parasitoïdes d'aleurodes en particulier ceux appartenant au genre *Encarsia*, il est plus approprié de recourir à des pièges à eau, car ils sont plus efficaces et détectent mieux les changements dans les densités de population. D'un autre côté, les pièges adhésifs sont plus appropriés pour *Cales* et *Eretmocerus*. Nous signalons qu'au début de notre échantillonnage, nous avons installé trois pièges jaunes à eau afin de capturer la faune auxiliaire hébergeant le centre de l'arbre, mais sans résultats concrets.

4 Communauté auxiliaire associée aux ravageurs des agrumes au niveau du verger de Chlef 1 (aout 2013- juillet 2014)

Les premiers résultats obtenus montrent une régression de la diversité de la faune auxiliaire capturée au cours de la période allant d'aout 2013 à juillet 2014 (40 taxons) contre 46 taxons identifiés et répertoriés au niveau du même verger au cours de la période d'aout 2012 à juillet 2013 [289]. Cette diminution de la diversité est probablement due à plusieurs facteurs d'ordre agro-écologique ou à cause de la pression de sélection au sein de la faune auxiliaire circulante au niveau du verger de Chlef 1.

En général, les taxons d'ennemis naturels sont appréhendés par leurs traits fonctionnels ainsi que leur richesse spécifique qui dépendent exclusivement de deux facteurs [290]; [291]: le pool d'espèces disponibles arrivant sur un site particulier ainsi que les interactions écologiques produites entre les différents taxons. Certains facteurs du milieu comme les travaux d'entretien peuvent aussi agir comme des filtres déterminant ainsi la composition de la faune circulante au niveau des vergers [292]; [291].

Les conditions abiotiques ainsi que les pratiques agricoles mises en œuvre au niveau de la parcelle sont des facteurs du milieu pouvant agir comme des filtres qui vont déterminer la composition des communautés locales à partir du pool d'espèces disponibles à un niveau régional [292]; [291]. En effet, chaque filtre spécifique opère sur des traits particuliers des espèces appelés traits de réponse aux conditions d'habitat et le niveau de ressources [293]; [294].

En Algérie, et particulièrement au niveau de la région agrumicole de Mitidja, des inventaires d'ennemis naturels (aphidiphages, coccidiphages) ont eu lieu [59];[221];[222];[223];[295]; révélant ainsi la présence d'un cortège aphidiphage englobant des espèces appartenant Aphidiinae, Aphelinidae, Cecidomyiidae, Anthocoridae, Syrphidae, Chrysopidae, Coccinellidae et des Nutilidae, avec une dominance d'une coccinellidae (*S.subvillosus*). En effet, et comparativement aux travaux réalisés au niveau de la région agrumicole de Mitidja, le complexe entomophage au niveau du verger de Chlef 1, semblent être important, regroupant 40 taxons appartenant à des différentes espèces d'ennemis naturels. Cette grande diversité peut être due à l'absence

de traitements phytosanitaires nuisibles pour la plupart des axillaires mais aussi en raison de la présence d'une grande quantité de nourriture représentés par une variété de ravageurs appartenant à différentes espèces.

Au niveau du verger de Chlef 1, les prédateurs englobe des espèces appartenant aux ordres de Coleoptera Cucujoïdea et Neuroptera, mais en particulier des espèces appartenant aux familles des Coniopterygidae, des Chrysopidae et des Coccinellidae, ces dernières contribuent à la régulation biologiques de plusieurs espèces de ravageurs [296].

Le groupe des prédateurs (Coleoptera Cucujoïdea et Neuroptera) englobe des Coccinellidae, des Chrysopidae et des Coniopterygidae. Les espèces appartenant aux Coccinellidae contribuent à la régulation des populations de ravageurs [296]. Alhemidi et al [297], rapportent que le chrysope vert (*C.carnea*) est considéré comme un prédateur polyphage et se nourrit d'une grande variété de ravageurs, contrairement à la coccinelle prédatrice *S.subvillosus* qui s'attaque exclusivement au puceron vert des agrumes.

En absence de parasitoïde spécifique de l'aleurode des citrus, et malgré la présence de ses principaux prédateurs (*C.arcuatus* et *S.aleyrodiformis*) [223]; [298], cette mouche blanche continue de pulluler et de se multiplier au niveau du verger de clémentinier en provoquant des dégâts considérables. La coccinelle prédatrice *C.arcuatus* inventoriée au cours de la période printanière jusqu'au début de la période estivale en juin, son activité diminue sensiblement à la fin de l'été tandis qu'elle reprend en automne mais avec de faibles abondances.

Contrairement à *C.arcuatus*, le chrysope vert *C.carnea* a été répertoriés sous ses trois stades de développement (Œufs, adultes et larves) au niveau de la frondaison, il est active durant la période estivo-automnale et presque en faible abondance en période printanière. En effet, Alhemidi et al [297], rapportent que *C.carnea* est très efficace dans la régulation biologique de certains ravageurs, mais leurs faibles abondances peuvent n'avoir que peu d'efficacité à l'égard de ses proies.

Cependant, et contrairement aux prédateurs, les parasitoïdes ont été les plus représentés avec 32 espèces appartenant à différentes familles (Aphelinidae, Mymaridae, Encyrtidae et Eulophidae) dont deux parasitoïdes spécifiques de la mineuse des agrumes (*Pnigalio sp* et *Citrostichus phyllicnistoïdes*) déjà signalés dans plusieurs régions agrumicoles algériennes [221]; [223]; [299], ainsi qu'au niveau de certains pays du monde [300]; [301]; [302]; [298].

Trois espèces de parasitoïdes appartenant aux genres *Encarsia*, *Cales* et avec moins d'importance pour *Eretmocerus* ont été répertoriées, considérées ainsi comme de parasitoïdes spécifiques aux aleurodes [30], mais ne présentait qu'un très faible pourcentage de contribution aux différences de composition entre les groupes saisonniers d'auxiliaires recensés dans le verger de clémentinier et n'exerçait que de très faible activité de régulation biologique sur les populations de mouches blanches attaquant les *citrus* de Chlef 1.

Les *Encarsia* s'installent tardivement par rapport aux Platigastridae qui arrivent les premiers à coloniser la frondaison expliquant ainsi leur faible abondance et leurs très faibles incidences sur les populations d'aleurodes par leurs incapacités à coloniser des niches écologiques en premiers. En absence de traitements chimiques toxiques, ce retard d'installation peut être dû à certains facteurs limitant tel que les températures supérieures enregistrées au niveau de la région.

En effet, le groupe de parasitoïdes primaire et secondaire renferme des espèces appartenant à quatre familles différentes (Pteromalidae, Ichneumonidae, Braconidae, platygastridae), cette dernière, regroupe des parasitoïdes s'alimentant d'œufs de Cecidomyiidae, de coléoptères ou de certains homoptères, mais ils s'attaquent aussi aux larves de cochenille et d'aleurode. Ces auxiliaires peuvent être impliqués dans différentes cascades trophiques, résultant de leurs interactions directes ou indirectes au sein de la guildes des espèces prédatrices et parasitoïdes [303]. Certaines espèces d'hyperparasitoïdes (*Asaphes sp*, *Pachyneuron sp*, *Syrphophagus sp*) sont considérées comme les communes en Turquie [304], contre les

hyperparasitoïdes du puceron vert (*Syrphophagus aphidivorus*, *Alloxysta* sp) en Espagne [305].

La faible efficacité de la régulation naturelle au niveau du verger d'étude peut être due à la présence des hyperparasitoïdes exerçant une prédation intragilde contre les parasitoïdes. Nous avons vu que leurs abondances relatives n'était pas négligeable. Ces derniers ont été identifiés comme prédateurs intragilde occupant un même hôte tout en limitant sa croissance par la diminution de sa densité et de ses ressources [303]. La distraction du prédateur est due en grande partie à la densité et l'aspect spatial de la répartition des espèces proies [306].

L'absence d'entretien du verger laisse supposer la persistance d'un couvert végétal permanent dans le verger de clémentinier. Nos résultats ont mis en évidence des diversités et une structure des communautés significativement différentes selon la saison. L'augmentation ou la diminution des températures au cours de la saison pourrait impacter sur la disponibilité ou la raréfaction des ressources nutritives préférées par les entomophages et par conséquent leur apparition dans le verger.

5 Influence du couvert végétal sur les auxiliaires

Les plantes adventices peuvent jouer un rôle important pour la faune auxiliaire, en leur offrant l'alimentation nécessaire composée de pollen, nectar, proies ainsi comme d'hôtes secondaires, et la plupart des auxiliaires au stade adulte se nourrissent du nectar et de pollen.

Dans les systèmes complexes, les ennemis naturels, qu'ils soient généralistes ou spécialistes, assurent une reproduction et une longévité efficaces en ayant plus de ressources en pollen et en nectar au cours de la saison [307]. Plusieurs auteurs ont affirmé que les populations d'insectes sont plus stables dans les communautés de vergers complexes, car un habitat diversifié peut maintenir une population adéquate du ravageur ainsi que ses auxiliaires à un moment critique [308].

Il est a signalé que les vergers agrumicoles de Chlef caractérisés par un couvert végétal important étaient les plus riches en auxiliaires parasitoïdes associés aux ravageurs Aleyrodidae notamment le verger de Oued sly et Boukader, reflétant ainsi l'intérêt des fleurs d'adventices dans le diversité et l'abondance des ennemis naturels parasitoïdes au niveau des vergers.

Gomar [196], rapporte que les parasitoïdes du genre *Encarsia* vont aussi aux couvertures végétales en cherchant refuge, microclimat ou alimentation alternative. Ces résultats pourraient suggérer que la présence de couvert végétal pourrait favoriser cette espèce.

Il est bien connu que le nectar et le pollen ont une influence significative sur les parasitoïdes et dans la plupart des cas, la diversité des espèces végétales à l'intérieur des agroécosystèmes peut être essentielle à raison de la présence d'une grande variété de pollens affectant différemment la fécondité et la longévité des parasitoïdes [309]. Il est amplement prouvé que la diversité de la végétation peut avoir des effets positifs, négatifs, directs ou indirects sur les populations d'insectes phytophages et d'ennemis naturels associés [310]; [311]. En effet, Il a été montré que le remplacement de la végétation naturelle par des monocultures réduit significativement l'efficacité du contrôle biologique qui dépend essentiellement à la présence des plantes sauvages dans le paysage agricole [312].

Certaines mauvaises herbes devraient être considérées comme des composants importants des agroécosystèmes, qui peuvent affecter positivement la biologie et la dynamique des insectes utiles [310]. En effet, parmi les plantes présentant un intérêt dans l'alimentation des ennemis naturels figurent les Apiacées, les Asteracées, et les Fabacées, mais les adventices appartenant aux Brassicaceae se sont révélées être de bonnes sources de nectar, augmentant la longévité des femelles de 5 à 10 fois et la fécondité de 100 fois par rapport aux nectars de la fleur des autres espèces [313].

La contribution potentielle d'une source d'hydrates de carbone à l'alimentation des prédateurs et des parasitoïdes dépend de sa disponibilité, de son apparition, de son accessibilité, de sa composition nutritionnelle et des risques liés à la recherche de nourriture associés à son exploitation [314].

Sachant que la plupart des parasitoïdes obtiennent leurs alimentation à partir des hôtes, d'autres nécessitent d'autres aliments comme le nectar floral entraînant ainsi une augmentation du taux de parasitisme [315]. La plupart du nectar est principalement composé de saccharose et de ses composants hexose glucose et fructose, le système digestif des parasitoïdes est bien adapté à la reconnaissance et à la digestion de ces principaux sucres de nectar [316]. Certains insectes prédateurs comme les Coccinellidae et les chrysopes s'alimentent du nectar floral et du pollen [317]. Pemberton et Van denberg [318] ont observé 41 espèces de coccinelles adultes (Coleoptera: Coccinellidae), prédateurs voraces de ravageurs tels que les pucerons, se nourrissant de nectar extra-floraux de diverses plantes.

En effet, les plantes spontanées et adventices à l'intérieur et autour des champs cultivés hébergent des hôtes/proies alternatifs pour les ennemis naturels, fournissant ainsi des ressources saisonnières pour combler les lacunes du cycle de vie des insectes entomophages et des ravageurs [310]. Les plantes fournissent des ressources non hôtes directement aux ennemis naturels, indirectement, ou en tant que microclimats modérés. Ces paramètres peuvent affecter de manière significative le succès ou l'échec des ennemis naturels dans la lutte biologique contre les insectes nuisibles et les mauvaises herbes [319].

À Hawaii, la présence de plantes nectarifères a permis d'augmenter les niveaux de population du parasite du charançon de la canne à sucre, *Lixophaga sphenophori* et d'accroître son efficacité [320].

Mayse et Price [321], rapportent que le nombre moyen d'espèces d'herbivores et de prédateurs/parasitoïdes par espace d'habitat dans les champs de soja était plus élevé au bord qu'au centre du champ. Au niveau des vergers de

pommiers, il a été montré que la culture d'une couverture de haricots, *Vicia faba*, diminue l'infestation par le carpocapse, cette diminution d'infestation est corrélée de manière significative avec le nombre croissant de prédateurs (Coccinellidae, Syrphidae et Chrysopidae) présents sur les arbres avec des haricots [310]. Les adventices poussant au niveau des vergers agrumicoles sont considérés comme des sources supplémentaires des ennemis naturels [322].

En effet, les populations d'auxiliaires hébergeant les adventices peuvent remplacer les ennemis naturels éliminés au niveau des arbres d'agrumes suite aux traitements phytosanitaires. Cela suggère que la plantation ou la conservation des mauvaises herbes, pourrait constituer une méthode efficace pour enrichir la faune ennemie naturelle des agrumes, contribuant ainsi à contrôler les ravageurs nuisibles dans les vergers d'agrumes [323]. Par exemple, en fournissant des refuges pour les auxiliaires comme les mauvaises herbes et en utilisant moins de pesticides chimiques, les dommages causés par les aleurodes ont été réduits de 9,2 à 37% au niveau des vergers agrumicoles en Chine [324].

Une étude comparative des vergers agrumicoles avec et sans adventices a montré que la biodiversité des ennemis naturels était 65% plus grande dans les vergers avec des adventices par rapport aux vergers exempts de mauvaises herbes. De plus, les refuges aident à maintenir les populations de prédateurs et réduisent le besoin de réintroduction d'année en année [325]. La plantation de plantes spontanées dans les vergers d'agrumes peut non seulement attirer et maintenir les populations d'ennemis naturels en fournissant des ressources alimentaires alternatives, mais aussi améliorer l'environnement et accroître la densité et la diversité des écosystèmes agrumicoles [326].

Chapitre V: Conclusion

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les agrumes considérés comme les principales productions fruitières en région méditerranéenne et en particulier en Algérie, sont soumises à des attaques multiples de ravageurs et des pathogènes causant des dommages considérables. Les mouches blanches figurent parmi les ravageurs phares s'attaquant aux citrus. Les études réalisées sur la dynamique de leurs populations en Algérie ont relevé des situations d'infestation permanente et parfois récurrente, nécessitant une prise en charge phytosanitaire régulière et à long terme.

De nos jours, les aleurodes restent une contrainte potentielle pour les vergers agrumicoles qui nécessite l'adoption de méthodes de lutte biologique et intégrée. En raison de l'intensification des échanges internationaux et du réchauffement du climat, l'invasion et la pullulation de ces homoptères sont maintenant régulièrement observés.

Les résultats de nos prospections dans la région agrumicole de Chlef ont révélé l'existence de deux espèces d'Aleyrodidae inféodées aux agrumes, présentant des fluctuations complètement différentes durant la période s'étalant de juillet 2013 à juin 2016. L'espèce la plus représentée a été l'aleurode des citrus *Dialeurodes citri*, repérée dans cinq vergers sur les six échantillonnés. Les populations adultes de *D.citri* ont la même tendance évolutive au niveau des cinq vergers et se caractérisent par deux pics d'infestation durant le mois de septembre et mai. A l'opposé, les populations larvaires manifestent des infestations différentes d'un verger à l'autre. En effet, le verger des clémentiniers est le plus infesté et se caractérise par la présence d'un feuillage dense offrant ainsi des conditions adéquates pour l'apparition d'importantes infestations. Ajoutant à cela, l'absence des traitements phytosanitaires qui peuvent causer des mortalités au sein des populations de *D.citri*.

Au niveau des écosystèmes agrumicoles, les fluctuations des populations des aleurodes sont en effet tributaires des facteurs climatiques, en particulier la

température, qui détermine ainsi leur répartition et le développement de leurs populations.

Nous avons montré que l'évolution des infestations provoquées par les populations adultes de *D.citri* était corrélée avec les températures notamment. Les périodes de grandes activités ont eu lieu sous des températures moyennes avoisinant 26°C en période automnale, et 19°C en période printano-estivale. Les adultes ont été observés sur le feuillage même en présence de températures relativement élevées avoisinant 34°C (juin 2016). Les basses températures semblent néanmoins affecter l'activité des populations adultes en période hivernale en présence de valeurs minimales enregistrées qui avoisinent 6°C. Durant cette période saisonnière, les larves hivernent au troisième et quatrième stade sur 5 à 6 mois d'après nos observations.

Les taux d'infestation par les larves sont importants durant presque toute l'année à l'exception des deux périodes d'émergence des adultes, résultant de la transformation d'un grand nombre de larves hivernantes en adultes males ou le plus souvent en adultes femelles sous des conditions climatiques favorables. Il a été observé que les larves de *D.citri* peuvent survivre en grand nombre en présence des températures estivales relativement élevée atteignant jusqu'à 41°C et sous des températures basses enregistrés en période hivernale avoisinant 6°C. Cette résistance est due en partie à l'emplacement des larves sur la face inférieure des feuilles leur offrant l'ombre nécessaire pour s'adapter aux grandes chaleurs estivales caractéristiques de la région. Généralement, les vents modérés (9 à 10 km/h) et les humidités moyennes (47 à 60%) ont été favorables aux populations de l'aleurode des citrus.

L'émergence des adultes de l'aleurode des citrus est tributaire des conditions climatiques, mais aussi de la disponibilité de la nourriture nécessaire pour les populations larvaires. Il a été remarqué au niveau des vergers étudiés de la région de Chlef que les adultes de *D.citri* préfèrent pondre leurs œufs sur la face inférieure des feuilles nouvellement formées permettant ainsi une alimentation équilibrée. Ces jeunes pousses apparaissent en grand nombre au cours des trois poussées de sèves caractéristiques des agrumes en période

printanière, estivale et automnale. En effet, nous avons noté que les premiers adultes signalés au printemps ont déposés leurs œufs sur les premières feuilles tendres de la poussée printanière. Tan disques les adultes de la deuxième génération automnale ont été signalés sur les dernières jeunes feuilles de la poussée estivale et les premières feuilles de la poussée automnale.

Contrairement à l'aleurode des citrus *D.citri*, les populations adultes de l'aleurode floconneux *Aleurothrixus floccosus* au niveau du verger de Oued Sly présentaient trois principaux pics d'abondance : en juin, septembre, et novembre sous des températures moyennes variant entre 18 à 26°C. Il a été remarqué que les précipitations affectent les populations adultes d'une façon très marquée, où nous avons noté les faibles abondances des populations adultes en périodes de grande pluviométrie. Comme pour le cas de *D.citri*, les populations larvaires de l'aleurode floconneux provoquent des infestations sur la face inférieure du feuillage durant toute l'année, mais avec un ralentissement en période hivernale correspondant à la phase d'hivernation de cet aleurode qui est relativement courte par rapport à celle de l'aleurode des citrus *D.citri* au cours du mois de décembre 2013 et janvier 2014.

En effet, les premiers adultes d'*A.floccosus* repérés sur le feuillage de l'oranger ont été signalés conjointement avec le début de sorties des jeunes feuilles de la poussée de sève printanière, estivale et automnale. Les adultes de cet aleurode préfèrent s'installer sur les jeunes feuilles leur offrant les meilleures conditions d'alimentation.

Les résultats auxquels nous avons abouti renseignent que l'évolution des fluctuations des populations des deux espèces d'aleurodes inféodées aux agrumes au niveau de la région de Chlef ne dépend pas seulement des conditions climatiques comme la température et l'humidité, mais aussi de la phénologie des citrus en particulier les périodes de sorties des jeunes pousses correspondantes aux trois poussées de sèves.

L'évolution des états larvaires de l'aleurode des citrus a révélée l'existence d'un taux de parasitisme par *C.noacki* très négligeable ne dépassant pas 0,1% par

rapport à celui observé chez l'aleurode floconneux qui dépasse 70%. Nous avançons que l'activité de régulation biologique de cet hyménoptère parasitoïde reste insuffisante face aux grandes pullulations de l'aleurode floconneux dans la région d'étude.

La répartition des populations adultes des deux espèces d'Aleyrodidae se caractérise par une préférence pour les expositions nord et sud de la frondaison pendant les périodes estivale et automnale. Ce comportement serait adopté pour se protéger de l'effet des températures élevées (37 à 41°C en été, 32 à 34°C en automne) enregistrées au niveau de la région et pour exploiter les ressources nutritives du jeune feuillage abondant au niveau de ces deux expositions. En période printanière, il a été constaté par contre que ces adultes changent de stratégie, car ils colonisent l'exposition Est pour profiter de l'effet de l'ensoleillement au cours de cette période caractérisée par de basses températures (6 à 10°C). Les populations larvaires ont eu les mêmes tendances de répartition que les adultes, préférant l'exposition nord et sud en période estivale et automnale, contre la direction Est au printemps.

La compréhension des relations tri-trophiques entre les plantes hôtes, les populations d'Aleyrodidae et leurs protagonistes constitue un élément primordial pour adapter les écosystèmes agrumicoles à la mise en place d'un programme de lutte intégrée.

Les ennemis naturels associés aux deux espèces d'aleurodes regroupent des prédateurs et parasitoïdes spécifiques et généralistes. L'aleurode floconneux compte trois parasitoïdes qui lui sont inféodés: *Cales noacki*, *Encarsia* sp1 et *Eretmocerus* sp, et trois prédateurs dont un spécifique, *Clitostethus arcuatus* et deux généralistes *Semidalis aleyrodiformis* et *Chrysoperla carnea*. Les résultats du suivi des abondances de ces auxiliaires indiquent, une activité de régulation insuffisante face à la succession des générations d'*A.floccosus* provoquant une colonisation continue du feuillage de l'oranger. Néanmoins, la coccinelle prédatrice *C.arcuatus* a été le prédateur le plus capturé à travers les pièges englués. Nous pouvons dire que cette espèce participe activement à la réduction

des populations de l'aleurode floconneux sans pour autant avoir un effet conséquent sur la diminution de la densité de la population globale du ravageur.

D'une façon générale, malgré la présence d'un cortège auxiliaire diversifié, cet aleurode a continué à exploiter et coloniser la frondaison du verger de l'oranger durant les trois poussées de sève en réalisant des infestations importantes sur les jeunes feuilles nouvellement développées. Ceci peut s'expliquer par le fait que la vitesse de multiplication et de développement des aleurodiphages a été moins importante que celle de l'aleurode floconneux.

Contrairement à l'aleurode floconneux, les populations de l'aleurode des citrus semblent être associées à quatre prédateurs (*C.arcuatus*, *C.carnea*, *S.aleyrodiformis* et *C.psociformis*). L'espèce *C.arcuatus* a été la plus abondante au niveau des cinq vergers d'étude constitués de clémentinier et oranger. Cependant, les grandes pullulations de *D.citri* et le nombre élevé d'œufs pondus n'ont pas permis aux populations de la coccinelle d'être efficaces pour réduire les populations de cet aleurode. L'impact des autres espèces prédatrices reste faible en raison des fortes fluctuations de cet aleurode, et de la disponibilité de différentes proies secondaires, rendant ces auxiliaires polyphages et donc peu efficaces. Des taux de parasitisme négligeables ont été constatés au niveau des populations de *D.citri* au niveau de tous les vergers pouvant être causé non seulement par l'important taux et vitesse de multiplication de cet aleurode, mais aussi de l'attractivité du couvert végétal y compris les plants d'agrumes d'autres parcelles environnantes aux vergers d'étude. Une autre hypothèse avancée relative à des contraintes d'adaptation des parasitoïdes notamment pourrait expliquer ce faible taux. L'absence de traitements insecticides au niveau de la région agrumicole de Chlef semble avoir favorisé par ailleurs la pullulation et l'évolution des infestations dues aux aleurodes au niveau des vergers d'études.

Enfin, nous pouvons conclure qu'il existe des différences dans la distribution des populations larvaires et adultes entre l'aleurode des citrus et l'aleurode floconneux selon les orientations spatiales. Cependant ces différences peuvent être influencées par de plusieurs facteurs, de sorte qu'il est fréquent de

trouver dans certains échantillons des résultats contradictoires ou différents, soit parmi des auteurs différents ou entre des échantillons dans le même travail.

Les résultats auxquels nous avons abouti sur l'étude des communautés saisonnières d'insectes bénéfiques sur clémentinier à Chlef 1 ont révélé globalement une disponibilité importante et diversifiée en entomophages parasitoïdes notamment. Les richesses et les diversités constatées témoignent de l'homogénéité de ces communautés pour la première fois étudiées dans la région.

Comme la présence d'un cortège auxiliaire diversifié ne peut en aucun cas assurer une meilleure protection du clémentinier, les différences de contribution des différents taxons inventoriés pourraient être considérées. Cela, afin d'éclaircir certains paramètres bioécologiques des espèces recensées d'une part et d'apprécier éventuellement leur potentiel entomophage d'autre part.

Contrairement à ce qu'ils pensent beaucoup de gens, les mauvaises herbes peuvent être un moyen très efficace pour maintenir, développer et protéger les auxiliaires parasitoïdes en assurant une source alimentaire permanente et refuge pour les adultes de la plupart des parasitoïdes utiles.

Globalement et en conformité avec les pratiques de contrôle phytosanitaire internationale, l'application des stratégies de protection intégrée en culture d'agrumes se fait ressentir particulièrement chez des producteurs pilotes. Cela nécessite des méthodes d'échantillonnage relativement simples et fiables pour quantifier les populations de ravageurs avec leurs auxiliaires et faciliter la prise de décision pour l'application des traitements et juger de leur fréquence en temps opportun.

Il est important de mettre en place des stratégies de lutte de manière à tenir compte de tout l'agro-écosystème constitué par les plantations de *Citrus*.

A l'issue de ce travail, il semble qu'un certain nombre de points pourraient bénéficier d'études approfondies. Il serait souhaitable de poursuivre l'étude de la dynamique de populations des populations Aleyrodidae ainsi que leur cortège

auxiliaire associé au niveau des vergers agrumicoles à travers toutes les régions d'Algérie, afin de découvrir d'éventuelle nouvelles espèces utiles pouvant jouer un rôle déterminant dans les futurs programmes de lutte intégrée.

La recherche de facteurs permettant d'expliquer le faible taux de parasitisme des aleurodes serait également pertinente dans les vergers agrumicoles où les plants d'agrumes se trouvent alternés avec des plants de pêchers ou bien à proximité d'autres agrosystèmes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **LOUSSERT R., 1985.** Les agrumes I. Ed. J.B. Baillière, Paris, 136 p.
2. **SIMMONS D., 2016.** Citrus fruits production, consumption and health benefits. Nova Science Publishers, Inc. New York, 192p.
3. **DUARTE A., FERNANDES J., BERNARDES J., MIGUEL G., 2016.** Citrus as a component of the Mediterranean diet. *Journal of Spatial and Organizational Dynamics* 4, 289-304.
4. **GORINSTEIN S., MARTIN-BELLOSO O., PARK Y.S., HARUENKIT R., LOJEK A., CÍZ M., CASPI A., LIBMAN I., & TRAKHTENBERG S., 2001.** Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food chemistry* 74, 309-315.
5. **FAO., 2016.** Citrus fruit statistics 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 1-46.
6. **FAO., 2017.** Citrus fruit fresh and processed statistical bulletin 2016. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Rome, 1-66.
7. **FAO., 2018.** Citrus statistics. Consulté le 12 janvier 2018. <http://www.fao.org/docrep/U5000E/U5000E0b.htm#Chapter%208:%20Algeria>.
8. **BELLABAS A., 2011.** Etude de Base sur les Agrumes en Algérie. Ed1, Food and Agriculture Organization, Rome. 5-7.
9. **CNES (Conseil National Economique et Social), 2000.** Problématique de développement agricole: éléments pour un débat national. 14^{ème} session plénière, National Report, Algiers.
10. **ANONYME (A), 2016.** Citrus Pest Identification and Management Guide. The Alabama Cooperative Extension System, 1-9 p.
11. **YIGIT A., CANHILAL R., EKMEKCI U., 2003.** Seasonal Population Fluctuations of *Serangium parcesetosum* (Coleoptera: Coccinellidae), a Predator of Citrus Whitefly, *Dialeurodes citri* (Homoptera: Aleyrodidae) in Turkey's Eastern Mediterranean Citrus Groves, *Environ. Entomol*, 32 (5):1105–1114.
12. **UYGUN N., SATAR S., 2008.** The Current Situation Of Citrus Pest and Their Control Methods in Turkey. *Integrated Control in Citrus Fruit Crops*, 38: 2-9.
13. **SAHRAOUI N., 2010.** Filière agrumicole en Algérie : développement et Encadrement, Green Algérie, Agriculture et Environnement: Destin commun. 31 : 20-23.

14. **BERK Z., 2016.** Citrus Fruit Processing. Academic Press, Elsevier, London, 330 pp.
15. **ABROL D.P., 2015.** Pollination Biology, Vol.1: Pests and pollinators of fruit crops. Springer International Publishing, 452 p
16. **ZEB Q., KHAN I., INAYATULLAH M., HAYAT Y., SALJOQI A.R. & KHAN M.A., 2011.** Population dynamics of citrus whiteflies, aphids, citrus psylla leaf miner and their biocontrol agents in Khyber Pakhtunkhwa. *Sarhad Journal of Agriculture*, 27: 451-457.
17. **YIGIT A., CANHILAL R., 2005.** Establishment and dispersal of *Serangium parcesetosum* Sicard (Coleoptera, Coccinellidae), a predatory beetle of citrus whitefly, *Dialeurodes citri* Ashm (Homoptera, Aleyrodidae) in the East Mediterranean region of Turkey. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 112 (3): 268–275.
18. **GILIOMEE J.H., & MILLAR I.M., 2009.** The woolly whitefly, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Hemiptera: Aleyrodidae), a potentially serious citrus pest, recorded from South Africa. *Afr. Entomol*, 17: 232–233.
19. **TELLO MERCADO V., FERNÁNDEZ E.S., & GILIOMEE J.H., 2014.** Life table parameters of the woolly whitefly *Aleurothrixus floccosus* (Hemiptera: Aleyrodidae) and its parasitoid *Cales noacki* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Eur. J. Entomol*, 111(2): 251–256.
20. **DHARAM P.A., 2015.** *Pollination Biology, Vol.1 Pests and pollinators of fruit crops.* University of Agricultural Sciences and Technology Jammu, India. Springer International Publishing Switzerland, 452 p.
21. **DOUMANDJI S., & DOUMANDJI-MITICHE B., 1986.** Introduction de *Cales noaki* (Hym., Aphelinidae) en Mitidja pour lutter contre *Aleurothrixus floccosus* (Hom., Aleyrodidae). *Ann. Inst. nat. agro. EL Harrach*, 10 (2): 44 – 46.
22. **HALL D.G., & ALBRIGO L.G., 2007.** Estimating the Relative Abundance of Flush Shoots in Citrus with Implications on Monitoring Insects Associated with Flush. *Horti Science*, 42(2):364 368.
23. **ONILLON., 1973.** Possibilités de régulation des populations d'*Aleurothrixus floccosus* Mask. (Homopt. Aleyrodidae) sur agrumes par *Cales noacki* How. (Hymenopt. Aphelinidae). *OEPP/EPPO Bulletin*, 3 (1) : 17-26.
24. **GROUT T.G., KIRKMAN W., & MOORE S.D., 2012.** Woolly whitefly, *Aleurothrixus floccosus*, on citrus in South Africa. Citrus Research International, South Africa. November. *Sa Fruit Journal*. 79-81.
25. **KATSOYANNOS P., IFANTIS K., & KONTODIMAS D.C., 1997.** Phenology, population trend and natural enemies of *Aleurothrixus floccosus* (Hom: Aleyrodidae) at a newly invaded area in Athens, Greece.

Entomophaga, 42: 619–628.

26. **NEGA A., 2011.** Integrated management of woolly whitefly *Aleurothrixus floccusus* (maskell) Homoptera: Aleyrodidae] on citrus at Adama, east shewa zone, Ethiopia. Haramaya University. Thesis. 74p.
27. **BARBAGALLO S., LONGO S., RAPISARDA C., SISCARO G., 1993.** Status of the biological control against citrus whiteflies and scale insects in Italy. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 3: 1216–1220.
28. **KOÇLU T., & YOLDAŞ Z., 2007.** Ege Bölgesi turunçgillerinde zararlı *Aleurothrixus floccosus* (M.) (Homoptera: Aleyrodidae)'un *Cales noacki* H. (Hymenoptera: Aphelinidae) ile biyolojik savaş olanaklarının araştırılması. *Türk. entomol. Derg*, 31(3): 203-213.
29. **TELLI O., YIGIT A., 2012.** Natural enemies of Citrus woolly whitefly *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) and Nesting whitefly, *Paraleyrododes minei* Iaccarino (Hemiptera: Aleyrodidae) in Hatay Province, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 36 (1):147-154.
30. **BERKANI A., 1989.** Possibilités de régulation des populations d'*Aleurothrixus floccosus* Mask. (Homopt., Aleurodidae) sur agrumes par *Cales noacki* How. (Hymenopt., Aphelinidae) en Algérie. Thèse de Doctorat Etat. Université Aix-Marseille. France, 148 p.
31. **MOUSTEFAOUI H., 2016.** Contribution a l'étude des interactions tritrophiques agrumes-aphides-auxiliaires en Mitidja centrale (Atlas blideen, Algérie). Thèse de Doctorat. Université de Blida 1, 358 p.
32. **MEAGHER R., 2008.** Citrus Pests and their Management. Encyclopedia of Entomology, 878-903 p.
33. **EL-OTMANI M., & AIT-OUBAHOU A., 2011.** *Citrus spp*: orange, mandarin, tangerine, clementine, grapefruit, pomelo, lemon and lime. Woodhead Publishing Limited, 437- 516.
34. **OLLITRAULT P., & LURO F., 1997.** L'amélioration des plantes tropicales. In A. Charrier, J. Michel, H. Serge & N. Dominique (Eds.), (13-36).
35. **OLLITRAULT P., TEROL J., GARCIA-LOR A., BERARD A., CHAUVEAU A., FROELICHER Y., BELZILE C., MORILLON R., NAVARRO L., BRUNEL D., ET TALON M., 2012.** SNP mining in *C. clementina* BAC end sequences; transferability in the *Citrus* genus (Rutaceae), phylogenetic inferences and perspectives for genetic mapping. *BMC Genomics*, 19p.
36. **BENSAID A., 2010.** Effet de quelques extraits végétaux sur une population de cochenilles diaspinés dans un verger d'agrumes à Rouïba. Thèse magistère. ENSA. Alger. 83p.

37. **DSA CHLEF., 2017.** Direction des services agricole de la wilaya de Chlef, Situation des agrumes à Chlef”, , 1-2.
38. **LAROUSSE, 2002.** Larousse Agricole. Ed. Larousse, Paris, 767 p
39. **VAN-EE S., 2005.** La culture fruitière dans les zones tropicales. Des agrumes. Manuel des cultures de Citrus pour le bassin Méditerranéen. Ed. Baillière et Fils, Paris, 264 p.
40. **AGUSTI M., ZARAGOZA S., BLEIHOLDER H., BUHR L., HACK H., KLOSE R., & STAUSS R., 1995.** Escala BBCH para la descripción de los estadios fenológicos del desarrollo de los agrios (Gén. Citrus). *Levante Agrícola*, (3):189-199.
41. **PRALORAN J.C., 1971.** Les agrumes. Ed G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, 565 p.
42. **CARVER M., 1978.** The black citrus aphids, *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy) and *T. aurantii* (Boyer de Fonscolombe) (Homoptera: Aphididae). *J. Aust. Ent. Soc*, 17: 263-270.
43. **SELF A.A., & ISLAM A.S., 1988.** Population densities and spatial distribution patterns of *Toxoptera citricidus* (Kirk.) (Aphididae) in Citrus at Kenya coast. *Insect Sci. Applic*, 9: 535-538.
44. **DREISTADT S.H., 2012.** Integrated Pest Management for Citrus, Third Edition. University of California Agriculture and Natural Resources, 270 p.
45. **BARBAGALLO S., & I. PATTI., 1986.** The citrus aphids: Behaviour, damages and integrated control, in: Integrated Pest Control in Citrus-Groves, proceedings of the Experts' Meeting / Acireale / 26-29 March 1985, Commission of the European Communities, 67-75.
46. **SOTO A., 1999.** Dinámica poblacional y control biológico de las moscas blancas de cítricos *Parabemisia myricae* (Kuwana), *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) y *Dialeurodes citri* (Ashmead) (Homoptera: Aleyrodidae). tesis doctoral. Universidad politécnica de valencia, 193p.
47. **BEGUM S., ANIS S.B., FAROOQI M.K., REHMAT T., FATMA J., 2011.** Aphelinidae parasitoids (Hymenoptera; Aphelinidae) of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) from India. *Biology and Medicine*, 3 (2): 222-231.
48. **RESH V.H., & CARDÉ R.T., 2009.** Encyclopedia of insects. Elsevier. 1132 p.
49. **MARTIN J.H., 2004.** Whiteflies of Belize (Hemiptera: Aleyrodidae). Part 1- Introduction and Account of the Subfamily Aleurodicinae Quaintance & Baker. *Zootaxa*, 681:1-119.

50. **MOUND L.A., & HALSEY S.H., 1978.** Whitefly of the World. A systematic catalogue of Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data. British Museum (Natural History), 340 p.
51. **BYRNE D.N., BELLOWS J.R., & PARRELLA M.P., 1990.** Whiteflies in agricultural systems. Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept, Wimborne, UK, 227- 261.
52. **BINK-MOENEN R.M., & MOUND L.A., 1990.** Whiteflies: diversity, Biosystematics and evolutionary patterns. Intercept Ltd, Wimborne, UK, 1-11.
53. **INBAR M., GERLING D., 2008.** Plant-mediated interactions between whiteflies, herbivores, and natural enemies. *Annual Review of Entomology*, 53: 431-448.
54. **NGUYEN R.U., SAILER R.I., & HAMON A.B., 1993.** Catalog of Aleyrodidae on citrus and their natural enemies (Homoptera-Aleyrodidae). Florida Dept. of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, *AGRIS*, 730 (8): 57p.
55. **ONILLON J.C., 1990.** The use of natural enemies for the biological control of Whiteflies, 287-313 p.
56. **BOUKHALFA H., & BONAFONTE P., 1979.** Observations des populations de l'aleurode des Citrus, *Dialeurodes citri* ASHMEAD (Hom. Aleurodidae) dans la plaine de la Mitidja (Algérie), pendant la période hivernale et post-hivernale, *Fruits* 34 (1,) 43-52.
57. **CAVALLORO R., & MARTINO E.DI., 1986.** Integrated pest control in citrus-groves. Proceedings of the Experts' Meeting / Acireale / 26-29 March. The Commission of the European Communities, 600p.
58. **BENMESSAOUD-BOUKHALFA H., 1987.** Bio écologie de l'Aleurode des agrumes *Dialeurodes citri* Ashmead (Homoptera-Aleyrodidae) dans un verger de clémentiniers en Mitidja". Thèse Magister, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, 140p.
59. **BICHE M., 2012.** Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Guide pratique, 4-5.
60. **LONGO S., & RAPISARDA C., 2014.** Spread of *Paraleyrododes minei* laccarino (nesting whitefly) in Italian citrus groves. *Bulletin OEPP/EPPO*, 44 (3): 529–533.
61. **FRAVAL A., 2009.** Les aleurodes. *Insectes*, 27 (155): 3-4.
62. **MOUND L.A., 1973.** Thrips and Whitefly. 229-242 p.

63. **TAYYIB M., JAWWAD YOUSUF M., AKBAR M., MUKHTAR M., & SAEED KHAN A., 2014.** Genus *Aleurocanthus* (homoptera: aleyrodidae) with two new records from Pakistan. *J. Glob. Innov. Agric. Soc. Sci*, 2(4): 175-177.
64. **YOTHERS W.W., 1913.** Spraying for Whiteflies in Florida. U.S. Dept. of Agriculture, Bureau of Entomology, Circular 2(168): 20.
65. **WATTS W.S. & ALAM M., 1973.** Spray trials against the citrus blackfly (*Aleurocanthus woglumi*) on lines in the Oman. Miscellaneous Report, Overseas Development Administration, Foreign and Commonwealth Office, 8: 7.
66. **OGWANG J. A. & MOLO R., 2003.** Aspects of Biological Control of the Citrus Woolly White Fly, *Aleurothrixus floccosus* in Eastern Uganda. *Uganda Journal of agricultural Sciences*, 8 : 1- 4.
67. **WIKIPEDIA (A)., 2018.** <https://fr.wikipedia.org/wiki/Aleyrodidae>
68. **INPV., 2017.** Bulletin D'informations Phytosanitaires n° 47. 1-4p
69. **DELLALI A., & TARFAOUI K., 2016.** Bio-écologie de la mouche blanche des citrus *Dialeurodes citri* dans un verger agrumicole de la région de Chlef. Thèse de Master. Université de Chlef. 66p.
70. **EVANS G.A., 2007.** The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of the world and their host plants and natural enemies. USDA/Animal Plant Health Inspection Service. 708 p.
71. **ANONYME., 1977.** La lucha en España contra la «mosca blanca» de los cítricos. *Aleurothrixus floccosus* MASK. *Bol. Serv. Plagas*, 3: 87-100.
72. **ONILLON J.C., 1969.** A propos de la présence en France d'une nouvelle espèce d'aleurode nuisible aux citrus, *Aleurothrixus floccosus* Maskell (Homopt. Aleurodidae). *C. R. Acad. Agri*, France, 55: 937-941.
73. **DOUMANDJI-MITICHE B., & DOUMANDJI S.E., 1988.** Note sur l'installation en Mitidja de *Cales noacki* How (Hym.Aphelinidae) ennemi naturel de l'aleurode floconneux (*Aleurothrixus floccosus* Mask (Hom. Aleyrodidae)", *INA*, 12 : 66-88.
74. **ABBASSI, M., 1977.** Recherches sur deux homoptères fixes des Citrus, *Aonidiella aurantii* Mask. (Homopt. Diaspididae) et *Aleurothrixus floccosus* Mask. (Homopt., Aleyrodidae). Thèse Doctorat Spécialité Marseille St. Charles, 119 pp.
75. **LUPPICHINI P., RIPA R., LARRRRAL P., NUÑEZ E., & RODRIGUEZ F., 2008.** Woolly whitefly / woolly citrus whitefly, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell). In Ripa R. & Larral P. (eds): Pest Management in Citrus and

Avocado. *INIA Books Collection*, 23: 111-122.

76. **LUPPICHINI P., RIPA R., LARRAL P., & RODRIGUEZ F., 2007.** Manejo Integrado De Mosquita Blanca Algodonosa En Cítricos. Especial control biologico integrado. *INIA TIERRA adentro*. 28-30.
77. **CHERMITI B., & ONILLON J.C., 1992.** A propos de la présence en Tunisie de deux nouvelles espèces d'aleurodes nuisibles aux agrumes, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) et *Parabemisia myricae* (Kuwana) (Homopt., Aleurodidae), *Fruits*, 47: 405-411.
78. **ALFORD D.V., 2012.** Chapter 2: Insects. Pests of Ornamental Trees, Shrubs and Flowers (Second Edition). Academic Press. San Diego. 20-404.
79. **MARTIN J.H., 1987.** An identification guide to common whitefly pest species of the world (Homoptera: Aleyrodidae). *Tropical Pest Management*, 33: 298-322.
80. **KERNS D., WRIGHT G., & LOGHRY J., 2004.** Woolly whiteflies *Aleurothrixus floccosus*. Part of the publication "Citrus Arthropod Pest Management in Arizona". <http://cals.arizona.edu/crops/citrus/insects/citrusinsect.html>.
81. **FASULO T.R., & BROOKS R.F., 2013.** Whitefly pests of citrus. University of Florida, Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and agricultural Sciences, Fact Sheet ENY. 815.
82. **SALINAS M.D., SUMALDE, A. C. CALILUNG V. J. & BAJET N. B., 1996.** Life history, seasonal abundance, host range and geographical distribution of the woolly whitefly, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Homoptera: Aleyrodidae). *Philippine Entomologist*, 10 (1) : 67 – 89.
83. **JESUS RM., PAES JUNIOR R.C, CARMO G.J., MOTA D., GONTIJO L.M & OLIVEIRA M.A, 2016.** Whiteflies Provide Honeydew to Camponotus ants Without Receiving Reciprocal Favor. *Sociobiology*, 63 (2): 755-761.
84. **CAB INTERNATIONAL, 2018.** Crop Protection Compendium Global Module (Second edition). (Wallingford, UK: CAB International).
85. **INRA, 2018.** <http://ephytia.inra.fr/fr/C/16473/hypp-Biologie-du-ravageur>
86. **ONILLON J.C., 1970.** Premières observations sur la biologie d'*Aleurothrixus floccosus* MASK. (Homopt., Aleurodidae) dans le Sud-est de la France. *Al Awamia*, 37:105-109.
87. **BELAY D.K, ZEWDU A., FOSTER J.E, 2011.** Ecology and management of the woolly whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae), a new invasive citrus pest

in Ethiopia. *J Econ Entomol*, 104: 1329–1338.

88. **MALAUSA J.C., 1983.** Chercheurs contre « mouche blanches ». Une lutte sans merci contre les ennemis des agrumes. INRA, 86 p.
89. **RODRIGUES W.C., CASSINO P.C.R., SPOLIDORO M.V., SILVA-FILHO R., 2009.** Insetos sugadores (Sternorrhyncha) em cultivo orgânico de tangerina cv. Poncã (*Citrus reticulata* Blanco): diversidade, constância, frequência e flutuação populacional. *Entomo Brasiliis*, 2 (2): 42-48.
90. **WIKIPEDIA (B), 2018.** <https://fr.wikipedia.org/wiki/Dialeurodes>
91. **ANONYME (B), 2016.** Mosca blanca *Dialeurodes citri* Ashmead (Mosca blanca de los cítricos) en el cultivo del caqui en la comarca de la ribera. Generalitat Valenciana. Valencia. 7p.
92. **BELLOWS T.S & C.MEISENBACHER, 2007.** Field population biology of citrus whitefly, *Dialeurodes citri* (Ashmead) (Heteroptera: Aleyrodidae), on oranges in California. *Population Ecology*, 49: 127-134.
93. **FASULO T.R. & WEEMS H.V., 2014.** Citrus Whitefly, *Dialeurodes citri* (Ashmead) (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). University of Florida, Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and agricultural Sciences, Fact Sheet EENY-084.
94. **ULUSOY M.R., UYGUN N., KERSTING U., KARACA I., & SATAR S., 1996.** Present status of citrus whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) in Turkey and their control. *Journal of plant diseases and protection*, 103 (4): 397- 402.
95. **ZANIC K., KACIC S., KATALINIC M., 2000.** Whitefly Pest Species (Homoptera: Aleyrodidae) on Citrus Trees. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 65 (1): 51-59.
96. **ZANIC K., BARCIC J., KACIC S., 2001.** *Dialeurodes citri* (Ashmead, 1885) in the Adriatic Region of Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 66 (3): 161-168.
97. **BENBETKA L., 2015.** Bioécologie de trois espèce de mouche blanche : *paraleyrodes minei* Iaccarino (1990) *Aleurothrixus floccosus* MASKELL (1886) et *Dialeurodes citri* ASHMEAD (1895) (Homoptera-Aleyrodidae) dans un verger d'oranger dans la région de Rouiba. Thèse de magistère .Ecole Nationale Supérieure Agronomique -Harrache-Alger. 69p
98. **SUH S.J., EVANS G.A., OH S.M., 2008.** A checklist of intercepted whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) at the Republic of Korea ports of entry. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 11: 37– 43 p.
99. **ANONYME 2013.** Encyclopaedia Britannica, Inc. Britannica Kids

students. <https://Kids.britannica.com/students/assembly/view/187118>.

100. **LOPEZ S.N., & SEGADE G., 2017.** Moscas blancas y enemigos naturales asociados al cultivo de naranja bajo dos tipos de manejo sanitario en San Pedro, provincia de Buenos Aires. *Rev. Soc. Entomol. Argent*, 76 (1-2): 11-21.
101. **STAPLEY J.H & GAYNER F.C.A., 1965.** Word crop protection pest and diseases. life books L.T.D. Ed. London T.I. 180 p.
102. **ULUSOY M.R., 1999.** Aphelinidae Species (Hymenoptera: Chalcidoidea) Obtained from the Species of Aleyrodidae (Homoptera) in the Mediterranean Region of Turkey [in Turkish]. *Türkiye entomoloji dergisi Izmir*. 23 (4): 139-146.
103. **ONILLON J.C., 1975.** Sur quelques aspects de la lutte biologique contre les Aleurodes des agrumes. *Ann. Inst. natl. agro. El Harrach*, 5 (6): 219-229.
104. **STREITO J.C., 2008.** Les insectes d'importance agronomique: Aleyrodidae. INRA. 39p.
105. **BENMESSAOUD-BOUKHALFA H., & CHEBROU S., 2014.** Étude préliminaire de la bio écologie de *Paraleyrodes minei* Iaccarino 1990 (Homoptera : Aleyrodidae : Aleyrodicinae), nouvel aleurode des citrus en Algérie. AFPP – *Colloque Ravageurs Et Insectes Invasifs Et Emergents* Montpellier. 2-6.
106. **KELLY N., MILES J., CONNER K., SIKORA E., MAJUMDAR A., 2016.** Citrus Pest Identification and Management Guide. The Alabama Cooperative Extension System, 30p.
107. **FERGUSON J.J., 2002.** Your Florida Dooryard Citrus Guide - Common Pests, Diseases, and Disorders of Dooryard Citrus. University of Florida. 1-14.
108. **LONGO S., PATTI I., & RAPISARDA C., 1984.** Il controllo dell'*Aleurothrixus floccosus* (Maskell) negli agrumeti della Sicilia orientale. En Proceedings, Giornate Fitopatologiche, 26-29 Marzo. Sorrento, Italia. 337-346 p.
109. **GARRIDO A., 1989.** Mosca blanca de los cítricos (*Aleurothrixus floccosus* Mask). *Elcampo. Boletín de información agrária*, 113: 42-46.
110. **ANONYME (A), 2017.** Nuevas plagas en el cultivo del Caqui: Moscas blancas Generalitat Valenciana. Valencia. 42 p.
111. **KUNIMI Y., 2007.** Current status and prospects on microbial control in Japan. *Journal of invertebrate pathology*, 95(3) : 181-186.

112. **CHABOUSSOU F., 1975.** Les facteurs culturaux dans la résistance des agrumes vis-à-vis de leurs ravageurs”. Séminaire sur les insectes et acariens des agrumes. INA El Harrach. 39 p.
113. **BOGRÁN C.E., & HEINZ K.M., 2002.** Host selection by the heteronomous hyperparasitoid *Encarsia pergandiella*: multiple-choice tests using *Bemisia argentifolii* as primary host. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, (103): 11–21p.
114. **REBOUR H., 1966.** Les agrumes. Manuel de culture des citrus pour le bassin méditerranéen. Paris. 321p.
115. **SATYAGOPAL K.S.N., SUSHIL P., JEYAKUMAR G., SHANKAR O.P., SHARMA S.K., SAIN D., BOINA N., LAVANYA R., VARSHNEY B.S., SUNANDA RAM ASRE K.S., KAPOOR SANJAY ARYA, SUBHASH KUMAR C.S., PATNI C., CHATTOPADHYAY P.K., RAY U.K., KADAM J., BHATT S.R., DHAPURE S.K., EKABOTE A.Y., THAKARE A.S., HALEPYATI M.B., PATIL A.G., SREENIVAS N., SATHYANARAYANA & LATHA S., 2014.** AESA based IPM package for Citrus. 53p.
116. **MEDEIROS F.R., 2007.** Dinâmica Populacional Da Mosca-Negra-Dos-Citros *Aleurocanthus woglumi* ASHBY (Hemiptera: Aleyrodidae) EM *Citrus spp.* no município de São Luís – MA. Tesis. Universidade Estadual Do Maranhão, 41 p.
117. **DEBACH P., 1964.** Some species of *Aphytis* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae) in Greece. *Ann. Inst. Phytopathol. Benaki N.S*, (7): 5-18.
118. **JACAS J.A., KARAMAOUNA F., VERCHER R., & ZAPPALA L., 2010.** Citrus pest management in the northern Mediterranean basin (Spain, Italy and Greece). Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases, *Integrated Management of Plant Pests and Diseases*. 5:1-27p.
119. **GERLING D, 1992.** Approaches To The Biological Control Of Whiteflies. *Florida Entomologist*. 75 (4): 446-456.
120. **LANDIS D.A., WRATTEN S.D., & GURR G.M., (2000).** Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45: 175-201.
121. **NYROP J.P., VILLANI M.G & GRANT J.A., 1995.** Control decision rule for European chafer (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae infesting turfgrass. *Environmental Entomology*, (24): 521-528.
122. **WANG P., SONG X., & ZHANG H., 2013.** Isolation and characterization of *Aschersonia placenta* from citrus orchards and its pathogenicity towards *Dialeurodes citri* (Ashmead). *Journal of Invertebrate Pathology*, 112 (2): 122-128.
123. **REDDY P.P., 2016.** Insects Pests and Their Management. In: Sustainable

- Crop Protection under Protected Cultivation. *Springer*, Singapore. 221-226.
124. **SAMBAMURTY A.V.S.S, 2009.** A Textbook of Plant Pathology, 1 edition. I K International Pvt.Ltd. 424p.
 125. **BERGER E.W, 1921.** Natural enemies of scale insects and whiteflies in Florida Quart. *Bull. Fla. Stn. Plant Board*, 5: 141-154.
 126. **ANONYME, 2012.** Cítricos: cultivo, Poscosecha e industrialización. Serie Lasallista Investigación y Ciencia. Universitaria Lasallista. 374 p.
 127. **GAO R.X., OU' Y.Z., GAO Z.X & ZHENG J.X, 1985.** A preliminary report on *Aschersonia aleyrodis* to control citrus whitefly J. *Fujian Agricul. Coll.*, 14: 127-133.
 128. **EVANS H.C., HYWEL-JONES N., 1990.** Aspects of the genera *Hypocrella* and *Aschersonia* as pathogens of coccids and whiteflies. In: 'Proc. Vth Int. Colloq. *Invertebr. Pathol, Adelaide, Australia.* 111–115.
 129. **FARIA M.R., WRAIGHT S.P., 2007.** Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biol. Control.* 43: 237–256.
 130. **ZOU W.H., 1988.** Parasitism of *Dialeurodes citri* by *Aschersonia placenta*. *Zhejiang Agricultural Science*, (6): 280-282.
 131. **LIMA B.M.F.V; ALMEIDA J.E.M.D; MOREIRA J.O.T; SANTOS L.C.D & BITTENCOURT, M.A.L. 2017.** Entomopathogenic fungi associated with citrus blackfly (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) in Southern Bahia. *Arquivos do Instituto Biológico*, (84): 1-4.
 132. **UMEH V., & ADEYEMI A. 2011.** Population dynamics of the woolly whitefly *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) on sweet orange varieties in Nigeria and association of *A. floccosus* with the entomopathogenic fungi *Aschersonia* spp. *Fruits*, 66(6) : 385-392.
 133. **IHARA F., 1998.** *Aschersonia aleyrodis* on citrus whiteflies (*D.citri*). <http://www.naro.affrc.go.jp/org/fruit/epfdb/Deutte/Acher/speci/980208.jpg>.
 134. **HAGEN K.S, BOMBOSCH S & MCMURTRY A, 1976.** The biology and impact of predators. Academic Press, N.Y. 93-142p.
 135. **WATERHOUSE D.F & NORRIS K.R, 1989.** Biological control, Pacific prospects. Australian Centre for International Agricultural Research.Canberra. 123p.
 136. **GERLING D., 1990.** Natural enemies of whiteflies: predators and parasitoids. Intercept, Andover. UK.147-185.

137. **UYGUN N.B., OHNESORGE & R. ULYUSOY, 1990.** Two species of whitefly on citrus Eastern Mediterranean *Parabemisia Myricae* and *Dialeurodes Citri*. Morphology, Biology, host plants and control in south Turkey. *Journal of Applied Entomology*, 110: 471-482.
138. **INRA, 2015.** <http://ephytia.inra.fr/fr/C/11530/hypp-Les-coccinelles-Coccinellidae>.
139. **AGARWALA B.K., DAS S & SENCHOWDHURI M, 1988.** Biology and food relation of *Micraspis discolor* (F.) an aphidophagous coccinellid in India. *J. Aphidology*, (2): 7–17.
140. **GARCIA-MARI F., 2012.** Plagas de los citricos. Gestion integrada en paises de clima mediterraneo. Phytoma. 556 p.
141. **ASIIMWE P., ECAAT J.S., GUERSHON M., KYAMANYWA S., GERLING D., & LEGG J.P. 2007.** Evaluation of *Serangium* n. sp. (Col., Coccinellidae), a predator of *Bemisia tabaci* (Hom., Aleyrodidae) on cassava. *Journal of Applied Entomology*, 131 (2): 76-80.
142. **BATHON V.H., PIETRZIK J., 1986.** On the food consumption of *Clitostethus arcuatus* (Rossi) (Col., Coccinellidae), a predator of *Aleurodes proletella* L. (Hom., Aleyrodidae). *J. Appl. Entomol*, 102: 321–326.
143. **YAZDANI M, SAMIH M.A, 2012.** Life table attributes of *Clitostethus arcuatus* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on *Trialeurodes vaporariorum* and *Siphoninus phillyreae* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, (15): 295–298.
144. **LIOTTA G., 1981.** Osservazioni bio-etologiche su *Clitostethus arcuatus* (Rossi) (Col. Coccinellidae) in Sicilia. *Redia*, 64: 173-185.
145. **LOI G, 1978.** Ecological and behavioural observations on *Clitostethus arcuatus* (Rossi) (Coleoptera Coccinellidae), a predator of *Dialeurodes citri* (Ashm) in Tuscany. *Frustula Entomologica*, 1:123-145.
146. **GARCIA MARI F, 2009.** Guia De Campo: Plagas De Citricos Y Sus Enemigos Naturales. S.L. MV PHYTOMA-ESPAÑA. 176p.
147. **RAZZE J., & LIBURD O.E, 2017.** Common name: whitefly predatory lady beetle (suggested common name) scientific name *Delphastus catalinae* (Horn) (Insecta: Coleoptera: Coccinellidae). EENY-677. 4p.
148. **MCEWEN P.K., NEW T.R & WHITTINGTON A.E, 2001.** Lacewings in the Crop Environment. Cambridge University Press. 546 p.
149. **CALDUMBIDE C., FAESSEL L., TRAVERS M., THIERRY D. & RATMORRIS E, 2001.** Les chrysopes communes, auxiliaires polyvalents.

- Phytoma–*Défense des cultures*, 540: 14-19.
150. **GALAZZI D., & GIORGIO N., 1992.** *Chrysoperla carnea*. *Informatore Fitopatologico*, 3: 25-30.
 151. **LLORENS J.M., & GARRIDO A., 1992.** Homóptera III. Moscas blancas y su control biológico. Pisa ediciones, Alicante. 203 p.
 152. **ANONYME (B), 2017.** CHRYSOforce™ R – general predator. GreenMethods.com. 1p.
 153. **ASPÖCK U., & ASPÖCK H. 2007.** Verbliebene Vielfalt vergangener Blüte. Zur Evolution, Phylogenie und Biodiversität der Neuropterida (Insecta: Endopterygota). *Denisia*, 20: 451-516.
 154. **ASPÖCK H., HÖLZEL H. & ASPÖCK U. 2001.** Kommentierter Katalog der Neuropterida (Insecta: Raphidioptera, Megaloptera, Neuroptera) der Westpaläarktis. *Denisia*, (2): 1-606.
 155. **LEON N & GARCIA MARI F, 2005.** Los neurópteros coniopterígidios como Depredadores de plagas en cítricos. Neurópteros coniopterígidios/depredadores de plagas /cítricos. *Levante agrícola*, 4 : 1-6.
 156. **RAGUSA CH, TSOLAKIS S.H Y SINACORI A., 1991.** Osservazioni sullo sviluppo postembrionale ed ovideposizione di tre specie di fitoseidi in presenza di *Parabemisia myricae* (Kuwana). Convegno su Attività del Gruppo di Ricerca "Lotta biologica", Protoretto finalizzato M.A.F. "Lotta biologica e integrata per la Difesa delle Colture agrarie e delle Piante forestali", Acireale. 151-155.
 157. **ULUSOY M.R & ÜLGENTÜRK S, 2003.** The natural enemies of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) in southern Anatolia. *Zoology in the Middle East* (28): 119–124.
 158. **CLAUSEN C.P., 1978.** Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a world review. USDA Agric. Handbook no. 480. Washington. DC. 545 p
 159. **HERATY J.M., 2016.** Aphelinidae. Accessed at <http://cache.ucr.edu/~heraty/Aphelinidae.html>.
 160. **NOYES J.S., 2016.** Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. Accessed at <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoidea>.
 161. **BERG M.A HOEPPNER VAN DEN G., & GREENLAND J. 2000.** An economic study of the biological control of the spiny blackfly, *Aleurocanthus spiniferus* (Hemiptera: Aleyrodidae), in a citrus orchard in Swaziland. *Biocontrol Science and Technology*, 10: 27–32.
 162. **VIGGIANI G. MAZZONE P., 1979.** Contributi alla conoscenza morfo-

- biologica delle specie del complesso *Encarsia* Foerster-Prospatella Ashmead (Hym. Aphelinidae). *Boll. Lab. Ent. Agr. Filippo Silvestri*, 36: 42-50.
163. **DEBACH P & WARNER S.C, 1969.** Research on biological control of whiteflies. *Citrograph*, 54: 301-302.
 164. **ONILLON J.C & BRUN P, 1983.** Integrated control against Citrus pests. Progress report 1979–1981 of the C.E.C.programme on integrated and biological control. 75–78.
 165. **BELLOWS JR, & ARAKAWA K.Y, 1995.** Citrus Whitefly, capítulo 21. University of California, Oakland, California.
 166. **NGUYEN R., 2014.** A citrus whitefly parasitoid *Encarsia lahorensis* (Howard) (Insecta: Hymenoptera: Aphelinidae). EENY-244. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry.
 167. **GRISSELL E.E, 1979.** The *Prospaltella* of Florida. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry Entomology Circular 203. 1-4.
 168. **VIGGIANI G, MAZZONE P. 1978.** Morfologia, biologia e utilizzazione di *Prospaltella lahorensis* How. (Hym.: Aphelinidae), a parassita esotico introdotto in Italia per la lotta biologica al *Dialeurodes citri* (Ashm.). *Boll. Lab. Entomol. Agro. "F. Silvestri" Portici*, 35: 99-161.
 169. **DEBACH P., 1970.** La mouche blanche, *Aleurothrixus floccosus* et ses parasites dans L'hémisphère occidental. *Al Awamia*, 37:101-104.
 170. **ROSE M. & J.B. 1984.** Previously imported parasite may control invading Woolley whitefly. *California Agriculture*. 24-25.
 171. **LEON G.M, 2015.** La diversidad de insectos en citricos y su importancia en programas de manejo integrado de plagas. Colombia Affiliation: Corpoica. 66p.
 172. **MOTTERN J, HERATY J, HARTOP E, 2010.** *Cales* (Hymenoptera: Chalcidoidea): morphology of an enigmatic taxon with a review of species. *Systematic Entomology*, 36 (2): 267-284.
 173. **HERATY J, BURKS R, CRUAUD A, GIBSON GP, LILJEBLAD J, MUNRO J, RASPLUS J, DELVARE G, JANŠTA P, GUMOVSKY A, HUBER J, WOOLLEY J, KROGMANN L, HEYDON S, POLASZEK A, SCHMIDT S, DARLING DC, GATES M, MOTTERN J, MURRAY E, MOLIN AD, TRIAPITSYN S, BAUR H, PINTO J, NOORT SV, GEORGE J, YODER M, 2013.** A phylogenetic analysis of the megadiverse Chalcidoidea (Hymenoptera). *Cladistics*, 29 (5): 466-542.

174. **MIKLASIEWICZ TJ, WALKER GP, 1990.** Population Dynamics and Biological Control of the Woolly Whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on Citrus. *Environmental Entomology* 19 (5): 1485-1490.
175. **LIOTTA G; AGRÒ A; PINTO MLO, 2003.** Biological control in citrus groves in the last 50 years: three successful cases in Western Sicily. Bulletin OILB/SROP ['Integrated control in citrus fruit crops']. Proceedings of the IOBC/WPRS Working Group, Valencia, Spain, 6-8 November. 26(6):171-173.
176. **CHING'OMA GP, 2008.** A report on the Citrus Woolly Whitefly control activities in Malawi (Mwanza and Neno). In: Plant protection progress report for the 2007/2008 season, presented at the Department of Agricultural Research Services Planning and Review Meeting, Andrews Hotel, Mangochi, 14-20 September, 2008 [ed. by Theu, M. P. K. J.]. Lilongwe, Malawi: Ministry of Agriculture and Food Security, 88-89.
177. **ANDI, 2013.** Wilaya de Chlef, invest in Algeria. 21p.
178. **SCET-AGRI, 1985.** Rapport de synthèse, étude du réaménagement et de l'extension du périmètre du moyen Cheliff.pub.Ministere de l'hydraulique. 75 p.
179. **Woodward F.I. 1987.** Climate and plant distribution. Cambridge University Press, Cambridge.
180. **ONM, 2017.** Office national de météorologie "Données climatique de Chlef. 8p.
181. **RAMADE F., 1984.** Eléments d'écologie – écologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill, Paris. 397 p.
182. **DAJOZ R., 2003** - Précis d'écologie. 7 ème édition, Ed. Dunod, Paris, 615 p
183. **CHARRE J, 1997.** Dessine-moi un climat que penser du diagramme ombrothermique. Mapped Monde 2. 29-31p.
184. **BAGNOULS F. GAUSSEN H, 1957.** Les climats biologiques et leur classification. Annales de géographie. 355 p.
185. **STEWART P, 1969.** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. *Bull. Docum. Inst. Nat. Agro.* 24-25.
186. **DUFOR-DROR J-M & ERTAS A, 2004.** Bioclimatic perspectives in the distribution of *Quercus ithaburensis* Decne. Subspecies in Turkey and in the Levant. *Journal of Biogeography*, 31: 461–474.
187. **BARBÉRO, M., LOISEL, R. & QUÉZEL, P. 1992.** Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio*,

99/100, 19–34.

188. **ABH CHLEF ZAHREZ, 2004.** Cadastre Hydraulique du bassin hydrographie du Cheliff-Aval du barrage de Boughzoul – Première partie : Haut et moyen Cheliff. 62 p.
189. **KHELIFI I, 1998.** Méthode d'estimation des crues : cas du bassin versant de Oued sly. P 35
190. **ONILLON J.C, 1977.** Aspectos de la ecología de algunos aleuródidos. *Bol. Serv. Plagas*, 3: 175-198.
191. **TENA A, SOTO A, GARCIA-MARI F, 2007.** Parasitoid complex of black scale *Saissetia oleae* on citrus and olives: parasitoid species composition and seasonal trend. *BioControl*, 53:473–487.
192. **RODRIGUES W.C & CASSINO P.C.R, 2011.** Interação entre Formigas e Aleirodídeos (Sternorrhyncha, Aleyrodidae) em Cultivo Orgânico de Tangerina cv. Poncã (*Citrus reticulata* Blanco). *Entomo Brasilis* 4 (3): 119-124.
193. **SMALI M.C, ABBASSI M, BOUTALEB J. A. & BLENZAR A, 2013.** Richesse spécifique des ennemis naturels associés aux vergers d'agrumes au Maroc: Intérêt et implication pour la lutte biologique. *Bulletin OEPP/EPPO*, 43 (1), 155–166.
194. **BENASSAY C., 1983.** Une tâche ardue pour les chercheurs de l'INRA : acclimater sur la Cote d'Azur des parasites ennemis des ravageurs. 40-47.
195. **TOORANI A.H., ABBASIPOUR H., 2017.** Effect of geographical directions, height and the color of yellow traps in capture of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) in citrus orchards. *Acta agriculturae Slovenica*, 109 (3): 561–575.
196. **GOMAR A.C.I., 2011.** influència del maneig de la coberta vegetal en les poblacions d'artròpodes en cítrics. Tesis De Màster. Universitat Politècnica De València. 83p.
197. **YAHERWANDI Y., 2012.** Community structure of parasitoids Hymenoptera associated with Brassicaceae and non-crop vegetation. *Bioscience*, 4(1): 22-26.
198. **ESERKAYA E., KARACA İ., 2016.** Population Development of *Ceroplastes floridensis* on Grapefruit and Oranges. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*. 04(02): 60-65.
199. **EKBOM B.S & RUMEI X., 1990.** Sampling and spatial patterns of whiteflies. In: Whiteflies: their Bionomics, Pest Status and Management. (D. Gerling, ed.). Intercept Ltd, Andover, Hants (U), 107-121.

200. **VERCHER R., DOMINGUEZ GENTO A., MARCO A., GONZALEZ S., & BALLESTER R., 2010.** Abundancia de parasitoides en parcelas de cítricos ecológicos con setos y convencionales. Ponencia presentada en IX Congreso SEAE, Lleida. 1-10p.
201. **ULUSOY M.R., VATANSEVER G., ERKILIC L., & UYGUN N., 2003.** Studies on *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Homoptera, Aleyrodidae) and its parasitoid, *Cales noacki* Howard (Hymenoptera, Aphelinidae) in the East Mediterranean Region of Turkey. *Anz. Schadlingskunde / J. Pest Science*, 76, 163–169.
202. **OLLIVIER M., 2015.** Caractérisation des communautés adventices des vergers d'agrumes de la Réunion et détermination d'espèces favorables à la mise en place de la lutte biologique par conservation. CIRAD. 51p.
203. **BARRALIS G., 1976.** Méthode d'étude des groupements adventice des cultures annuelles; application à la Côte d'Or. In Ve Colloque international sur l'écologie et la biologie des mauvaises herbes. 59-68.
204. **RODRIGUES W.C., & CASSINO P.C.R., 2012.** Parasitóides Associados a Cochonilhas e Aleirodídeos (Sternorrhyncha) de Plantas Cítricas no Estado do Rio de Janeiro. *Entomo Brasiliis*, 5 (1): 33-36.
205. **BOUKHALFA H., 1977.** Bioécologie de l'aleurode des citrus, *Dialeurodes citri* Ashmead (Homoptera, Aleyrodidae) dans un verger d'orange hamlin en Mitidja. Thèse Ing. Inst. nati. agro., El-Harrach , 53 p.
206. **GOULET H., & HUBER J.T., 1993.** Hymenoptera of the world: An identification guide to families. Centre for Land and Biological Resources Research Ottawa, Ontario. 668p.
207. **SCHAUFF M.E., EVANS G.A., & HERATY J.M., 1996.** A pictorial guide to the species of *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitic on whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) in North America. Proceedings of the Entomological Society of Washington, 98: 1-35.
208. **KLAUSNITZER B., 2011.** *Coleoptera* — Käfer. In: Exkursionsfauna von Deutschland. Spektrum Akademischer Verlag. 331-571.
209. **PIERRE E., 2012.** Neuroptera: Identification – Biologie – Intérêt agronomique. UMR-CBGP, INRA Montpellier. 1-34.
210. **CAMPOS C.N., & GARCIA-MARI F., 2014.** Guía de identificación Pulgones y sus enemigos naturales. Universitat Politècnica de València. 39p.
211. **SHIHA Y.T, POLASZEKB A, DUBEYC A.K, CHEND S.P, YANGA P.S & KOA C.C., 2015.** New species of *Eretmocerus Haldeman* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Crenidorsum turpiniae* (Takahashi) and

- Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Hemiptera: Aleyrodidae) from Taiwan. *Journal of natural history*, 1-15.
212. **GARCIA-MARI F, 2010.** Clave para la Superfamilia Chalcidoidea. Universitat Politècnica de València. 39p
213. **HODGES G.S., & EVANS G.A., 2005.** An identification guide to the whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of the southeastern united states. *Florida Entomologist*, 88 (4):518-534p.
214. **MARTIN J.H, MIFSUD D & RAPISARDA C, 2000.** The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean Basin. *Bulletin of Entomological Research*, 90: 407–448.
215. **GUIMARÃES J.M., 1996.** The diagnostic value of the cement gland and other abdominal structures in Aleyrodidae taxonomy. *OPPE/EPPO Bulletin*, 26: 413–419.
216. **TOWNSEND, G.R & HEUBERGER, J.W, 1943.** Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *The Plant Disease Reporter*, 27: 340-343.
217. **SOTO A., OHLENSCHLÄGER F.& GARCÍA-MARÍ F, 2001.** Dinámica poblacional y control biológico de las moscas blancas *Aleurothrixus floccosus*, *Dialeurodes citri* y *Parabemisia myricae* (Homoptera: Aleyrodidae) en los cítricos valencianos. *Bol. San. Veg. Plagas*, 27: 3-2.
218. **CLARKE K.R, 1993.** Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18: 117-143.
219. **ANONYME, 2018.** <http://www.statsoft.fr/concepts-statistiques/modele-lineaire-general/modele-lineaire-general.php#.W5KqP8LZBdg>
220. **SAUVION N., CALATAYUD P-A., THIÉRY D., & MARION-POLL F., 2013.** Interactions insectes-plantes. IRD, Qua Éditions. 743 p.
221. **AROUN M.E.F., 1985.** Les aphides et leurs ennemis naturels en vergers d'agrumes de la Mitidja (Algérie). Th. Mag. Agro. Inst. Nat. Agro, El-Harrach, 125p.
222. **BENOUFELLA-KITOUS K., DOUMANDJI S., & HANCE T., 2014.** Inventaire des aphides et de leurs ennemis naturels dans un verger d'agrumes. AFPP–Dixième Conférence Internationale sur les ravageurs en agriculture. MONTPELLIER–22 ET 23 OCTOBRE.
223. **SAHARAOU L., & HEMPTINNE J-L., 2009.** Dynamique des communautés des coccinelles (Coleoptera : Coccinellidae) sur agrumes et interactions avec leurs proies dans la région de Rouïba (Mitidja orientale) Algérie. *Ann. soc. entomol. Fr*, 45 (2): 245-259.

224. **GUENDOZ BENRIMA A. & MAHDOUBI Dj., 2014.** Diversité entomologique au niveau des vergers d'agrumes dans quelques localités d'Algérie. AFPP – dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture Montpellier – 22 et 23 octobre 2014.
225. **MOSTEFAOUI H., 2016.** Contribution a l'étude des interactions tritrophiques agrumes-aphides-auxiliaires en Mitidja centrale (Atlas Blideen, Algérie). Thèse de doctorat. Université de Blida 1. 358p.
226. **BERKANI, A. & B. DRIDI., 1992.** Présence en Algérie de *Parabemisia myricae* Kuwana (Homoptera: Aleurodidae), espèce nuisible aux citrus". *Fruits*, 47: 539-540.
227. **GEBRESLASIE A., & MERESA H., 2018.** Identification of insect and disease associated to citrus in Northern Ethiopia. *African Journal of Microbiology Research*, 12(13): 312-320.
228. **DEL-BENE G., GARGANI E., 1991.** Osservazioni su *Aleurothrixus floccosus* (Mask.) (Hom.: Aleyrodidae) e sul suo antagonista *Cales noacki* How. (Hym. Aphelinidae) in Toscana. *Redia*, 74 (1): 11–126.
229. **PREMACHANDRA W.T.S.D., BORGEMEISTER C., CHABI-OLAYE A., & POEHLING H.-M., 2004.** Influence of temperature on the development, reproduction and longevity of *Ceratothripoides claratrix* (Thysanoptera: Thripidae) on tomatoes. *Bulletin of Entomological Research*, 94: 377-384.
230. **SIMELANE D.O., 2007.** Influence of temperature, photoperiod and humidity on oviposition and egg hatch of the root-feeding flea beetle *Longitarsus bethae* (Chrysomelidae: Alticinae), a natural enemy of the weed *Lantana camara* (Verbenaceae). *Bulletin of Entomological Research*, 97: 111-116.
231. **LADANYI M., & HORVATH L., 2010.** A review of the potential climate change impact on insect populations - general and agricultural aspects. *Applied Ecology and Environmental Research*, 8: 143 - 152.
232. **FRANCE A., GERDING M., TELLO V., PERALTA O., & SEPÚLVEDA M. 2011.** Investigation about Adaptability of Entomopathogenic Fungi in Pica. INIA Quilamapu, Universidad Arturo Prat, Iquique, 126 p.
233. CABI, 2018. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/4538>
234. **BRAN P., ONILLON J.C. 1978.** Dynamique du végétal et estimation des populations de ravageurs inféodés aux Citrus. *Fruits*, 33: 807-810.
235. **KISSAYI K., BENHALIMA S., & SMAILI M.C. 2017.** New records of Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from Morocco and comparison with North Africa region fauna. *Journal of Entomology and Nematology*, 9(7): 55-62.

236. **COOPER W.C., PEYNADO A., FURR J.R., HILGEMAN R. H., CAHOON G. A. & BOSWELL S. B., 1963.** Tree growth and fruit quality of Valencia oranges in relation to climate. *Proc. Am. Soc. hort. Sci*, 82: 180-92.
237. **SYVERTSEN J.P., SMITH JR.M.L., & ALLEN J.C., 1980.** Growth Rate and Water Relations of Citrus Leaf Flushes. *Annals of Botany Company*, 97-105.
238. **SOTO A., OHLENSCHLÄGER F., & GARCIA-MARI F., 1999.** Situación del control biológico de las moscas blancas de cítricos *Aleurothrixus floccosus*, *Parabemisia myricae* y *Dialeurodes citri* en la Comunidad Valenciana. *Levante Agrícola*, 349: 475-484.
239. **SOLER J.M., GARCIA-MARI F., & ALONSO D., 2002.** Evolución estacional de la entomofauna auxiliar en cítricos. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 28: 133-149.
240. **ABBASSI M., 1980.** Études relatives a *Aleurothrixus floccosus* Maskell et a son parasite spécifique *Cales noacki* Howard". *Cah. Rech. Agron*, 35: 77-157.
241. **RIPA R., RODRÍGUEZ F., ROJAS S., LARRAL P., CASTRO L., ORTÚZAR J., CARMONA P., VARGAS R. 1999.** Citrus Pests, their Natural Enemies and Management. INIA Books Collection.
242. **CARRERO J.M., 1979.** Contribución al estudio de la biología de la mosca blanca de los agrios, *Aleurothrixus floccosus* Mask., en la región valenciana. V. Estudios previos al establecimiento de la dinámica poblacional. 1. Muestreo. *An. INIA. Ser. Prot. Veg*, 9: 163-175.
243. **PREMA M.S., GANAPATHY N., RENUKADEVI P., MOHANKUMAR S., KENNEDY J.S. 2018.** Coloured sticky traps to monitor thrips population in cotton. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2): 948-952.
244. **GARRIDO A., HERMOSO A., TARANCÓN J., & DEL BUSTO T., 1975.** Evaluación de poblaciones de adultos de mosca blanca de los cítricos (*Aleurothrixus floccosus* Mask.) y de su parásito el afelínido *Cales noacki* Howard. *An. INIA. Serv. Prot. Veg*, 5:1-22.
245. **VULIC M. & BELTRAN J. L., 1977.** The whitefly *Aleurothrixus floccosus*, a serious pest of citrus crops. *Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 84 (4), 202 – 214.
246. **FRANCISCO S.P., & AVILA J.M., 2004.** Dung- insect community composition in arid Zones of south- eastern Spain. Elsevier. *Journal of Arid Environments*, 56: 303- 3027.
247. **SCHOWALTER T.D., 2016.** Insect Ecology. An ecosystem approach. 4th Edition, An Ecosystem Approach. 774p.

248. **RASHID M.M., HOSSAIN M.M., ALAM M.Z., IBRAHIM M., BHUIYAN M.K.A, 2003.** Seasonal abundance and control of spiralling whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russel, on guava, *Pak. J. Biol. Sci.* 6: 2050–2053.
249. **SKIRVIN D.J., PERRY J.N., HARRINGTON R., 1997.** The effect of climate change on an aphid-coccinellid interaction. *Global Change Biology*, 3: 1-11.
250. **MONTLLOR C., 1991.** The influence of plant chemistry on aphid feeding behavior. In: Bernays EA (ed.) *Insect–Plant Interactions*. CRC, Boca Raton, FL. 3: 125–173.
251. **RUTLEDGE CE., & O’NEIL RJ., 2005.** *Orius insidiosus* (Say) as a predator of the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumara. *Biological Control*, 33 : 56–64.
252. **BOUKHALFA H., & BONAFONTE P., 1979.** Dynamique des populations de *Dialeurodes citri* ASH dans un verger d’orange Hamlin en mitidja. *Fruits*. 1-5.
253. **HAMICHE A., LOUANACI Z., 1996.** Dynamique des populations de la mouche blanche des agrumes, *Dialeurodes citri* Ashmead (Homoptera, Aleyrodidae), Dans un verger d’Oranger de la region de Tizi-Ouzou”. Mémoire de fin d’étude. univ de Tizi ouzou, 41-62.
254. **ONILLON J.C., 1976.** Les aleurodes. Biologie et méthodes de lutte. D’ef. Vég., 180: 189-199.
255. **LLORENS J M. 1994.** Introducción, Biología y Control de la Mosca Blanca de los Cítricos *Dialeurodes citri* (Homoptera, Aleyrodidae) en la provincia de Alicante. Tesis Doctoral, Univ. Politec. Valencia.254 p.
256. **BELLOWS T. S & MEISENBACHER C., 2007.** Field population biology of citrus whitefly, *Dialeurodes citri* (Ashmead) (Heteroptera: Aleyrodidae), on oranges in California. Mémoire de master. University of California. 134P.
257. **ALMA A., A. ARZONE & L. TRAVELLA., 1991.** Biocenosi di *Dialeurodes citri* (Ashm.) in Piemonte (Rhynchota: Aleyrodidae). En proceedings of the Atti XVI Congr.Naz. Ital. Entomologia, 323-328.
258. **LLORENS J.M., & CAPILLA M.A., 1994.** Evolución de la mosca blanca de los cítricos (*Dialeurodes citri* Ashmead), en la provincia de Alicante. *Bol. San. Veg. Plagas*, 20: 79-88.
259. **ARGOV Y., RÖSSLER Y., VOET H. & ROSEN D., 1999.** The biology and phenology of the citrus whitefly, *Dialeurodes citri*, on citrus in the Coastal Plain. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 93: 21-27.
260. **SAINI T., JAGLAN M., YADAV S.S., & GARG, R, 2016.** Biology of citrus

- whitefly, *Dialeurodes citri* (Ashmead) on Citrus reticulate (Mandarin) var. Kinnow. *Journal of Applied and Natural Science*, 8(4) : 1735-1739.
261. **CARRERO J.M., & J. TARANCON., 1979.** Contribución al estudio de la biología de la mosca blanca de los agrios, *Aleurothrixus floccosus* Mask., en la región valenciana. II. Datos biológicos de campo. *An. INIA. Ser. Prot. Veg.*, 9: 93-105.
262. **LENTEREN J.C. VAN Y.L. & NOLDUS P.J.J., 1990.** Whitefly-plant relationships: Behavioural and ecological aspects, En D. Gerling (ed.), *Whiteflies: their Bionomics, Pest Status and Management*. Intercept Ltd, Wimborne, UK.s. 47-90
263. **KATSOUANNOS P., 1991.** First Record of *Aleurothrixus floccosus* (Mask.) (Homoptera: Aleyrodidae) in Greece and Some Observations on its Phenology. *Entomologia Hellenica*, 9: 69-72.
264. **KARAMAOUNA F., MYLONAS P., PAPACHRISTOS D., KONTODIMAS D., MICHAELAKIS A., KAPAXIDI E. 2010.** Main Arthropod Pests of Citrus Culture and Pest Management in Greece: 29- 59. In: Ciancio A., Mukerji K. (eds) *Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases. Integrated Management of Plant Pests and Diseases*, vol 5.
265. **FLINT M.L., 2018.** Pests of the garden and small farm: a grower's guide to using less pesticide. Publication (University of California (System). Division of Agriculture and Natural Resources, 248 p.
266. **KONTODIMAS D.C., STATHAS G.J., & MARTINO, A.F., 2008.** The aphidophagous predator *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in Greece, 1994–1999. *European Journal of Entomology*, 105: 541–544.
267. **LA TORRE A., CIACCIA C., RIGHI L., GLIA V.B & CARADONIA F., 2016.** La Protezione Delle Colture In Agricoltura Biologica. 1° Edizione – Maggio. 240p.
268. **GALAZZI D. & GIORGIO N., 1992.** *Chrysoperla carnea*. Informatore Fitopatologico, 3: 25-30.
269. **ÇALDUMBIDE C., FAESSEL L., TRAVERS M. & RAT-MORRIS É. 2002.** Utilisation des boîtes d’hivernage pour la survie hivernale de *Chrysoperla kolthoffi* (Navás) en Maine-et-Loire (49). Mise au point d’un élevage de *Chrysoperla kolthoffi* (Navás). In Deuxième Conférence Internationale sur les Moyens Alternatifs de Lutte contre les Organismes Nuisibles aux Végétaux. Lille, France. Imprimerie L’Artésienne, Liévin, France, 112.
270. **CANARD M., MAZEL R., TILLIER P., DANFLOUS S., & THIERRY D., 2006.** Répartition des Chrysopes en France. *Bull. de la Société entomologique de France*, 111 (3) : 353-366.

271. **DIXON A.F.G., 2000.** Insect Predator-prey Dynamics Ladybird Beetles and Biological Control. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 268 p.
272. **CLOUTIER C & CLOUTIER C., 1992.** Les solutions biologiques de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures, pp. 19-105. Dans C. Vincent et D. Coderre (eds.), La lutte biologique. Gaëtan Morin, Boucherville, Québec. 671 p.
273. **CALABUIG A., GARCIA-MARI F., & PEKAS A., 2014.** Ants affect the infestation levels but not the parasitism of honeydew and non-honeydew producing pests in citrus. *Bulletin of Entomological Research*, 104(4): 405-417.
274. **DEBACH P., & ROSE M., 1976.** Biological control of Woolly Whitefly. *California Agriculture*, 30: 4-7.
275. **CHERMITI B., DALI M., MESSELMANI H & ONILLON J.C., 1992.** Control of the wooley whitefly, *Aleurothrixus floccosus* (Hom., Aleurodidae) by the parasitoid *Cales noacki* (Hymenopt., Aphelinidae). *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 3: 1251-1255.
276. **CENJOR R.L., 2012.** Comparación de la abundancia y biodiversidad de artrópodos auxiliares entre parcelas de cultivo ecológico y convencional, en plantaciones de cítricos, caqui y nectarina. Tesis Doctoral. 192p.
277. **CASTAÑER M., GARRIDO, A. DEL BUSTO T. & MALAGÓN J., 1989.** Efectos de diversos insecticidas en laboratorio sobre la mortalidad de los estados inmaduros de la mosca blanca algodonosa *Aleurothrixus floccosus* (Mask.) e incidencia sobre el insecto útil *Cales noacki* How. *An. INIA Serie Agric*, 4: 413-427.
278. **HANCE T., BAAREN J. VAN VERNON P., BOIVIN G., 2007.** Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annual Review of Entomology*, 52: 107–126.
279. **COCK M.J.W., VAN LENTEREN J., BRODEU J., BARRATT B., BIGLER F., BOLCKMANS K., CONSOLI F.L., HAAS F., MASON P.G., & PARRA J.R.P, 2010.** Do new access and benefit sharing procedures under the Convention on Biological Diversity threaten the future of biological control. *Biocontrol*, 55:199-218.
280. **AGRAWAL A., 2000.** Mechanisms, ecological consequences and agricultural implications of tri-trophic interactions. *Current Opinion in Plant Biology*, 3: 329-335.
281. **BELLOWS T.S., PAINE JR.T.D. & GERLING D, 1992.** Development, Survival, Longevity, and Fecundity of *Clitostethus arcuatus* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Siphoninus phillyreae* (Homoptera: Aleyrodidae) in the Laboratory. *Environmental Entomology*, 21: 659-663.

282. **BASIRI GH, ALLAHYARI M, FASIHI MT., 2004.** Parsaitoids and predators of citrus aleyrodids in south of Iran, Proceeding of the 16th Iranian Plant Protection Congress 28 August-1 September, Tabriz, Iran. 44 p.
283. **WOIN N., VOLKMAR C., & WETZEL T., 2000.** Seasonal activity and diversity of ladybirds (Coleoptera : Coccinellidae) as ecological bioindicators in paddy fields. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*, 12: 203-206.
284. **BRU P.F., 2006.** Insectos depredadores en los cultivos cítricos valencianos, abundancia, evolución estacional y distribución espacial. Trabajo de Fin de Carrera. Departamento Ecosistemas Forestales. Universidad Politécnica de Valencia.
285. **BALE J.S., MASTERS G.J., HODKINSON I.D., AWMACK C., BEZEMER T.M., BROWN V.K., BUTTERFIELD J., BUSE A., COULSON J.C. & FARRAR J., 2002.** Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Glob Change Biol*, 8 : 1-16.
286. **THOMSON L., MACFADYEN S. & HOFFMANN A., 2010.** Predicting the effects of climate change on natural enemies of agricultural pests. *Biol. Control*, 52: 296-306.
287. **ASPLANATO G. & GARCIA-MARI F., 2002.** Parasitismo de la cochinilla roja californiana *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Diaspididae) en la zona citrícola sur de Uruguay. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 28: 5-20.
288. **SORRIBAS J.J., RODRIGUEZ R., RODRIGO E., & GARCIA-MARI F., 2008.** Niveles de parasitismo y especies de parasitoides del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae) en cítricos de la Comunidad Valenciana. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 34: 201-210.
289. **MAHMOUDI A. 2013.** Les populations d'Aleyrodidae (insecte, Homoptera) et communautés auxiliaires associées dans la région agrumicole de Chlef : biodiversité et dynamique d'activité. These de Magister. Université de Blida 1. 158 p.
290. **HAMMER Ø., HARPER D. A. T. & RYAN P. D. 2001.** PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron*, 4: (1). 1-9.
291. **LEPS J., DE BELLO F., LAVOREL S., BERMAN S. 2006.** Quantifying and interpreting functional diversity of natural communities: practical considerations matter. *Preslia*, 78:481-501.
292. **WEIHER E., & KEDDY P. 1999.** Ecological Assembly Rules:

- Perspectives, advances, retreats. Eds, (Cambridge University Press, Cambridge). 165-206.
293. **LAVOREL S., & GARNIER E. 2002.** Predicting the effects of environmental changes on plant community composition and ecosystem functioning: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16: 545-556.
 294. **SIMON S., SAUPHANOR B., DEFRANCE H., LAURI P.E. 2009.** Manipulations des habitats du verger biologique et de son environnement pour le contrôle des bioagresseurs. Des éléments pour la modulation des relations arbre-ravageurs auxiliaires. *Innovations Agronomiques*. 4: 125-134.
 295. **SAHARAOU L., HEMPTINNE J-L., MAGRO. 2015.** Organisation des communautés de coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) dans le nord et le sud A algérien. *Entomol. Faun*, 68 : 219-232
 296. **IPERTI G., 1999.** Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. *Agriculture. Ecosystems & Environment* 74:323–342.
 297. **ALHMEDI A., HAUBRUGE E., FRANCIS F. 2009.** Effect of stinging nettle habitats on aphidophagous predators and parasitoids in wheat and green pea fields with special attention to the invader *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). *Entomological Science*, 12: 349–358.
 298. **SMALI M. C., ABBASSI M., BOUTALEB J. A., BLENZAR A. 2013.** Richesse spécifique des ennemis naturels associés aux vergers d'agrumes au Maroc: Intérêt et implication pour la lutte biologique. *Bulletin OEPP/EPPO*, 43 (1): 155–166.
 299. **SAHARAOU L., BENZARA A., DOUMANDJI- MITICHE B. 2001.** Dynamique des populations de *Phyllocnistis citrella* Stainton (1856) et impact de son complexe parasitaire en Algérie. *Fruits*, (56) : 403–413.
 300. **CABEZAS Y., CASAÑAS M.A., FERNANDEZ I. C., MARTIN P., OCETE M. E. 1998.** Parasitismo de *Pnigalio* sp. Schrank (Hymenoptera: Eulophidae) sobre *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Phyllocnistidae) en cítricos del área metropolitana de Sevilla. *Bol. San. Veg. Plagas*, 24: 175-182.
 301. **GARCIA-MARÍ F., VERCHER R., COSTA-COMELLES J., MARZAL C., VILLALBA M. 2004.** Establishment of *Citrostichus phyllocnistoides* (Hymenoptera: Eulophidae) as a biological control agent for the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Spain. *Biol. Control*, 29 :215– 226.
 302. **LEE S., KIM I-K., PARK Y-K., CHOI C-W., BYUN B-K. 2015.** Preliminary survey of indigenous parasites associated with *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera, Gracillariidae) in Jeju, Korea. *J Asia Pac Biodivers*,

- 8: 371-374.
303. **TEIXEIRA ALVES M. 2013.** Des interactions indirectes entre les proies : Modélisation et influence du comportement du prédateur commun. Thèse de Doctorat, l'Université de Nice-Sophia Antipolis. 224p.
304. **SATAR S., SATAR G., KARACAOĞLU M., UYGUN N., KAVALLIERATOS N.G., STARÝ P., ATHANASSIOU C.G., 2014.** Parasitoids and hyperparasitoids (Hymenoptera) on aphids (Hemiptera) infesting citrus in east Mediterranean region of Turkey. *J. Insect Sci*, 43(6):1485-1495
305. **GÓMEZ-MARCO F., URBANEJA A., JAQUES J.A., RUGMAN-JONES P.F., STOUTHAMER R., TENA A. 2015.** Untangling the aphid-parasitoid food web in citrus: Can hyperparasitoides disrupt biological control?. *Biological Control*, 81: 111-121.
306. **SNYDER W & IVES A., 2003.** Interactions between specialist and generalist natural enemies: parasitoids, predators, and pea aphid biocontrol. *Ecology*, 84: 91–107.
307. **ALTIERI M., NICHOLLS C., 2004.** Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. Food Products Press. 252 p.
308. **VAN DEN BOSCH R., TELFORO A.D., 1964.** Environmental modification and biological control. In: Biological Control of Insect Pests and Weeds, 459-488p.
309. **HAGLEY E.A.C., BARBER D.R., 1992.** Effect of food sources on the longevity and fecundity of *Pholetesor ornigis* (Weed) (Hymenoptera: Braconidae). *Can. Entomol*, 124: 341-346.
310. **ALTIERI M.A., LETOURNEAU D.K., 1982.** Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop protection*, 1 (4): 405-430.
311. **FELIX L., WÄCKERS P.C.J., VAN RIJN HEIMPEL G.E., 2008.** Honeydew as a food source for natural enemies: Making the best of a bad meal?. *Biological Control*, 45 (2): 176-184.
312. **VAN EMDEN H.F., 1981.** Wild plants in the ecology of insect pests. In: Pests, Pathogens and Vegetation: The role of weeds and wild plants in the ecology of crop pests and diseases, 251-262.
313. **IDRIS A.B., GRAFIUS E., 1995.** Wildflowers as nectar sources for *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of diamondback moth, *Plutellaxylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Econ. Entomol* 24: 1726-1735.
314. **WACKERS F.L., VAN RIJN P.C.J., BRUIN J., 2005.** Plant Provided Food and Plant-Carnivore Mutualism. Cambridge, U.K.: Cambridge University

Press.

315. **KALYANASUNDARAM M., MERLIN KAMALA I., 2016.** Ecofriendly Pest Management for Food Security, Chapter 4, *parasitoids*, 109-138.
316. **WACKERS F.L., 2001.** A comparison of nectar and honeydew sugars with respect to their utilization by the hymenopter an parasitoid *Cotesia glomerata*, *Journal of Insect Physiology*, 47: 1077–1084.
317. **FREEMAN L.R., CORBETT A., LAMB C., REBERG-HORTON C., CHANDLER J., STIMMANN, M., 1998.** Beneficial insects move from flowering plants to nearby crops. *Calif. Agric*, 52: 23–26.
318. **PEMBERTON, R.W., VANDENBERG N.J., 1993.** Extrafloral nectar feeding by ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 95:139–151.
319. **MENALLED, F.D., LANDIS D.A., DYER L., 2004.** Research and extension supporting ecologically based IPM systems. *Journal of Crop Improvement*, 11:153–174.
320. **TOPHAM M., BEARDSLEY J.W., 1975.** An influence of nectar source plants on the New Guinea sugarcane weevil parasite, *Lixophaga sphenophori* (Villeneuve). *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, 22: 145-155.
321. **MAYSE M.A., PRICE P.W., 1978.** Seasonal development of soybean arthropod communities in east central Illinois. *Agro-ecosystems*, 4: 387-405.
322. **LIANG W., HUANG M., 1993.** Influence of citrus orchard ground cover plants on arthropod communities in China: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 50:29-37.
323. **LIANG W., 1989.** The effect of insecticides on the arthropod community in a citrus orchard. In: Studies on the Integrated Management of Citrus Insect Pests. *Academic Book Periodical Press*, 176-198.
324. **LI S.S., 2009.** The occurrence of *Aleurocanthus spiniferus* and its integrated control strategies. *Fujian Agric. Sci. Technol*, 11: 50–53.
325. **FU J.S., HUANG Z.H., 2007.** Demonstration of biological control technology by using predator to suppress pest mite on citrus. *Fujian Fruits*, 141: 50–51.
326. **WU H.M., 2005.** Biological control technology of fruits insect pests. *Shanxi Agric*, 24-32.

ANNEXE

(Appendice A)

Verger de Oued sly

Variabilité des infestations larvaires et adultes en fonction des paramètres climatiques de la région agrumicole de Oued sly

Corrélations de Pearson

	inf_ad	in_L	TM	Tm	T	P	v vent	H%
inf_ad	0	0,8852	0,01988	0,01414	0,02092	0,015067	0,006099	0,0777
in_L	1	0	0,08853	0,091558	0,1106	0,1939	0,28634	1,14E-05
TM	1	1	0	0,002946	0,0606	0,7075	1	0,04659
Tm	0,3959	0,004362	0,08248	0	0,03509	0,3408	0,2145	3,66E-05
T	0,5858	0,03097	1	0,9825	0	0,977	0,0001233	3,66E-05
P	1	1	1	1	1	0	0,1749	0,001652
v vent	0,1708	0,001024	0,001024	1	0,003454	1	0	3,66E-05
H%	0,01338	0,08248	0,001024	0,001024	0,001024	0,04626	0,001024	0

(Appendice B)

Evolution des stades larvaires d'*A.floccosus* sur le feuillage

Test de kruskall wallis

0	Lv	Lm	pu_v	Lp
Lv	0	0,5444	0,141	0,0606
Lm	1	0	0,3123	0,6236
pu_v	0,8457	1	0	0,5444
Lp	0,3636	1	1	0

(Appendice C)

Répartition des populations de l'aleurode floconneux en relation avec l'orientation

Analysis of Variance		A_floc_adult			
Glm					
Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
SAISON\$	0,702	1	0,702	1,002	0,326
TEMPS\$	79,321	8	9,915	14,143	0
DIRECTION\$	9,249	3	3,083	4,398	0,012
Error	18,928	27	0,701		

Analysis of Variance		A_floc_larve			
Glm					
Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
SAISON\$	0,125	1	0,125	13,782	0,001
TEMPS\$	1,857	8	0,232	25,497	0
DIRECTION\$	0,281	3	0,094	10,291	0
Error	0,246	27	0,009		

(Appendice D)

Variabilité des infestations larvaires et adultes en fonction des paramètres climatiques de la région agrumicole de Chlef 1

Corrélations de Pearson

	inf_ad	in_L	TM	Tm	T	P	v_vent	H
inf_ad	0	0,68626	0,033598	0,026466	0,026466	0,032625	0,87803	0,036667
in_L	304	0	0,82864	0,80995	0,70039	0,17043	0,44155	0,88527
TM	101	258	0	0,0012648	0,00098972	0,0040281	0,30749	0,003224
Tm	93	256	8	0	0,0011661	0,0043341	0,23687	0,0050102
T	93	244	2	6	0	0,0034741	0,29663	0,0040281
P	462	390	534	532	538	0	0,15044	0,0046611
v_vent	294	340	374	388	376	162	0	0,54649
H	458	288	540	528	534	42	234	0

(Appendice E)

Variabilité des infestations larvaires et adultes en fonction des paramètres climatiques de la région agrumicole de Chlef 2

Corrélations de Pearson

	inf_ad	in_L	TM	Tm	T	P	v	H
inf_ad	0	0,36615	0,20235	0,2058	0,2058	0,35498	0,055833	0,27816
in_L	-0,19968	0	0,010569	0,028212	0,013564	0,29244	0,44721	0,074605
TM	0,2817	-0,5649	0	4,57E-05	1,34E-05	0,0071986	0,78062	0,00014447
Tm	0,27955	-0,48485	0,90079	0	2,12E-05	0,014029	0,94491	0,00036279
T	0,27955	-0,54545	0,96186	0,93939	0	0,0094072	0,72973	0,000123
P	-0,20438	0,23262	-0,59382	-0,54278	-0,5738	0	0,77726	0,029572
v	0,42254	-0,16794	0,061538	0,015268	0,076338	0,062508	0	0,44721
H	-0,23962	0,39394	-0,83972	-0,78788	-0,84848	0,48075	-0,16794	0

(Appendice F)

Variabilité des infestations larvaires et adultes en fonction des paramètres climatiques de la région agrumicole de Chettia

Corrélations de Pearson

	inf_ad	in_L	TM	Tm	T	P	v	H%
inf_ad	0	0,24935	0,45415	0,47561	0,46125	0,34155	0,57769	0,58402
in_L	0,36072	0	0,16509	0,065371	0,11176	0,49828	0,66518	0,18852
TM	0,23912	0,42804	0	2,39E-08	6,65E-12	0,019404	0,72603	1,89E-07
Tm	0,22821	0,54754	0,98008	0	7,61E-11	0,060255	0,86471	3,82E-07
T	0,23549	0,48292	0,99615	0,99372	0	0,0323	0,78525	1,18E-07
P	-0,30112	-0,21692	-0,66044	-0,55643	-0,61778	0	0,037481	0,058299
v	0,17904	-0,13962	-0,11324	-0,055199	-0,088171	0,60414	0	0,96724
H%	-0,17612	-0,40753	-0,96977	-0,96514	-0,97252	0,55997	0,013314	0

(Appendice G)

Variabilité des infestations larvaires et adultes en fonction des paramètres climatiques de la région agrumicole de Oued fodda

Corrélations de Pearson

	inf_ad	in_L	TM	Tm	T	P	v	H%
inf_ad	0	0,85657	0,36615	0,36615	0,27816	0,36249	0,85657	0,36615
in_L	0,039936	0	0,0091672	0,019729	0,019729	0,084087	0,17023	0,054854
TM	0,19968	-0,57576	0	6,07E-04	6,97E-05	0,00025006	0,099817	2,55E-03
Tm	0,19968	-0,51515	0,75758	0	6,97E-05	0,0007097	0,17023	1,23E-04
T	0,23962	-0,51515	0,87879	0,87879	0	0,00025006	0,099817	3,63E-04
P	-0,20121	0,38169	-0,80918	-0,74811	-0,80918	0	0,112	0,00014447
v	0,039936	-0,30303	0,36364	0,30303	0,36364	-0,35116	0	0,21709
H%	-0,19968	0,42424	-0,66667	-0,84848	-0,78788	0,83972	-0,27273	0

(Appendice H)

Variabilité des infestations larvaires et adultes en fonction des paramètres climatiques de la région agrumicole de Boukader

Corrélations de Pearson

	inf_ad	in_L	TM	Tm	T	P	v	H%
inf_ad	0	0,098047	0,48771	0,60217	0,53185	0,33343	0,88496	0,46635
in_L	-0,49975	0	0,38789	0,42102	0,39923	0,5734	0,65752	0,43623
TM	0,22215	-0,27451	0	1,52E-08	2,23E-12	0,0023937	0,40677	3,54E-06
Tm	0,1678	-0,25647	0,98182	0	7,67E-11	0,0023796	0,50023	1,40E-06
T	0,20062	-0,26825	0,9969	0,99371	0,00E+00	2,21E-03	0,44213	1,61E-06
P	-0,30598	0,18103	-0,78682	-0,7871	-0,79043	0,00E+00	0,64924	1,34E-03
v	-0,046885	-0,14299	0,26414	0,21596	0,24534	-0,14666	0	4,15E-01
H%	-0,23289	0,24843	-0,94522	-0,95465	-0,95332	0,81185	-0,25953	0

(Appendice I)

Evolution des stades états larvaires de *D.citri* sur le feuillage

test de kruskall wallis				Chlef 1
0	Lv	Lm	pu_v	
Lv	0	0,01414	0,007912	<0,1%
Lm	0,04241	0	0,2482	
pu_v	0,02374	0,7446	0	

test de kruskall wallis				Chlef 2
0	Lv	Lm	pu_v	
Lv	0	0,4705	0,106	<0,1%
Lm	1	0	0,03509	
pu_v	0,3179	0,1053	0	

test de kruskall wallis				Chettia
0	Lv	Lm	pu_v	
Lv	0	0,000308	0,08853	<0,1%
Lm	0,0009241	0	0,4357	
pu_v	0,2656	1	0	

test de kruskall wallis				Oued fouda
0	Lv	Lm	pu_v	
Lv	0	0,5834	0,5444	
Lm	1	0	0,0531	
pu_v	1	0,1593	0	

test de kruskall wallis				Boukader
0	Lv	Lm	Lpu	
Lv	0	0,02434	0,931	<0,1%
Lm	0,07303	0	0,08853	
Lpu	1	0,2656	0	

(Appendice J)

Répartition des populations adultes de *D.citri* en relation avec l'orientation

Analysis of Variance D_citri_adult					
Chlef 1					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
SAISON\$	116,85	1	116,85	20,682	0
TEMPS\$	5 905,486	8	738,186	130,658	0
DIRECTION\$	26,229	3	8,743	1,547	0,225
Error	152,544	27	5,65		
Chlef 2					
Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
SAISON\$	4,487	2	2,243	4,135	0,027
TEMPS\$	47,02	7	6,717	12,381	0
DIRECTION\$	2,956	3	0,985	1,816	0,168
Error	14,649	27	0,543		
Chettia					
Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
SAISON\$	0,584	1	0,584	0,175	0,679
TEMPS\$	242,509	8	30,314	9,067	0
DIRECTION\$	9,349	3	3,116	0,932	0,439
Error	90,269	27	3,343		
Oued fouda					
Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
SAISON\$	326,041	2	163,02	17,017	0
TEMPS\$	3 140,939	7	448,706	46,838	0
DIRECTION\$	21,758	3	7,253	0,757	0,528
Error	258,657	27	9,58		
Boukader					
Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
SAISON\$	667,489	2	333,744	16,872	0
TEMPS\$	7 686,013	7	1 098,002	55,509	0
DIRECTION\$	123,988	3	41,329	2,089	0,125
Error	534,072	27	19,78		

(Appendice K)

Répartition des populations larvaires de *D.citri* en relation avec l'orientation

Analysis of Variance D_citri_larve					
Chlef 1					
Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
SAISON\$	0,005	2	0,003	0,08	0,924
TEMPSS\$	3,494	7	0,499	15,124	0
DIRECTION\$	0,219	3	0,073	2,212	0,11
Error	0,891	27	0,033		
Chlef 2					
Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
SAISON\$	0,01	1	0,01	0,238	0,629
TEMPSS\$	2,616	8	0,327	7,767	0
DIRECTION\$	0,561	3	0,187	4,44	0,012
Error	1,137	27	0,042		
Chettia					
Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
DIRECTION\$	0,158	3	0,053	3,674	0,024
TEMPSS\$	10,949	8	1,369	95,487	0
SAISON\$	0,427	1	0,427	29,798	0
Error	0,387	27	0,014		
Oued fodda					
Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
SAISON\$	0,253	2	0,127	11,247	0
TEMPSS\$	7,665	7	1,095	97,336	0
DIRECTION\$	0,059	3	0,02	1,741	0,182
Error	0,304	27	0,011		
Boukader					
Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
SAISON\$	1,198	2	0,599	30,518	0
TEMPSS\$	5,314	7	0,759	38,693	0
DIRECTION\$	0,043	3	0,014	0,726	0,545
Error	0,53	27	0,02		

(Appendice L)

La faune auxiliaire associée à l'aleurode floconneux *A.floccosus* à Oued sly

Test de kruskall wallis

Oued sly		
	prédateurs	parasitoïdes
prédateurs	0	0,1489
parasitoïdes	0,1489	

Oued sly				
	<i>Encarsia_sp1</i>	<i>Eretmocerus_sp</i>	<i>C_noacki</i>	
<i>Encarsia_sp1</i>	0	0,7075	0,00355	<1%
<i>Eretmocerus_sp</i>	1	0	0,004669	<1%
<i>C_noacki</i>	0,01065	0,01401		

Oued sly			
	<i>S_aleyrodiformis</i>	<i>C_arcuatus</i>	<i>C_carnea</i>
<i>S_aleyrodiformis</i>	0	0,1659	0,1659
<i>C_arcuatus</i>	0,4976	0	0,977
<i>C_carnea</i>	0,4976	1	0

(Appendice M)

La faune auxiliaire associée à l'aleurode des citruses *Dialeurodes citri* au niveau du verger de Chlef 1

Test de kruskall wallis

Chlef 1			
	prédateurs	parasitoïdes	
prédateurs	0	0,01657	<0,1%
parasitoïdes	0,01657		

Chlef 1		
	<i>C_noacki</i>	<i>Encarsia_sp1</i>
<i>C_noacki</i>	0	0,931
<i>Encarsia_sp1</i>	0,931	0

Chlef 1					
	<i>C_carnea</i>	<i>C_psociformis</i>	<i>S_aleyrodiformis</i>	<i>C_arcuatus</i>	
<i>C_carnea</i>	0	0,7728	0,1124	0,02258	<1%
<i>C_psociformis</i>	1	0	0,204	0,0404	<1%
<i>S_aleyrodiformis</i>	0,6741	1	0	0,3123	
<i>C_arcuatus</i>	0,1355	0,2424	1	0	

(Appendice N)

La faune auxiliaire associée à l'aleurode des citrus *Dialeurodes citri* au niveau du verger de Chlef 2

Test de kruskall wallis

Chlef 2			
	prédateurs	parasitoïdes	
prédateurs	0	0,0001096	<1‰
parasitoïdes	0,0001096	0	

Chlef 2		
	<i>C_carnea</i>	<i>C_arcuatus</i>
<i>C_carnea</i>	0	3,66E-05
<i>C_arcuatus</i>	3,66E-05	0

(Appendice O)

La faune auxiliaire associée à l'aleurode des citrus *Dialeurodes citri* au niveau du verger de Chettia

Test de kruskall wallis

Chettia			
	prédateurs	parasitoïdes	
prédateurs	0	0,005584	<1%
parasitoïdes	0,005584	0	

Chettia		
	<i>Encarsia_sp2</i>	<i>Encarsia_sp1</i>
<i>Encarsia_sp2</i>	0	0,4705
<i>Encarsia_sp1</i>	0,4705	0

Chettia				
	<i>S_aleyrodiformis</i>	<i>C_carnea</i>	<i>C_arcuatus</i>	
<i>S_aleyrodiformis</i>	0	0,00355	0,0002199	<1%
<i>C_carnea</i>	0,01065	0	0,09407	
<i>C_arcuatus</i>	0,0006596	0,2822	0	

(Appendice P)

La faune auxiliaire associée à l'aleurode des citruses *Dialeurodes citri* au niveau du verger de Oued fodda

Test de kruskall wallis

Oued fodda		
	prédateurs	parasitoïdes
prédateurs	0	3,66E-05
parasitoïdes	3,66E-05	0

Oued fodda			
	<i>Encarsia_sp3</i>	<i>Encarsia_sp1</i>	<i>Eretmocerus_sp</i>
<i>Encarsia_sp3</i>	0	0,6033	0,7508
<i>Encarsia_sp1</i>	1	0	0,4357
<i>Eretmocerus_sp</i>	1	1	0

Oued fodda			
	<i>C_carnea</i>	<i>S_aleyrodiformis</i>	<i>C_arcuatus</i>
<i>C_carnea</i>	0	0,000532	0,0001233
<i>S_aleyrodiformis</i>	0,001596	0	0,2987
<i>C_arcuatus</i>	0,00037	0,8961	0

(Appendice Q)

La faune auxiliaire associée à l'aleurode des citruses *Dialeurodes citri* au niveau du verger de Boukader

Test de kruskall wallis

Boukader		
	prédateurs	parasitoïdes
prédateurs	0	0,3123
parasitoïdes	0,3123	0

Boukader				
	<i>Encarsia_sp4</i>	<i>Eretmocerus_sp</i>	<i>Encarsia_sp3</i>	
<i>Encarsia_sp4</i>	0	0,3408	0,03266	<1%
<i>Eretmocerus_sp</i>	1	0	0,1333	
<i>Encarsia_sp3</i>	0,09799	0,4	0	

Boukader			
	<i>C_carnea</i>	<i>C_arcuatus</i>	<i>S_aleyrodiformis</i>
<i>C_carnea</i>	0	0,1939	0,7508
<i>C_arcuatus</i>	0,5818	0	1
<i>S_aleyrodiformis</i>	1	1	0

**APPROCHE FONCTIONNELLE DE LA DIVERSITÉ DES COMMUNAUTÉS
D'INSECTES AUXILIAIRES DANS UN VERGER DE CLEMENTINIER À CHLEF.**MAHMOUDI Abdelhaq^{1,3*}, ALLAL BENFEKIH Leila², ROUABHI Abdeldjabar³

1. Université de Blida1- Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie- Département des Biotechnologies - Laboratoire de recherche en Biotechnologie des Productions Végétales, B.P. 270, route de Soumaâ, Blida- Algérie.
2. Université de Blida1- Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie- Département des Biotechnologies- Laboratoire de recherche sur les Plantes Médicinales et Aromatiques, B.P. 270, route de Soumaâ, Blida- Algérie.
3. Université de Chlef- Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie- Département d'Agronomie-Biotechnologies-Chlef-Algérie.

*Reçu le 08/11/2017, Révisé le 18/12/2017, Accepté le 31/12/2017***Résumé**

Description du sujet. Les auxiliaires présentent un intérêt primordial dans les programmes de lutte biologique, il est donc important d'étudier leur diversité dans un verger conduit en mode traditionnel sans apport de pesticides.

Objectifs. Effectuer un inventaire des principales espèces auxiliaires des ravageurs d'agrumes au niveau de la région agrumicole de Chlef (Ouest algérien), et comparer leurs diversités saisonnières.

Méthodes. Des suivis périodiques ont été effectués de juillet 2013 à juin 2014 dans un verger de Clémentinier de la région de Chlef. Des observations et comptages directs des auxiliaires sur le feuillage et à partir de pièges jaunes englués placés au niveau de la frondaison ont été effectués.

Résultats. Trois groupes fonctionnels sont rencontrés totalisant une richesse de 40 taxons répartis en 15 familles. Le groupe des prédateurs englobe des Coccinellidae, des Chrysopidae et des Coniopterygidae ; le groupe des Hymenoptera parasitoïdes est le plus important, représenté par 32 taxons.

Conclusion. Une faune auxiliaire diversifiée a été recensée, englobant des prédateurs et parasitoïdes de différents ravageurs, une grande partie de cette faune comporte des ennemis naturels de *Dialeurodes citri* mais leur activité de régulation biologique reste faible, expliquant ainsi les importants dégâts occasionnés par cette espèce de mouche blanche.

Mots clés: Diversité; auxiliaires; *Dialeurodes citri*; agrumes, Chlef.

**FUNCTIONAL APPROACH TO THE DIVERSITY OF AUXILIARY INSECT
COMMUNITIES IN A CLEMENTINE ORCHARD AT CHLEF.****Abstract**

Description of the subject. Auxiliaries are of primary interest in biological control programs, so it is important to study their diversity in an orchard conducted in the traditional mode without the use of pesticides.

Objective. Conduct an inventory of the main citrus pest beneficial species in the citrus fruit area of Chlef and compare their seasonal diversities.

Methods. A periodic monitoring was conducted from July 2013 to June 2014 in a Clementine orchard from Chlef region. Observations and direct counting of auxiliary species were realized using yellow sticky traps placed on the level of the canopy foliage.

Results. Three functional groups are found totaling a richness of 40 taxa divided into 15 families. The group of predators includes Coccinellidae, Chrysopidae and Coniopterygidae; the group of Hymenoptera parasitoids is the largest represented by 32 taxa.

Conclusion. A diverse auxiliary fauna has been identified, including predators and parasitoids from different pests, a large part of this fauna contains natural enemies of *Dialeurodes citri*, but their biological regulation activity remains weak, explaining the important damage caused by this whitefly species.

Keywords: Diversity; auxiliaries; *Dialeurodes citri*; citrus, Chlef.

*Auteur correspondant: MAHMOUDI Abdelhaq, Email : a.mahmoudi@univ-chlef.dz

INTRODUCTION

En Algérie, l'agrumiculture présente un potentiel économique important. La région de Chlef est considérée comme la 2^{ème} zone de production agrumicole en Algérie avec plus de 5000 ha de plantations [1]. Néanmoins, les agrumes sont menacés en raison de leurs sensibilités à une large communauté de ravageurs pouvant endommager la plante hôte à différents stades phénologiques [2].

Face aux attaques de différents ravageurs, l'utilisation des traitements phytosanitaires est devenue très fréquente [3], affectant ainsi le cortège auxiliaire et pouvant même entraîner la disparition de certaines espèces utiles [4, 5]. Différents arthropodes et insectes parasitoïdes et prédateurs participent à la protection des vergers agrumicoles [6] et se distinguent suivant leur mode d'attaque ou de parasitisme. Cependant, la connaissance de la diversité et de l'abondance des insectes utiles associés aux agroécosystèmes d'agrumes au niveau de la région de Chlef n'a pas fait l'objet d'études concrètes à ce jour. C'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressés aux populations d'auxiliaires circulantes en parcelles d'agrumes pour entrevoir les potentialités des principales espèces d'intérêt agricole pouvant jouer un rôle déterminant dans un éventuel programme de lutte biologique ou intégré.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Localisation géographique du verger d'étude

Le verger d'étude âgé de 60 ans et d'une superficie avoisinant 2,34 ha, se localise dans la région agrumicole de Chlef, au centre d'une ferme pilote, à 36°10'04.56" de Latitude Nord et 1°17'18.09" de Longitude Est. Il est planté par des clémentiniers *Citrus reticulata*, disposés en rangées et distants l'un de l'autre de 5 mètres. Le verger est délimité par une parcelle de céréales et par d'autres vergers d'agrumes. Aucun traitement phytosanitaire n'a été appliqué pendant la période d'échantillonnage ainsi que les années précédentes. Les travaux d'entretien de la plantation sont absents.

2. Méthode d'échantillonnage

Au cours de la période allant de juillet 2013 à juin 2014, des suivis périodiques des populations d'auxiliaires ont été menés.

Les échantillonnages ont été effectués chaque quinzaine durant la période de suivi à raison de 19 relevés au total répartis en quatre périodes saisonnières (Tableau 1).

Tableau 1. Planning des échantillonnages dans le verger de clémentinier étudié.

Périodes de relevés	Nombre de relevés	Dates
Fin été en 2013	3	20/07, 03/08 ; 17/08
Automnale en 2013	6	01/09 ; 14/09 ; 28/09, 12/10 ; 19/10, 26/10
Printanière en 2014	6	08/03; 22/03 ; 05/04 ; 19/ 04, 03/05 ; 17/05
Début été en 2014	4	01/06; 14/06 ; 28/06 ; 12/07

2.1. Observations directes sur les rameaux

L'échantillonnage des rameaux a porté sur l'observation des anciennes et nouvelles pousses du feuillage, en choisissant de façon aléatoire 10 arbres au centre du verger. Un rameau est observé à chaque direction cardinale. Le nombre d'auxiliaires adultes observés sur le feuillage est rapporté sur des fiches de suivi préalablement établies afin d'établir les fluctuations temporelles des principaux auxiliaires circulants et leur variation d'abondances au niveau du verger.

2.2. Captures par pièges jaunes englués

Les pièges collants sont couramment utilisés pour l'échantillonnage des ravageurs ainsi que leurs ennemis naturels [7, 8]. Ils permettent de capturer un très grand nombre d'insectes notamment des hémiptères, des diptères, des hyménoptères et certains coléoptères comme les coccinelles [9]. Cinq pièges collants de type HORIVER de 150 cm² (25 x 10 cm) de forme rectangulaire de couleur jaune vif et enduit de glu, ont été utilisés. Ces pièges ont été suspendus à une hauteur comprise entre 0,5 et 1,5 mètre à l'extérieur de la frondaison des arbres choisis aléatoirement.

A chaque quinzaine, durant toute la période d'échantillonnage, les pièges avec les captures sont collectés et remplacés.

Ils sont par la suite recouverts par un film alimentaire transparent pour conserver les insectes volants qui y sont tombés. Le comptage et l'identification des insectes capturés ont été réalisés au laboratoire.

2.3. *Identifications de l'entomofaune*

Les échantillons ramenés au laboratoire sont triés et observés à l'aide d'une loupe binoculaire adaptée. Les spécimens minuscules sont conservés dans des flacons, ou des tubes à essais contenant de l'alcool à 70 % pour leur conservation jusqu'à leur identification. Les insectes de taille moyenne à grande, sont fixés et étalés. Les insectes prédateurs et parasitoïdes ont été comptés, des grossissements ($\times 20$, $\times 40$, $\times 80$) ont été utilisés selon les nécessités d'une meilleure identification.

Au niveau des plaques engluées, les Hyménoptères parasitoïdes ont été d'abord repérés par un numéro à l'aide d'un stylo feutre indélébile. Grâce au grossissement de la loupe binoculaire, on peut visualiser avec plus de précision les détails morphologiques de l'insecte en rapport notamment avec la nervation alaire, la forme des antennes et leur position au niveau de la tête, le nombre d'articles des tarse. L'identification des taxons capturés a été réalisée au niveau du genre et de l'espèce pour la majorité des familles. Pour cela, plusieurs clés d'identification des parasitoïdes ont été utilisées [10;11; 12;13].

2.4. *Etude des abondances, des richesses et des diversités de l'entomofaune*

Les abondances des auxiliaires recensées au niveau du verger de clémentinier étudié ont été comptées individuellement par piège, puis rapportées à des moyennes d'abondance. Les richesses des familles ou des taxons (déterminations génériques ou spécifiques) ont été établies pour les communautés d'insectes parasitoïdes et prédateurs. Pour évaluer la diversité en auxiliaires dans le verger, en fonction de la distribution des espèces dans chaque communauté, l'indice de diversité de Shannon-Weaver a été considéré.

Les différences entre les diversités saisonnières ont été mises en évidence par la comparaison des pentes des équations des droites des fluctuations d'abondances de Motomura (1932).

2.5. *Diagrammes rang-fréquence*

A partir des valeurs logarithmiques des abondances moyennes des différents taxons, nous avons construit des diagrammes rang-fréquence pour chaque communauté saisonnière pour expliquer leur structure et l'ordre d'apparition des taxons circulants au niveau du verger de clémentinier. Nous avons considéré explicitement les abondances respectives de la période estivale au début et à la fin de notre période de suivi, durant la période automnale en 2013 (de septembre à octobre) et au courant de la période printanière en 2014 (de mars à mai). Chaque courbe de progression des abondances des communautés saisonnières spécifiques a été affectée d'une courbe de tendance linéaire d'équation de la forme $y = ax + b$ où a représente la pente de la droite qui est le modèle de Motomura (1932).

2.6. *Analyses statistiques*

Nous avons utilisé une analyse ANOSIM (analyse des similitudes) (Past ver. 3.17) [14] pour comparer des assemblages de taxons auxiliaires pris deux à deux, entre les périodes saisonnières considérées dans le verger de clémentinier étudié. Ce type d'analyse est un test non paramétrique qui décompose la contribution de chaque espèce à la similarité observée entre les échantillons permettant d'identifier les espèces qui sont les plus importantes dans la création du modèle de similarité observé. La méthode utilise la mesure de similarité de Bray-Curtis Clark (1993), en comparant chaque échantillon du groupe 1 avec chaque échantillon du groupe 2. La méthode SIMPER permet de décomposer la contribution de chaque espèce à la similarité observée entre les échantillons permettant d'identifier les espèces qui sont les plus importantes dans la création du modèle de similarité observé [14].

RÉSULTATS

1. Composition et paramètres écologiques des communautés d'auxiliaires sur clémentinier

Durant la période d'échantillonnage de l'étude, d'août à novembre 2013 puis de mars à juillet 2014, le complexe d'entomophages recensés dans le verger de clémentinier se compose de 40 taxons représentés par des espèces de prédateurs, parasitoïdes primaires et secondaires appartenant respectivement aux ordres des Coleoptera, Neuroptera et Hymenoptera répartis au total en 15 familles.

Les entomophages prédateurs se retrouvent chez les Coccinellidae (3), les Cecidomyiidae (2), les Coniopterygidae (2) et les Chrysopidae (1). Les entomophages parasitoïdes primaires figurent parmi les Aphelinidae (5), les Braconidae (4), les Encyrtidae (3), les Eulophidae (5), les Mymaridae (3), les Platigastridae (3), les Scelionidae (1) et les Trichogrammatidae (1). Les parasitoïdes secondaires sont représentés par les Pteromalidae (3), les Megaspilidae (1) et les Cynipidae (3).

Les valeurs de diversité des communautés saisonnières des entomophages recensés ont été calculées et sont consignées dans le Tableau 2.

Tableau 2. Indices écologiques des assemblages saisonniers d'entomophages et valeurs de significativité des différences entre les indices (Past 3.17, test des bootstrap).

	Fin été 2013	Automne 2013	Printemps 2014	Début Été 2014
Richesse (S)	26 a	38 b	36 a	26 b
Abondance (A)	4 a	48 b	69 b	37 b
Shannon H (bits)	2,152 a	2,038 b	1,279 c	1,893 c

Fin Été 2013	Automne 2013	Boot P (eq)	Fin été 2013	Printemp s 2014	Boot P (eq)	Fin été 2013	Début Été 2014	Boot P (eq)
S 26	28	0	S 26	36	0	S 26	26	1
A 4	48	0	A 4	69	0	A 4	37	0
H 2,152	2,038	0,357	H 2,152	1,279	0,028	H 2,152	1,893	0,073
Printemps 2014	Début Été 2014	Boot P (eq)	Printemps 2014	Automne 2013	Boot P (eq)	Automne 2013	Début Été 2014	Boot P (eq)
S 36	26	0	S 36	38	0	S 38	26	0
A 69	37	0	A 69	48	0	A 48	37	0
H 1,279	1,893	0,02	H 1,279	2,038	0,0013	H 2,038	1,893	0,001

En termes de richesse, le complexe entomophage des saisons automnale et printanière comprend le plus grand nombre d'espèces avec 38 et 36 taxons respectivement. Comparativement, les communautés estivales (fin et début de saison) ne comptent que 26 espèces seulement. La communauté de la saison de fin d'été en 2013 montre la diversité la plus élevée ($H=2,15$ bits) suivie par celles des communautés d'automne en 2013 et de début d'été en 2014 ($H=2,03$ et $H=1,89$ bits respectivement). Les diversités comparées de ces peuplements d'entomophages semblent similaires ($p=0,35$ et $p=0,07$) (tableau 2). Néanmoins, l'assemblage saisonnier de printemps en 2014 montre une diversité plus faible donc significativement différentes de celles des autres assemblages ($0,02 < p < 0,001$).

2. Diagrammes rang-fréquence et recrutement des espèces

De manière globale, les fluctuations des abondances saisonnières des communautés auxiliaires se rapprochent du modèle de Motomura. Les points qui s'en éloignent expliquent que les taxons correspondants sont plus dominants en abondance que d'autres dans la même communauté.

Le tableau 3, comporte les probabilités (p) du rapprochement des fluctuations des assemblages entomofauniques au modèle de Motomura (1932) et les probabilités (p) associées aux pentes (a) des ajustements des séries géométriques entre les groupes entomofauniques pris deux à deux.

L'ajustement à la série géométrique du modèle de Motomura calculé par les coefficients de Pearson est statistiquement très hautement significatif pour les 4 assemblages (p fin été 2013 = $3,61 \times 10^{-06}$, p automne 2013 = $1,78 \times 10^{-16}$, p printemps 2014 = $0,83 \times 10^{-08}$, p début été 2014 = $1,98 \times 10^{-07}$).

La comparaison des pentes a révélé la présence d'une probabilité très hautement significative entre les communautés d'auxiliaires de l'automne 2013, par rapport, à celles du printemps 2014 ($p = 6,25 \times 10^{-06}$, $p < 1\%$), et du début été 2014 ($p = 0,81 \times 10^{-5}$, $p < 1\%$).

Également, les diversités des communautés estivales de 2013 et de 2014 et les diversités printanières de 2014 sont significativement différentes ($p = 0,024$, différence marginale, $p = 1,43 \times 10^{-08}$, $p < 1\%$). Cependant, les différences en diversités des groupes d'ennemis bénéfiques de la fin de la saison estivale et ceux rencontrés à la saison automnale en 2013 semblent similaires ($p = 0,13$ respectivement), (Tableau 3). Ces résultats concordent avec ceux consignés dans le tableau 2.

Tableau 3. Probabilités associées à la comparaison des diversités (pentes des droites de Motomura) entre les communautés saisonnières des auxiliaires dans le verger de clémentinier.

	Fin Eté 2013	Automne 2013	Printemps 2014	Début Eté 2014
P (Motomura)	$3,61 \times 10^{-06}$	$1,78 \times 10^{-16}$	$0,83 \times 10^{-08}$	$1,98 \times 10^{-07}$
Fin Eté 2013	-			
Automne 2013	0,13	-		
Printemps 2014	$1,43 \times 10^{-08}$	$6,25 \times 10^{-06}$	-	
Début Eté 2014	0,024	$0,81 \times 10^{-05}$	0,032	-

Chaque diagramme relatif à une communauté spécifique nous renseigne sur une installation différente des populations dans le verger d'étude (Fig. 1). Les taxons fortement représentés en abondance sont ceux qui arrivent les premiers au niveau des parcelles. Les communautés les plus riches en espèces et les plus diversifiées sont rencontrées durant la période automnale en 2013 et au printemps et au début de l'été de 2014 (Fig. 1).

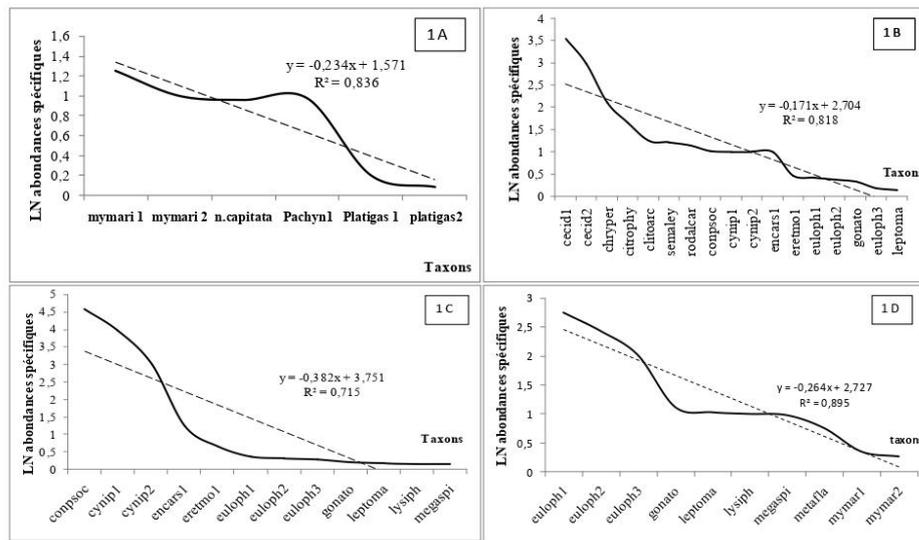


Figure 1. Composition taxonomique et hiérarchisation saisonnière des communautés d'auxiliaires capturées dans le verger de clémentinier (1A communauté du fin été 2013, 1B communauté de l'automne 2013, 1C communauté de printemps 2014, 1D communauté de début été 2014, voir le tableau 4 pour la légende des abréviations des taxons).

En 2013, au début du mois d'août en période fin estivale, les Hyménoptères parasitoïdes de la famille des Mymaridae (mymar1, mymar2) et la famille des Pteromalidae avec le genre *Pachyneuron* apparaissent les premiers tandis que les Platigastridae (platigas1, platigas2), qui arrivent tardivement dans le verger d'après nos observations. Ces parasitoïdes constituent un pool avec le Chrysopidae *Notochrysa capitata* (notocapit) (Fig. 1A).

En période automnale de la même année (entre septembre et octobre), ils coexistent un ensemble de prédateurs de la famille des Cecidomyiidae, et des prédateurs de mouches blanches comme le Coccinellidae aleurodiphage *Clitostethus arcuatus*, le Chrysopidae *Chrysoperla carnea* et des Coniapterygidae en l'occurrence *Semidalis aleyrodiformis*, avec des hyperparasitoïdes de la famille des Cynipidae ainsi que trois représentants parasitoïdes de la famille des Eulophidae, un Braconidae *Lysiphlebus sp.*, l'Encyrtidae *Metaphycus flavus* parasitoïde de cochenilles, tous représentés par de très faibles abondances (Fig. 1B).

Durant la période printanière en 2014 (de mars à fin mai), on peut observer précocement le Coniapterygidae *Conventia psociformis* surtout, des Cynipidae hyperparasitoïdes et quelques représentants Aphelinidae (*Encarsia, Eretmocerus*) et Encyrtidae. Les autres taxons s'installent plus tardivement comme certains autres représentants appartenant à la famille des Eulophidae, Mymaridae, Encyrtidae et Megaspilidae (Fig. 1C). L'assemblage observé de la période début été en 2014 (juin-début juillet) traduit des abondances plus élevées des taxons qui se sont manifesté tardivement dans la parcelle de clémentinier pendant la période printanière. Ces taxons sont essentiellement représentés par des Eulophidae, des Encyrtidae et des Mymaridae (Fig. 1D).

3. Composition comparée des communautés saisonnières d'auxiliaires

Nous avons analysé la similarité globale entre deux communautés

d'auxiliaires en prenant en compte la méthode des Bootstrap (Past, [14]) L'analyse de similarité à un seul facteur montre dans presque la totalité des cas des différences hautement significatives entre deux communautés ($p < 0,003$). Ces différences peuvent être dues aux variations d'abondance des différents taxons ou dans la composition spécifique des communautés. En comparant les communautés d'auxiliaires parasitoïdes et prédateurs entre elles, on peut constater des différences de composition en taxons et des différences d'abondances d'un même taxon d'une communauté à une autre (Tableau 4).

Nous avons considéré les pourcentages de contribution dans les différences de composition entre communautés des plus élevés jusqu'aux très faibles (0,1%). La similitude qui existe dans la plus forte contribution dans ces différences, concerne notamment des prédateurs de la mouche blanche *Dialeurodes citri*, tels que *Clitostethus arcuatus*, *Semidalis aleyrodiformis* et le prédateur généraliste *Chrysoperla carnea*. Ce dernier montre cependant un pourcentage moins évident. Les autres taxons font partie de parasitoïdes ou prédateurs d'un autre complexe de bioagresseurs, plus particulièrement l'Hyménoptère Eulophidae *Citrostichus phyllicnistoides* parasitoïde de la mineuse des agrumes, associés à des Braconidae pouvant être des parasitoïdes d'aphides.

4. Distribution temporelle des groupes trophiques circulants dans le verger de clémentinier

Les différents taxons d'entomophages recensés dans le verger de clémentinier se répartissent en trois principaux groupes trophiques prédateurs, parasitoïdes et hyperparasitoïdes. Les prédateurs sont toujours plus importants en abondance que les parasitoïdes primaires et secondaires beaucoup plus faiblement représentés en densités (Fig. 2). Durant la période d'échantillonnage, on distingue deux périodes de présence maximale durant la saison automnale et pendant la période printanoestivale en relation avec les trois poussées de sève du clémentinier.

Tableau 4: Pourcentages de contribution des taxons (n=40) aux différences d'abondances entre les communautés saisonnières d'auxiliaires durant la période de suivi. (Contr.% : pourcentage de contribution, F. Eté 13 : communauté de fin de l'été 2013, Aut 13 : communauté d'automne 2013, D. Eté 14 : communauté du début été 2014, Prts 14 : communauté de printemps 2014).

Abréviation du Taxon	Nom scientifique, nom du genre ou de la famille	Contrib%.	F. Eté 13	Aut 13	Contrib%.	Prts 14	D. Eté 14
semaley	<i>Semidalis aleyrodiformis</i>	13,2	1,2	21	4,23	7,18	4,98
clitoarc	<i>Clitosthetus arcuatus</i>	11,59	2,02	9,78	17,21	39	27,13
Braco1	Braconidae sp1	10,2	1,04	7,98	6,06	5,130	8,263
citrophy	<i>Citrostichus phyllicmistoides</i>	5,21	0,34	2,02	0,17	0,11	0,002
scymsub	<i>Scymnus subvillosus</i>	4,65	1,68	1,94	0,51	0,378	0,93
notocapit	<i>Notochrysa capitata</i>	3,47	0	2,062	0,101	0,002	0,219
euloph1	Eulophidae sp1	3,14	1,12	1,9	0,23	0,18	0,46
euloph2	Eulophidae sp2	2,001	0	1,12	1,02	0,04	1,06
euloph3	Eulophidae sp3	3,29	0,1	1,41	0,09	0,33	0
braco3	Braconidae sp3	3,004	0,21	1,03	1,95	1,87	2,990
platigas1	Platigastridae sp1	2,97	1,42	1,150	0,09	0,13	0,03
platigas2	Platigastridae sp2	1,006	0,09	0,26	0,19	0,12	0,003
platigas3	Platigastridae sp3	0,161	0,00001	0,78	0,04	0	0,82
chryper	<i>Chrysoperla carnea</i>	2,27	0,06	0,94	1,09	0	0,87
conpsoc	<i>Conwentzia psociformis</i>	2,080	0,003	2,301	0,760	0,92	0,03
pterom1	Pteromalidae sp1	0,61	0	0,34	0,11	0,006	1,002
Pterom2	Pteromalidae sp2	0,2	0	0,16	0,19	0,1	0
aphyt1	<i>Aphytis</i> sp1	1,11	0	0,53	0,06	0,038	0,16
Aphyt2	<i>Aphytis</i> sp2	0,95	0	0,25	0	0	0
metafla	<i>Metaphycus flavus</i>	1,087	0,02	0,53	0,28	0,13	0,64
caleno	<i>Cales noacki</i>	1,01	0,3	0,38	0,62	0,395	0
encars1	<i>Encarsia</i> sp1	0,71	0,06	0,88	0,19	0,32	0,03
eretm	<i>Eretmocerus</i> sp	0,43	0,012	0,36	0,26	0,17	0,01
aphemal	<i>Aphelinus mali</i>	0	0	0	0	0,29	0
cecid1	Cecidomyiidae sp1	0,75	0	0,38	5,07	11,209	1,41
cecid2	Cecidomyiidae sp2	0,312	0,001	0,198	0,201	0,276	0,168
cynip1	Cynipidae sp1	0,91	0,01	0,32	0,46	0,19	0
cynip2	Cynipidae sp2	0,34	0	0,42	0,27	0,15	0,63
rodalcar	<i>Rodolia cardinalis</i>	0,69	0,008	0,18	0,29	0,03	0
coccoli	<i>Coccophagus lycymia</i>	0,61	0	0,28	0,25	0,09	0,43
pachyne	<i>Pachyneuron</i> sp	0,603	0,17	0,11	0,09	0,14	0
gonato	<i>Gonatocerus</i> sp	0,467	0,28	0	0,37	0,289	0
megaspi	Megaspilidae	0,301	0	0,103	0,315	0,37	0,52
lysiph	<i>Lysiphlebus</i> sp	0,324	0,001	0,18	0,301	0,556	0
pnigal	<i>Pnigalio</i> sp	0,34	0	0,21	0	0,0002	0
leptoma	Leptomastidea	0,287	0,12	0,021	0,193	0,112	0
mymar1	Mymaridae sp1	0,176	0,124	0,68	0,041	0,053	0
mymar2	Mymaridae sp2	0,176	0	0,92	0,04	0,02	0,972
trichog	Trichogrammatidae sp	0,21	0	0,31	0	0	0

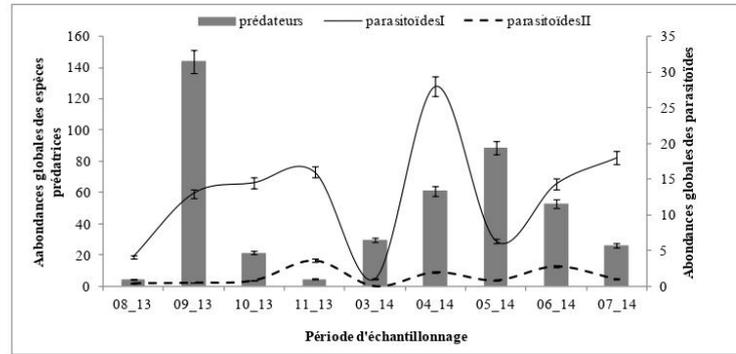


Figure 2. Variation saisonnière des groupes fonctionnels d'entomophages dans le verger de clémentinier.

Au courant de la poussée de sève automnale, le groupe des entomophages prédateurs apparaissent les premiers avec un pic d'activité en septembre, suivis par le groupe des parasitoïdes et hyperparasitoïdes dont le pic d'abondance n'est atteint que plus tard dans la saison vers la mi-novembre. Pendant la poussée printanière, les périodes de pics d'activité sont différentes : au début d'avril chez les parasitoïdes et au début mai chez les prédateurs (figure 2). Enfin, au début de la poussée estivale, on assiste à une recrudescence progressive des populations de parasitoïdes en comparaison avec celles de prédateurs dont les abondances diminuent. Chaque groupe fonctionnel se distingue par des taxons fortement représentés en abondance et selon la saison. L'assemblage des prédateurs est dominé par les espèces *Clitosthetus arcuatus* (53%) et *Semidalis aleyrodiformis* (34%) devant *Scymnus subvillosus* et *Chrysoperla carnea* (3% et 2%) (Fig. 3).

Le groupe fonctionnel des entomophages parasitoïdes est marqué par une disponibilité élevée des Eulophidae (32%) dont *C. phyllicnistoides* et des Braconidae (51%). Ce groupe se caractérise également par la présence d'espèces aleurodiphages (*Encarsia sp.*, *Cales noacki*), coccidiphages (*Aphytis sp.*) et des Mymaridae malgré leurs faibles pourcentages de 2% à 4%. L'assemblage des hyperparasitoïdes se compose surtout de Cynipoidea (47%), de Pteromalidae et Megaspilidae équitablement présents (28% et 25%). Néanmoins ces espèces ont des abondances faibles et très fluctuantes durant toute la période d'échantillonnage.

Les pics d'abondance sont observés en novembre, avril et mai (Fig. 3).

Nous avons présenté une analyse systématique et trophique des groupes des principales espèces entomofauniques dans le tableau 5.

Nous avons mis en évidence les périodes d'activité maximale des catégories trophiques d'entomophages circulant au sein du verger de clémentinier étudié entre août 2013 et juillet 2014. D'après nos résultats, dans le groupe des parasitoïdes, on peut remarquer des taxons oophages d'insectes cicadellidae et des parasitoïdes de cochenilles durant la période estivo-automnale. Les parasitoïdes de mouches blanches et d'aphides atteignent un pic de présence au printemps d'avril à juin contrairement aux parasitoïdes de la mineuse des agrumes qu'on rencontre surtout en automne. Les hyperparasitoïdes sont recensés notamment à la fin de la saison automnale et pendant la saison printanoestivale en mai et juillet avec l'augmentation des températures (Tableau 5).

Dans le groupe des espèces prédatrices, nous avons surtout mis en évidence l'occurrence de spécialistes aleurodiphage et acariphage durant toute la période d'échantillonnage (cas de *C. arcuatus* et *S. punctillum*). Certaines espèces aphidiphages ne montrent que deux pics de présence en particulier pour *S. subvillosus* en septembre et juin et pour *R. cardinalis* en octobre et juin (Tableau 5). Les espèces polyphages concernent *C. carnea*, *S. aleyrodiformis* et *C. psociformis*, leur activité est surtout marquée en automne et au début de la saison printanière.

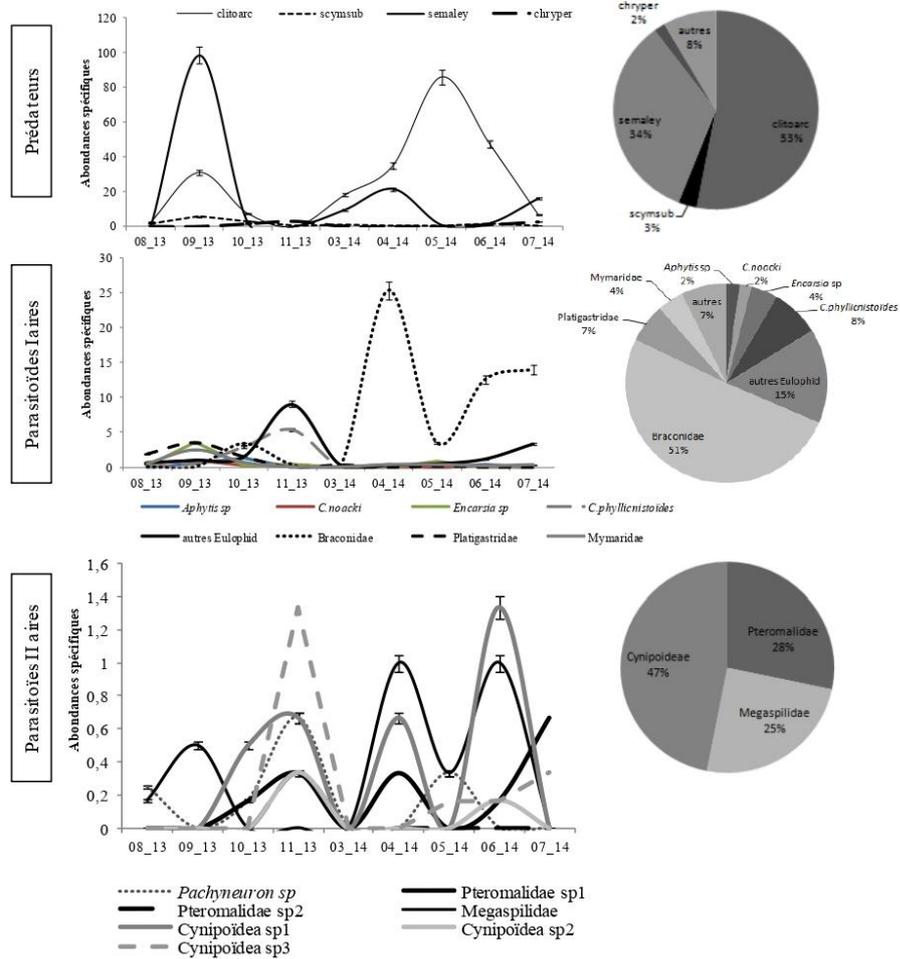


Figure 3. Fluctuations temporelles des principales espèces de prédateurs, parasitoïdes primaires et secondaires et leurs abondances relatives durant la période d'échantillonnage.

Tableau 5 : Principales espèces d'auxiliaires entomophages et périodes de pics d'abondance au niveau du verger d'étude.

Catégorie trophique	Super famille/Famille	Espèce	Relation fonctionnelle	A 13	S 13	O 13	N 13	M 14	A 14	M 14	J 14	Jt 14	
PARASITOÏDES PRIMAIRES ET SECONDAIRES	Chalcidoidea, Mymaridae (Haliday, 1833)	<i>Gonatocerus</i> sp	Parasitoïde d'œufs de cicadellides et d'autres insectes	■									
		Mymaridae sp1				■							
		Mymaridae sp2											■
	Chalcidoidea, Aphelinidae (Thomson, 1876)	<i>Aphytis</i> sp1	Parasitoïdes de cochenilles				■						
		<i>Aphytis</i> sp2											
		<i>Coccophagus</i> sp										■	
		<i>Cales noacki</i> (Howard, 1907)		Parasitoïde d'aleurodes									
	Chalcidoidea, Pteromalidae (Dalman, 1820)	<i>Encarsia</i> sp	Parasitoïde d'aphides										
		<i>Aphelinus mali</i> (Haldeman, 1850)								■			
		Pteromalidae 1		Hyperparasitoïde d'aphides									
	Pteromalidae 2												
	Chalcidoidea, Eulophidae (Westwood, 1829)	<i>Pachyneuron</i> sp1	Parasitoïde de la mineuse des agrumes										
		<i>Pnigalio</i> sp											
<i>Citrostichus phyllicistoides</i> (Narayanan)													
Ceraphronoidea, Megaspilidae (Ashmead, 1893)	<i>Megaspilidae</i> sp1	Hyperparasitoïde d'aphides											
	Cucujoidea, Coccinellidae	<i>Clitostethus arcuatus</i> (Weise, 1885)	Aleurodiphage		■								
<i>Scymnus subvillosus</i> (Goeze, 1777)		Aphidiphage		■									
<i>Rodaia cardinalis</i> (Mulsant, 1850)		Prédateur d' <i>Icerya purchasi</i>				■							
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens, 1836)		Prédateur polyphage											
Coniapterygidae (Burmeister, 1839)		<i>Semidalis aleyrodiformis</i> (Stephens, 1836)	Prédateurs d'Aleyrodidae,										
		<i>Conwentzia psociformis</i> (Curtis, 1834)	Coccidae et acariens										

DISCUSSION

Les taxons d'auxiliaires bénéfiques sont appréhendés en général par leurs caractéristiques ou par leurs traits fonctionnels, leur richesse spécifique dépend de deux grands types de facteurs [14;15]: le pool d'espèces disponibles susceptibles d'arriver sur un site particulier ainsi que les interactions écologiques, triant les espèces capables de coexister dans la communauté à partir de ce pool.

Les conditions abiotiques ainsi que les pratiques agricoles mises en œuvre au niveau de la parcelle sont des facteurs du milieu pouvant agir comme des filtres qui vont déterminer la composition des communautés locales à partir du pool d'espèces disponibles à un niveau régional [16;15]. Chaque filtre spécifique opère sur des traits particuliers des espèces appelés traits de réponse aux conditions d'habitat et le niveau de ressources [17;18].

Les études d'inventaire des ennemis naturels sur agrumes ont été surtout abordés dans la région agrumicole de la Mitidja mettant l'accent sur les aphidiphages et les coccidiphages [19;20;1:21;22]; Le cortège des aphidiphages sur agrumes est représenté en Mitidja, par des Aphidiinae, Aphelinidae, les Cecidomyiidae, des Anthocoridae, des Syrphidae des Chrysopidae, Coccinellidae et des Nutilidae, avec une seule espèce de coccinellidae dominante *Pullus (Scymnus) subvillosus* qui se reproduit et développe une descendance viable sur agrumes.

Dans le verger de clémentinier conduit en mode traditionnel à Chlef, tout au long de la période de suivi de fin août 2013 à début juillet 2014, un complexe d'entomophages très diversifié a été observé à travers les captures par plaques jaunes engluées et les observations du feuillage. Trois groupes fonctionnels, incluant une catégorie d'hyménoptères gallicoles qui n'a pas d'intérêt dans la régulation naturelle, sont essentiellement rencontrés totalisant une richesse de 40 taxons répartis en 15 familles, ce qui est important comparativement aux autres travaux réalisés au centre et à l'est de la Mitidja.

Le groupe des prédateurs (Coleoptera Cucujoidea et Neuroptera) englobe des Coccinellidae, des Chrysopidae et des Coniopterygidae. Les espèces appartenant aux Coccinellidae contribuent à la régulation des populations de ravageurs [23]. Certaines espèces de prédateurs sont polyphages (*C. carnea*) et d'autres sont spécifiques à une espèce ou un groupe de ravageurs ; la coccinelle *Scymnus subvillosus* contre le puceron vert des agrumes [24].

Les prédateurs Aleurodiphages recensés sont représentés par *Clitostethus arcuatus* et *Semidalis aleyrodiiformis*, jouant ainsi un rôle déterminant dans le contrôle des aleurodes inféodées aux agrumes notamment *D. citri* et *A. floccosus* [20;25].

Ces aleurodiphages sont des espèces qui contribuent le plus aux différences de compositions entre les assemblages saisonniers des auxiliaires. On peut émettre l'hypothèse que les abondances saisonnières de la mouche blanche semblent avoir induit une augmentation du potentiel biotique de son prédateur spécifique.

Durant la période de suivi, *C. arcuatus* présente en effet une importante activité durant la période printanière jusqu'au début de la période estivale en juin. Cette activité diminue sensiblement à la fin de l'été tandis qu'elle reprend en automne mais plus faiblement qu'à la période printanière.

Les chrysopidae essentiellement l'espèce *Chrysoperla carnea* ont été fréquemment observés dans les canopées, sous forme d'œufs, d'adultes et de cocons sur le feuillage. L'activité de *C. carnea* s'est surtout manifestée au début de la saison estivale et durant la période printanière mais pas au printemps. A l'inverse des autres espèces prédatrices de la mouche blanche, cette espèce contribue moins à la différence en composition des communautés bénéfiques automnales et estivales. Les larves de chrysopes ont été très peu observées. Celles-ci peuvent réduire moins efficacement les taux de croissance d'une proie en présence d'une autre proie que lorsque seule une proie est présente dans le verger, plus particulièrement en relation avec un taux de croissance plus élevé ou un habitat de la plante plus exposé, ce qui résulte en un taux plus élevé de rencontre entre les larves de chrysopes et leur plus abondante proie [24].

Le groupe des Hymenoptera parasitoïdes est le plus important et représenté par 32 taxons appartenant aux Aphelinidae, Mymaridae, Encyrtidae et Eulophidae. Les espèces *Pnigalio sp* et *Citrostichus phyllicnistoides* parasitoïdes de la mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella* ont déjà été signalés en Algérie [19; 20;26], et dans d'autres pays [27;28;25;29].

Chez les Aphelinidae plus particulièrement, contrairement aux genres *Aphytis* et *Coccophagus* qui se développent aux dépens des cochenilles, les genres *Encarsia*, *Eretmocerus* attaquent les aleurodes. L'espèce *Cales noacki* est présente [30], car elle parvient de vergers d'agrumes avoisinants infestés par l'aleurode floccomeux *Aleurothrixus floccosus*. Or, nous avons indiqué qu'elle ne présentait qu'un très faible pourcentage de contribution aux différences de composition entre les groupes saisonniers d'auxiliaires recensés dans le verger de clémentinier. Les *Encarsia* présentent le même cas de figure ce qui pourrait impliquer leur faible activité parasitaire sur les populations de la mouche blanche sur le clémentinier.

Selon l'ordre de recrutement des parasitoïdes dans le verger en relation avec les périodes d'infestation de la plante hôte par *Dialeurodes citri*, il a été remarqué que les *Encarsia* s'installent tardivement par rapport aux Platygastriidae qui sont les premiers à arriver dans le verger, probablement à cause de l'influence de températures limitantes et élevées enregistrées durant la saison ou des traitements chimiques réalisés dans les vergers avoisinants ou encore de la capacité de recherche de la proie hôte des parasitoïdes.

Les platygastriidae, Pteromalidae, Ichneumonoïdea Braconidae forment un complexe de parasitoïdes et d'hyperparasitoïdes. Les Platygastriidae sont pour la plupart des parasitoïdes koinobiontes des œufs de Cecidomyiidae qui se développent seulement après que l'hôte a atteint le stade pupal ou pré-pupal. Certains sont des parasitoïdes idiobiontes des œufs de Coleoptera ou d'Homoptera ou encore des larves de Coccoidea ou d'Aleyrodidae.

Ces auxiliaires peuvent être impliqués dans différentes cascades trophiques, résultant de leurs interactions directes ou indirectes au sein de la guildes des espèces prédatrices et parasitoïdes [31]. Ainsi, les espèces *Aphidius colemani*, *Binodoxys angelicae* et *Lysiphlebus confusus* (Hymenoptera) ont été observés comme étant les parasitoïdes Braconidae Aphidiinae les plus communs identifiés sur *Citrus reticulata* et *Citrus limon* en Turquie, *Asaphes* spp., *Pachyneuron* spp (Pteromalidae) et *Syrphophagus* spp (Encyrtidae) ont été enregistrés comme les plus communs des hyperparasitoïdes rencontrés [32]. En Espagne, *Syrphophagus aphidivorus* (Encyrtidae) et *Alloxysta* sp (Cynipoïdea) sont les deux plus abondantes espèces d'hyperparasitoïdes du puceron vert des agrumes *Aphis spireacola* ce qui pourrait expliquer le faible impact de *Binodoxys angelicae* sur les populations de cette espèce aphidienne [33].

La faible efficacité de la régulation naturelle au niveau du verger d'étude peut être due à la présence des hyperparasitoïdes exerçant une prédation intragilde contre les parasitoïdes. Nous avons vu que leurs abondances relatives n'étaient pas négligeable. Ces derniers ont été identifiés comme prédateurs intragilde occupant un même hôte tout en limitant sa croissance par la diminution de sa densité et de ses ressources [31]. La distraction du prédateur est due en grande partie à la densité et l'aspect spatial de la répartition des espèces proies [34].

En absence de parasitoïde spécifique de l'aleurode des citruses, et malgré la présence de son principal prédateur *C. arcuatus*, nous avons observé que cet aleurode continue de pulluler et de se multiplier au niveau du verger en provoquant des dégâts considérables.

L'absence d'entretien du verger laisse supposer la persistance d'un couvert végétal permanent dans le verger de clémentinier. Nos résultats ont mis en évidence des diversités et une structure des communautés significativement différentes selon la saison. L'augmentation ou la diminution des températures au cours de la saison pourrait impacter sur la disponibilité ou la raréfaction des ressources nutritives préférées par les entomophages et par conséquent leur apparition dans le verger.

CONCLUSION

Les résultats auxquels nous avons abouti sur l'étude des communautés saisonnières d'insectes bénéfiques sur clémentinier à Chlef ont révélé une disponibilité importante et diversifiée en entomophages parasitoïdes notamment. Les richesses et les diversités constatées témoignent de l'homogénéité de ces communautés pour la première fois étudiées dans la région. D'un point de vue écologique, ces communautés semblent différentes entre elles selon le recrutement temporel des taxons les plus abondants dans le verger de clémentinier.

Comme la présence d'un cortège auxiliaire diversifié ne peut en aucun cas assurer une meilleure protection du Clémentinier, les différences de contribution des différents taxons inventoriés pourraient être considérées. Cela, afin d'éclaircir certains paramètres bioécologiques des espèces recensées d'une part et d'apprécier éventuellement leur potentiel entomophage d'autre part. En effet, la production et des essais de lâchers pourraient être appréhendés dans les conditions environnementales locales. Il est par ailleurs important d'envisager les stratégies de lutte de manière à tenir compte de tout l'agro-écosystème constitué par les plantations de *Citrus*.

Pour améliorer la durabilité des vergers en milieu agrumicole, il serait judicieux de mettre en place des pratiques culturales adéquates permettant une protection durables de la diversité de la faune auxiliaire au sein de ces agroécosystèmes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Biche M. (2012). *Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels*. Guide pratique. 4-5.
- [2]. Quilici S., Vincenot D., Franck A. (2003). *Les auxiliaires des cultures fruitières à l'île de La Réunion*. Editions Quae. 168p.
- [3]. Juste F., Sanchez S., Ibanez R., Val L., Garcia C. (1990). Measurement of spray deposition and efficiency of pesticide application in citrus orchards. *Journ. Agric. Eng. Res.* 46:187-196.
- [4]. Xiao S.G., Yu L.P., Shu C., Zhong L., Li A.H., Xia B. (2010). Selective toxicity of some acaricides commonly used in citrus orchards to *Amblyseius barkeri* and *Panonychus citri*. *Plant Protect.* 36:155-157.
- [5]. Aidoo O F., Kyerematen R, Akotsen-Mensah C, Afreh-Nuamah K. (2016). Abundance and Diversity of Insects Associated with Citrus Orchards in Two Different Agroecological Zones of Ghana. *American Journal of Experimental Agriculture*. 13 (2): 1-18.
- [6]. Puech C., Baudry J., Aviron S. (2013). Effet des pratiques biologiques et conventionnelles sur les communautés d'insectes auxiliaires dans les paysages agricoles. *Innovations Agronomiques*. 32 :401-412.
- [7]. Ekbohm B. S. (1980). Traps for the discovery of whitefly infestations and something about the color preference of *Encarsia formosa*. 44: 115-120.
- [8]. Dowell R. V & Cherry, R. H. (1981). Survey traps for parasitoids, and coccinellidae predators of the citrus blackfly, *Aleurocanthus woglumi*. *Entomol. exp. y Appl.* 29: 356-362.
- [9]. Meyerdirk D. E. & Moreno D. S. (1984). Flight Behaviour and Color-trap preference of *Parabemisia myricae* (Kuwana) (Homoptera:Aleyrodidae) in a Citrus orchard. *Environmental Entomology*, 13: 167-170.
- [10]. Pintureau B. (2010). *Les Hyménoptères parasitoïdes oophages d'Europe*. Collection. Guide pratique, EdsQuae, 84p.
- [11]. Gauld I.D & Bolton B. (1988). *The Hymenoptera. British Museum (Natural History)*. Oxford University Press. 332p.
- [12]. Borror D.J & White R.E. (1970). *A field guide to insects of North America* » Peterson field guides series. Ed Houghton Mifflin Company. USA.404 p.
- [13]. Noyes J.S. (2003). Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication <http://www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoids/database/>.
- [14]. Hammer Ø., Harper D. A. T. & Ryan P. D. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron*, 4: (1).p. 9.
- [15]. Leps J., De Bello F., Lavorel S., Berman S. (2006). Quantifying and interpreting functional diversity of natural communities: practical considerations matter. *Preslia*. 78:481-501.
- [16]. Weiher E., & Keddy P. (1999). *Ecological Assembly Rules: Perspectives, advances, retreats*. Eds, (Cambridge University Press, Cambridge). 165-206.
- [17]. Lavorel S., & Garnier E. (2002). Predicting the effects of environmental changes on plant community composition and ecosystem functioning: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16: 545-556.
- [18]. Simon S., Sauphanor B., Defrance H., Lauri P.E. (2009). Manipulations des habitats du verger biologique et de son environnement pour le contrôle des bioagresseurs. Des éléments pour la modulation des relations arbre-ravageurs-auxiliaires. *Innovations Agronomiques*. 4: 125-134.
- [19]. Aroun M.-E.-F. (1985). Les aphides et leurs ennemis naturels en vergers d'agrumes de la Mitidja. *Mém. Magister. I.N.A. El Harrach*, 125 p.
- [20]. Saharaoui L., Hemptinne J.-L. (2009). Dynamique des communautés des coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) sur agrumes et interactions avec leurs proies dans la région de Rouiba (Mitidja orientale) Algérie. *Annales de la société entomologique de France*. 45(2) : 245-259.

- [21]. Benoufella-Kitous K., Doumandji S. et Hance T. (2014). Inventaire des aphides et de leurs ennemis naturels dans un verger d'agrumes. AFPP, Dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier, 22-23 octobre 2014, 10p.
- [22]. Saharaoui L., Hemptinne J-L., Magro. (2015). Organisation des communautés de coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) dans le nord et le sud A algérien. *Entomol. Faun.* 68 : 219-232
- [23]. Iperti G. (1999). Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. *Agriculture. Ecosystems & Environment* 74:323-342.
- [24]. Alhmedi A., Haubruge E., Francis F. (2009). Effect of stinging nettle habitats on aphidophagous predators and parasitoids in wheat and green pea fields with special attention to the invader *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). *Entomological Science* 12: 349-358.
- [25]. Smaili M. C., Abbassi M., Boutaleb J. A., Blenzar A. (2013). Richesse spécifique des ennemis naturels associés aux vergers d'agrumes au Maroc: Intérêt et implication pour la lutte biologique. *Bulletin OEPP/EPPPO* 43 (1): 155-166.
- [26]. Saharaoui L., Benzara A., Doumandji-Mitiche B. (2001). Dynamique des populations de *Phyllocnistis citrella* Stainton (1856) et impact de son complexe parasitaire en Algérie. *Fruits*, (56) : 403-413.
- [27]. Cabezas Y., Casañas M.A., Fernández I. C., Martín P., Ocete M. E. (1998). Parasitismo de *Pnigalio* sp. Schrank (Hymenoptera: Eulophidae) sobre *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Phyllocnistidae) en cítricos del área metropolitana de Sevilla. *Bol. San. Veg. Plagas*, 24: 175-182.
- [28]. Garcia-Marí F., Vercher R., Costa-Comelles J., Marzal C., Villalba M. (2004). Establishment of *Citrostichus phyllocnistoides* (Hymenoptera: Eulophidae) as a biological control agent for the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Spain. *Biol. Control* 29 :215-226
- [29]. Lee S., Kim I-K., Park Y-K., Choi C-W., Byun B-K. (2015). Preliminary survey of indigenous parasites associated with *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera, Gracillariidae) in Jeju, Korea. *J Asia Pac Biodivers* 8: 371-374.
- [30]. Berkani, A. (1989). Possibilités de régulation des populations d'*Aleurothrix floccosus* Mask. (Homoptera: Aleurodidae) sur agrumes par *Cales noacki*. (Hymenopt. Aphelinidae) en Algérie. Thèse Doct. Ing. Université Aix-Marseille. Fac.Sci.St.Jérôme,140p.
- [31]. Teixeira Alves M. (2013). Des interactions indirectes entre les proies : Modélisation et influence du comportement du prédateur commun. Thèse de Doctorat, l'Université de Nice-Sophia Antipolis. 224p.
- [32]. Satar S., Satar G., Karacaoglu M., Uygun N., Kavallieratos N.G., Starý P., Athanassiou C.G. (2014). Parasitoids and hyperparasitoids (Hymenoptera) on aphids (Hemiptera) infesting citrus in east Mediterranean region of Turkey. *J. Insect Sci.* 43(6):1485-1495
- [33]. Gómez-Marco F., Urbaneja A., Jaques J.A., Rugman-Jones P.F., Stouthamer R., Tena A. (2015). Untangling the aphid-parasitoid food web in citrus: Can hyperparasitoids disrupt biological control? *Biological Control*, 81: 111-121.
- [34]. Snyder W & Ives A. (2003). Interactions between specialist and generalist natural enemies: parasitoids, predators, and pea aphid biocontrol. *Ecology* 84: 91-107.

An assessment of population fluctuations of citrus pest woolly whitefly *Aleurothrixus floccosus* (Maskell, 1896) (Homoptera, Aleyrodidae) and its parasitoid *Cales noacki* Howard, 1907 (Hymenoptera, Aphelinidae): A case study from Northwestern Algeria

Abdelhaq MAHMOUDI¹, Leila ALLAL BENFEKIH¹, Abdurrahman YIGIT², Mattheus F. A. GOOSEN³

Received March 19, 2018; accepted June 19, 2018.
Delo je prispelo 19. March 2018, sprejeto 19. junija 2018.

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the effectiveness of the parasitoid *Cales noacki* Howard, 1907 (Hymenoptera, Aphelinidae) in the biological control of the citrus pest woolly whitefly, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell, 1896) in Northwestern Algeria. In particular the pest and parasitoid population fluctuations under different environmental conditions were investigated. The study was conducted by examination and sampling of whitefly adult populations on young shoots and catches as well as its parasitoid during a 12-month period by counting the parasite and infested-live larvae. Results showed remarkable variations in abundance indices and infestation rates of larvae and adults that depended on the growth flush in foliage and meteorological conditions of the region. The woolly whitefly manifested three flight periods coinciding with three growth flushes of orange sap; in autumn towards the end of September followed by mid-November with the highest average abundance of 10 individuals per branch and a third flight period in mid-May. Phases of growth flush seemed to have an effect on the temporal distribution of adults over the sampling period from July to June. Pest emergence appeared favorable at 12-20 °C as the minimum interval temperature whereas the maximum varied between 25-33 °C with humidity levels of 50 % and 75 %. As for the incidence of natural enemies on whiteflies, despite their abundance, their impact was not optimum due to the large fluctuations in number of whiteflies. Although the pest-parasitoid complex appears to be important in the orchard, the biological regulation exerted by *C. noacki* while effective is insufficient for the complete neutralization of citrus woolly whitefly *A. floccosus*. An integrated approach is needed using additional natural enemies associated with the woolly whitefly.

Key words: citrus; biological control; population dynamics; *Aleurothrixus floccosus*; *Cales noacki*; phenology; Chlef Northwestern Algeria

IZVLEČEK

OVREDNOTENJE NIHANJA POPULACIJ ŠKODLJIVCA CITRUSOV, ŠČITKARJA *Aleurothrixus floccosus* (Maskell, 1896), IN NJEGOVEGA PARAZITOIDA *Cales noacki* Howard, 1907: VZORČNA ŠTUDIJA IZ SEVEROZHODNE ALŽIRIJE

Namen raziskave je bil oceniti učinkovitost parazitoida *Cales noacki* Howard, 1907 (Hymenoptera, Aphelinidae) pri biotičnem zatiranju škodljivca citrusov, ščitkarja *Aleurothrixus floccosus* (Maskell, 1896), v severozahodni Alžiriji. Še posebej je bilo preučevano nihanje populacij škodljivca in parazitoida v odvisnosti od različnih okoljskih razmer. V raziskavi so bile pregledane in vzorčene populacije odraslih osebkov ščitkarja na mladih pogankih in v pasteh ter njihovi parazitoidi v obdobju 12-mesecev s številom parazitoida in napadenih, a živih ličink. Rezultati so pokazali znatne razlike v indeksih pogostosti in napadenosti ličink in odraslih, kar je bilo odvisno od dinamike rasti listov in meteoroloških razmer območja. Preučevani ščitkar je imel tri rodove, ki so sovpadali s tremi višji rasti in pretoka sokov pomarančevca in sicer konec septembra, v sredini novembra z največjim številom 10 osebkov na vejico, in tretji, v sredini maja. Obdobja rasti pomarančevca so vplivala na časovno pojavljanje odraslih osebkov v obdobju od julija do junija. Najnižji ustrezen temperaturni interval za pojav škodljivca je bil med 12 in 20 °C, najvišji pa med 25 in 33 °C pri relativni vlagi 50 in 75 %. Pojav naravnih sovražnikov ščitkarja kljub njegovi številčnosti ni bil optimalen zaradi velikega nihanja populacije škodljivca. Čeprav je kompleks škodljivca in parazitoida pomemben v sadovnjaku, je biotično uravnavanje s parazitoidom *C. noacki* nezadostno za celovito nevtralizacijo ščitkarja na citrusih. Zato je potreben integriran pristop z uporabo drugih naravnih sovražnikov ščitkarja *Aleurothrixus floccosus*.

Ključne besede: citrus; biotično varstvo; populacijska dinamika; *Aleurothrixus floccosus*; *Cales noacki*; fenologija; Chlef; severozahodna Alžirija

¹ University of Blida-1- Faculty of Nature and Life Sciences - Department of Biotechnology - Laboratory of Vegetables Biotechnologies Production, B.P. 270, road of Soumaa, Algeria, *corresponding author: a.mahmoudi@univ-chlef.dz

² Mustafa Kemal University, Agriculture Faculty, Plant Protection Department, Antakya-Hatay, Turkey

³ Office of Research & Graduate Studies Alfaisal University Riyadh Saudi Arabia

1 INTRODUCTION

Citrus (*Citrus* spp.) constitutes the major group of fruits including oranges, grapefruits, trifoliolate orange, mandarins, pummelo, citranges and lemon (Gebreslasie & Meresa, 2018). It serves as the main source of vitamins, mineral elements and sugar; hence, it controls the building process of the human body (Oviasogie et al., 2015). In Algeria, Chlef is the second most important citrus growing region with more than 5000 ha of which more than 90 % old plantations (Bellabas, 2011).

Gebreslasie and Meresa, (2018) reported that a decline in productivity of citrus can be attributed to several factors including fungal, bacterial, viral, nematode, and insect pests.

Citrus trees are attacked by several insect pests including the woolly whitefly, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell, 1896) and the citrus whitefly, *Dialeurodes citri* (Ashmead, 1885) causing considerable economic damage (Yigit & Canhilal, 2005; Uygun & Satar, 2008; Giliomee & Millar, 2009; Tello Mercado et al., 2014; Abrol, 2015). The woolly whitefly was introduced accidentally in 1981 in western Algeria from Spain or Morocco (Doumandji & Doumandji-Mitiche, 1986). Citrus woolly whitefly's populations are pervasive and cause infestations with serious damages to citrus sector (Biche, 2012; Mahmoudi et al., 2017). *A. floccosus* Maskell is characterized with wings covered by white waxy substance. The adult male is slightly smaller than female attaining about 1.5 mm (Tello Mercado et al., 2014). The woolly whitefly produces copious amounts of sticky honeydew from the lower surface of leaves of lemon and other *Citrus* species (Grout et al., 2012).

Chemical control of crop pests is known for the negative effects on human health and environment as

well as having low efficacy against *A. floccosus* (Katsoyannos et al., 1997; Nega, 2011). This resistance against insecticide is due to the wool-like wax filaments which cover 3rd and 4th instar nymphs and pupae of *A. floccosus* impeding penetration of insecticides (Katsoyannos et al., 1997). Integrated management of fruit pests including biological control is crucial to the economic success of many regions in the world (Kissayi et al., 2017).

The parasitoid *Cales noacki* Howard, 1907, (Hymenoptera, Aphelinidae) is an effective natural enemy and biological control agent of this pest (; Grout et al., 2012; Telli & Yigit, 2012; Abrol, 2015).

There are few extensive reports which address the biological interaction of the woolly whitefly and its parasitoid *C. noacki* in the world (Ulusoy et al., 2003; ; Telli & Yigit, 2012; Tello Mercado et al., 2014; Kissayi et al., 2017; Gebreslasie and Meresa, 2018).

The objective of this work was to assess the effectiveness of the parasitoid biological control agent *Cales noacki* Howard (Hymenoptera, Aphelinidae) against the citrus pest woolly whitefly, *Aleurothrixus floccosus* Maskell in Northwestern Algeria. The infestation rates of orange trees by *A. floccosus* and the parasitism rates by *C. noacki* were investigated in order to determine the favorable conditions for population growth and reproduction of *A. floccosus*.

The relation between adults' emergence and the appearance of the growth flush (i.e. young shoots) was followed to explain the close relationship between the number of generations per year and the growth flush. In addition, the parasitism activity by *C. noacki* was evaluated.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 Description of the case study area

This study was conducted in an orchard, occupying 4 ha, belonging to the citrus growing region of Chlef (36°05'53.3"N 1°13'02.4"E) situated in the northwest of Algeria (Figure 1). This area has a semi-arid bioclimatic stage with mild winters and dry periods extending from

mid-April to October's end. The 12-year-old orchard was planted with orange trees *Citrus sinensis* L. of the Thomson Navel variety. Orchard maintenance (pruning, manual weeding and fertilisation) were done at the right time without phytosanitary treatments.

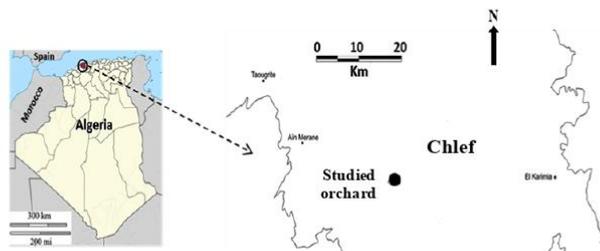


Figure 1: Geographical location of the case study orchard in the Chlef region of Northwestern Algeria

2.2 Population sampling of *A. floccosus*

The case study orchard was visited periodically each fortnight from July 2013 to June 2014. Ten whitefly-infested trees were randomly sampled at each fortnight. Four branches on different orientations carrying young shoots and elderly leaves per tree were observed for the sampling of adults and live larvae. In a related study Telli & Yiğit, (2012) considered the distribution of woolly whitefly on the four directions of citrus trees in Turkey.

Adult whiteflies as well as other circulating insects (i.e. entomofauna) within the orchard particularly the natural enemies of woolly whitefly, were caught through sticky traps. Three rectangular yellow plates Horiver-type (25 x 10 cm) were deposited within the canopy at a height of 1.5 m at a rate of one trap per tree at a distance of 50 m (Ekbom & Rumei, 1990). These traps were used to count the number of generations of several pests (Toorani & Abbasipour, 2017). In addition, a total of 50 leaves were randomly collected in the plot at each survey to investigate larvae, pupae and parasitized larvae per 1 cm².

2.3 Infestation rates by *A. floccosus*

The infestation rates of the global populations (T) were calculated according to the Townsend-Heuberger formula (Townsend & Heuberger, 1943) as follow:

$$T (\%) = \left[\frac{\text{number of branches with presence of whiteflies} \times \text{corresponding presence index}}{\text{sum of branches with presence} \times 4} \right] \times 100$$

The presence index was deduced from a scale of 0 to 4 and corresponds to intervals of abundance expressed as a percentage.

For the case of whiteflies:

(Index 1) < 25 % of presence

(Index 2) 25-50 % of presence

(Index 3) 50-75 % of presence

(Index 4) > 75 % of presence

2.4 Parasitism Rates by *C. noacki*

The parasitism rates were evaluated at each survey throughout the sampling period. Parasitized larvae were counted on a leaf area of 1 cm² under binocular magnifying glass at × 40 and the results were expressed in percent relatively to the total larvae on the observed surface.

The confirmation of the species of parasitoid emerged (*C. noacki*) was made from leaves carrying parasitized larvae collected and placed in rectangular boxes of dimensions (15 cm × 8 cm × 5 cm) containing cotton impregnated for emergence. Identification of the parasitoid was carried out using several identification keys (Doumandji & Doumandji-Mitiche, 1986; Goulet & Huber, 1993).

2.5 Phenology of orange tree in relation to climatic data

The periods of orange tree's growth flush during the study period were determined on the basis of the phenological growth stages described by Agusti et al. (1995). Meteorological data including rainfall amounts, average temperature values and relative humidity were obtained from the Boukadir meteorological station (5 km west of the orchard) belonging to the National Meteorological Office in Chlef.

2.6 Statistical analysis

The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) for variable with normal distribution whereas the variables with abnormal distribution were subjected to the general linear model (G.L.M.). Differences at $P < 0.05$ were considered to be significant. The statistical analysis was accomplished using the computer software SPSS 16.0 for Windows (Chicago, IL, USA).

3 RESULTS

3.1 Fluctuations in abundance of *A. floccosus*

3.1.1 Temporal variations in abundance indices of larval & adult populations of woolly whitefly

The results of temporal variations in abundance indices of larval and adult populations of *A. floccosus* on the branches of *C. sinensis* of the studied orchard are given in the Figure 2.

The evolution of adult abundance indices of *A. floccosus* according to the three growth flush (1st gf, 2nd gf, 3rd gf), showed that the appearance of adults abundance peaks

corresponding to the emergence of adults from pupae coincide with the appearance of young leaves of growth flush.

According to our survey, larvae index presents three significant abundance's peaks during the period of mid-November 2013, late February, and mid-June 2014 (Figure 2). In general, the analysis of fluctuations in adult abundance indices showed the existence of three peaks the most important among them was recorded in November 2013.

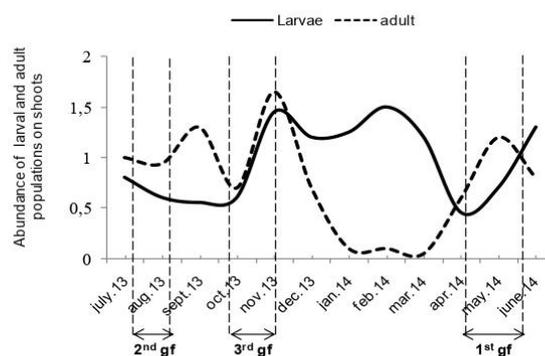


Figure 2: Temporal evolution of population abundance indices of *A. floccosus* on branches (gf: growth flush)

The evolution of adult *A. floccosus* caught through yellow traps revealed a stable distribution from July to late November, with a total ranging from 100 to 230 individuals per trap per month, except for mid-November attaining more than 275 individuals / trap / month.

In the last two months of the survey, a continuous evolution was observed in the adults recording about 600 adults / trap / month. The lowest enumeration of

adults caught was recorded at end of March not exceeding 25 adults / traps / month (Figure 3). The first adults emerging from the pupae were noted in mid-June, end-October 2013 and early April 2014.

The analysis of the relationship between adult catches of woolly whitefly and orange's growth flush indicated that summer growth flush (1st gf) and autumn growth flush (3rd gf) coincided with the period of adult large trapping.

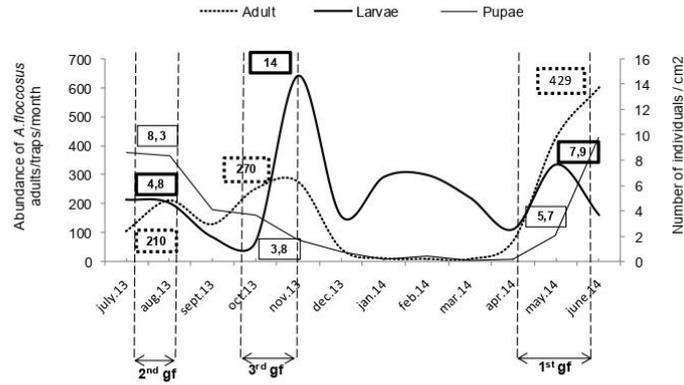


Figure 3: Evolution of the densities of the larval and pupal stages and adult catches by the sticky traps of the woolly whitefly. Absolute values shown in the graph represent abundance peaks of adults, larvae and pupae (gf: growth flush)

The evolution of *A. floccosus* biological stage was determined by counting the number of live larvae, pupariums on 1 cm² in 50 leaves. The results are shown in Figure 3. As can be seen from this figure, the live larvae are present throughout the year at all stages of foliage. In contrast, the pupae were almost absent during the period ranging from November 2013 to April 2014.

Furthermore, in 2013, from July to October, the density of the pupae of woolly whitefly was higher than those of live larvae. From November (maximum density) to the end of April, only live larvae were present. The density of larvae exhibited its second peak at the end of May followed by a significant change in the number of nymphs (Figure 3).

3.1.2 Variation in infestation rates of woolly whitefly

The larvae of the whitefly infested the leaves throughout the sampling period. A first phase of infestation by *A. floccosus* larvae was characterized by rate infestation ranging between 19 % to 39 % from early July 2013 to Mid-January 2014.

A second phase with more abundant infestation was observed in mid-February with an infestation rate of more than 80 %, then it reduced gradually to remain at a rate of 20 % during the month of April, a third stage of infestation was noted at the end of the sampling with a peak of more than 60 % (Figure 4).

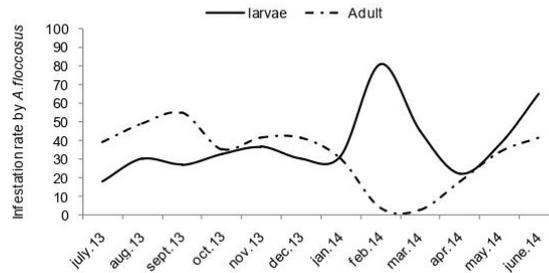


Figure 4: Temporal evolution of infestation rates of larvae and adults of *A. floccosus* on branches

Adults infesting the canopy, has shown three phases of infestation, the first phase displayed the highest infestation rate, exceeding 65 % in early September, coinciding with the 3rd growth flush (3rd gf) of 2013; the second period recorded low infestation rate from November to December and then decrease progressively to its lowest level from February to March; at the end of the sampling period, a rise in the infestation rate to a maximum of 40 % was observed (Figure 4).

3.1.3 Effect of exposure on spatiotemporal distribution of populations of *A. floccosus*

The evolution of abundance fluctuations of adult populations on branches with young leaves showed a preference for exposure to layed eggs on the underside of young leaves.

Indeed, adults emerging during the three flight periods recorded through the sampling period exhibited a

remarkable preference for the Northern exposure for setting in the deposition of eggs, the southern exposure was sought by adults during the 2nd and 3rd peaks as well as the 1st peak with less importance (Figure 5).

On the other hand, it was noted that the larval distribution was not affected by either stage of leaves (old or young) not by their exposure during the sampling year (Figure 6).

The impact of different exposures/seasons on larval and adult distribution was analysed using ANOVA. The northern exposure of the canopy exhibited a significant effect on the distribution of adults on foliage comparatively to other exposures ($p < 0.05$). Similarly, the distribution of *A. floccosus* adults appeared to be influenced by the follow-up period ($p < 0.05$). However, the distributions of the larval populations seemed to be similar ($p > 0.05$) on different exposures.

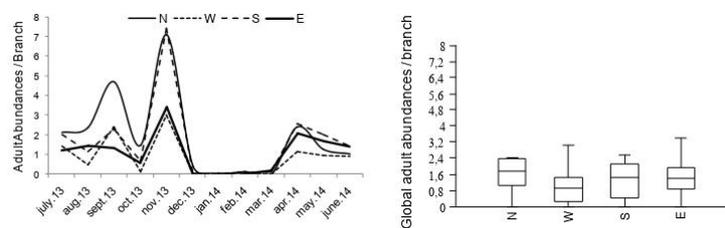


Figure 5: Effect of exposure on the distribution of adult populations (N: North, W: west, E: east, S: south)

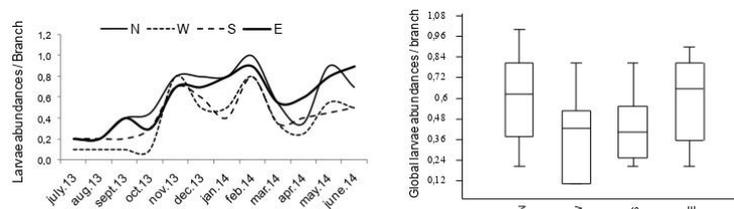


Figure 6: Effect of exposure on distribution of larval populations (N: North, W: west, E: east, S: south)

3.1.4 Evolution of parasitism by *C. noacki*

The temporal abundance and evolution of parasitism by *C. noacki* was followed during the sampling period. The results are presented in Figures 7.

As can be seen the parasitoid specific to *A. floccosus*, *Cales noacki*, showed three peaks of abundance, the

most important was recorded at the end of sampling period during June 2014 with 16 individuals / trap / month (Figure 7). Nevertheless, for the rest of sampling period, few parasitoid adults were caught, not exceeding two individuals / trap / month.

Figure 7 shows *C. noacki*'s parasitism activity recorded throughout the sampling period, the highest activity was registered in July 2013 with more than 75 % of parasitism. This rate decreased gradually to a stable

interval between 5 % and 30 % during the other months of the year. This rate of parasitism is calculated according to the number of parasitized larvae in relation to the total number of larvae per cm².

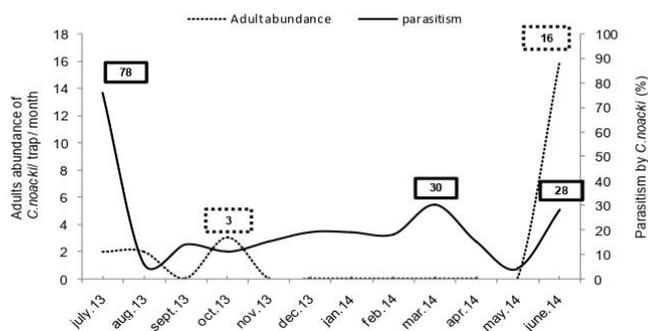


Figure 7 : Evolution of parasitism rate by *C. noacki* emerged from *A. floccosus* & adult catches in traps on orange trees

4 DISCUSSION

Ulusoy et al., (2003) reported that the woolly whitefly does not have a preference for specific citrus varieties. However, it has been observed mainly on orange trees in the Mediterranean region (Barbagallo et al., 1986) where considerable damage for citriculture has been reported especially in Italy (Del-Bene & Gargani, 1991).

Furthermore, there are numerous studies on the population dynamics of *Aleurothrixus floccosus* (Onillon, 1973; Gebreslasie & Meresa, 2018).

In Algeria, few studies on this species have been carried out (Doumandji-Mitiche & Doumandji, 1988; Berkani, 1989). The current study has shown that there are three generations during a one year period. In contrast, Biche (2012) estimated that the woolly whitefly evolves in four to five generations per year, almost uninterrupted throughout the year with a simple slowdown noted during the colder months. The slowdown in infestation rates of larvae and adults of *A. floccosus* during the colder Algerian months of January to April was also noted in the present investigation (Figure 4).

Depending on the phenological characteristics of the *Citrus* (i.e. persistence of foliage, rhythmicity of appearance of growth flush), the dynamics of the pest populations are influenced by the host plant because of the qualitative and quantitative evolution of the resources offered (Bran & Onillon, 1978; Kissayi et al.,

2017). This species spends the winter at the third or fourth instar larvae and sometimes at the egg stage, laid in the autumn by the last generation of adults.

Additionally, under the specific climatic conditions of the citrus region of Chlef, it has been noted that the first spring generation appears with the young shoots of the first growth flush of orange trees as a result of the first laying of the year. Ripa et al., (1999) and Giliomee & Millar, (2009) estimated that the underside of young leaves is preferred by the whitefly to feed and oviposit.

In another study, Onillon (1973) reported, that in early spring, the adults of the woolly whitefly prefer the young bitter-orange tree shoots resulting from a total transfer of the imaginal population on leaves of the first growth flush. These results are consistent with those cited by Abbassi (1980).

A second summer generation was recorded in the months of August coinciding with the 2nd summer growth flush. The latest generation and the largest in adults' number started with the new leaf outputs of the latest growth flush. However, Katsoyannos et al., (1997) have counted six overlapping generations in Athens. Grout et al., (2012), estimate that new infestations of *A. floccosus* are, habitually, associated with growth flushes.

The period from January to March corresponds to the hibernation period of the woolly whitefly in the current case study region where there was sometimes a total absence of adults; the lower faces of leaves were observed to be encrusted by larvae and exuviae, covered with sooty mould.

These findings were in accordance with those mentioned by Onillon (1973) and supported by the reports of Gebreslasie and Meresa, (2018).

The difference in the number of generations of *A. floccosus* between the region of Mitidja where it evolves in four to five generations (Doumandji-Mitiche & Doumandji, (1988); Biche, 2012) and the region of Chlef (three generations) can be explained by the specific climatic conditions of the Chlef province.

Indeed, the mean of minimum temperatures of the case study Chlef region varied between 12-20 °C and the maximum oscillating between 25-33 °C which was shown as favorable for the emergence of adults to trigger egg laying on the lower side of young leaves.

In support of this, France et al., (2011) estimated that the favorable average temperature for the development and reproduction of *A. floccosus* varies between 10.8 °C and 28.5 °C in northern Chile which is in the same range as observed in the current study.

The present results suggest that the rainfall pattern does not affect the whitefly population dynamics. The ideal moisture levels coinciding with the flight periods of adults varied between 50 % and 75 %.

Furthermore the yellow sticky traps can be considered as an effective tool for monitoring the population dynamics of crop pests, especially whiteflies (Prema et al., 2018). Adults caught by yellow traps accurately reflects the flight periods of woolly whitefly. The flight peaks effectively correspond to the generations of *A. floccosus*. In a related study, Prema et al., (2018) used different colored sticky traps including blue, white, yellow, red and green to monitor the movement of thrips (i.e. sucking pests similar to whiteflies) and the number of thrips catches at different growth stages of cotton growth. Results of their field trials confirmed that yellow sticky traps attracted more thrips compared to other colors.

In the existing study, in summer the number of adults caught reached more than 600 individuals per trap/month, in contrast to what was observed *in situ* where the autumn period was characterized by a large number of emerged adults.

This result could be due to the fact that the yellow sticky traps enable the capture of adults natives in the case study orchard as well as of the entomofauna circulating at the level of the orchards close to the study station.

The live larvae enumerated on 1 cm² of foliage showed that the latter occurred on the lower side of the leaves throughout the year, which explains the large number of adults caught by the traps or counted in the foliage.

The rate of parasitism by *C. noacki* was very high at 78 % during the month of July. In contrast this rate did not exceed 30 % during the other sampling periods. Katsoyannos et al., (1998), consider that in Greece, *C. noacki* is an effective natural enemy against woolly whitefly with parasitism rates exceeding 82 %.

In another report, Telli & Yiğit, (2012) estimated that rates of parasitism by *C. noacki* in Turkey ranged from 70 % to 88 %. Similarly, rates of parasitism reaching 90 % on clementine trees and 75 % on orange trees were reported by Doumandji and Doumandji-Mitiche (1986) for the Mitidja region in Algeria.

In a related study, a survey of *Aphelinidae* (Hymenoptera: Chalcidoidea) species associated with crop and forest pests in Morocco was conducted by Kissayi et al., (2017). The authors concluded that the knowledge of *Aphelinidae* especially in North Africa countries is still incomplete. They also argued that further study is required to implementing biological control of crop pests and taxonomic studies of parasitic wasps for sustainable agriculture in countries of the North Africa region.

The spatiotemporal distribution of the adults depends of climatic conditions, the phenology of the orange tree (growth flush) and exposure or orientation of the leaf. It has been demonstrated that the north and south exposure are the most populated by the adults of the woolly whitefly; this can be explained by the presence of a large number of young leaves favoring the laying and the installation of *A. floccosus* (Onillon, 1973; Meagher, 2008).

Additionally, the evolution of the curve of the larvae parasitized by *C. noacki* showed that the parasitism activity is very intense during the summer and spring period and is remarkably low during the winter period, which may be due to unfavorable climatic conditions. The decline in the rates of parasitism in the present work observed between November and the beginning of May can be explained by the influence of the wind shear at 3.9 - 4.4 m s⁻¹ which was able to involuntary unhooking off the endoparasitic larvae, as they are fixed less firmly on the plant than those that are healthy.

Whereas, Ulusoy et al. (2003) found that the decline in parasitism may be due to the effect of frost, which destroyed parasitized larvae that lack the cottony mass that protects live healthy larvae.

In Algeria, several releases of the parasitoid *C. noacki* were carried out in 1985 and 1986, by Doumandji and Doumandji-Mitiche (1986). The parasitoid was able to settle in Mitidja and was able to limit the outbreak of *A. floccosus*. The presence of this parasitoid in the Chlef region can be explained by the adaptability of *C. noacki* which can make it an effective tool for biological regulation against the woolly whitefly.

A similar case study of the insect pest complex of citrus, their natural enemies and their management at Keren in Eritrea has been reported by Husain et al., (2017). Furthermore, Gebreslasie and Meresa, (2018) noted that many pests can attack citrus. This suggests that an integrated approach may be needed in the protection of citrus orchards in Algeria. While Husain et al., (2017) focused primarily on chemical control; this may not be the best way forward due to environmental concerns. Integrated biological control of citrus pests using various parasitoids is recommended.

5 CONCLUSIONS

The present study was the first detailed characterization of the relationship between woolly whitefly *A. floccosus*, the parasitoid *C. noacki* and the appearance of new citrus shoots in orange trees ('Thomson Navel') in the Chlef Northwestern Algerian region. The woolly whitefly pest prefers young shoots to settle and lay eggs.

Results showed remarkable variations in abundance indices and infestation rates of larvae and adults that depended on the growth flush in foliage and meteorological conditions of the region. The woolly whitefly manifested three flight periods coinciding with three growth flushes of orange sap; in autumn towards the end of September followed by mid-November with the highest average abundance of 10 individuals per branch and a third flight period in mid-May.

Phases of growth flush seemed to have an effect on the temporal distribution of adults over the sampling period from July to June. Pest emergence appeared favorable at 12-20 °C as the minimum interval temperature whereas the maximum varied between 25-33 °C with humidity levels of 50 % and 75 %. In the current case study region, as for the incidence of *C. noacki* on the woolly whitefly, their impact was not optimum due to the large fluctuations in number of whiteflies. Although the pest-parasitoid complex appears to be important in the orchard, the biological regulation exerted by *C. noacki* is insufficient for the complete neutralization of *A. floccosus*. An integrated approach is needed using additional natural enemies associated with the woolly whitefly.

6 REFERENCES

- Abbassi, M. (1980). Études relatives à *Aleurothrixus floccosus* Maskell et à son parasite spécifique *Cales noacki* Howard. *Les cahiers de la recherche agronomique*, 35, 77-157.
- Abrol, D. P. (2015). *Pollination Biology, Vol.1: Pests and pollinators of fruit crops*. Switzerland. Springer International Publishing.
- Agusti, M., Zaragoza, S., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Klose, R., Stauss, R. (1995). Escala BBCH para la descripción de los estadios fenológicos del desarrollo de los agrinos (Gén. Citrus). *Levante Agrícola Revista internacional de cítricos*, (3), 189-199.
- Barbagallo, S., Longo, S., Rapisarda, C. (1986). Whiteflies and psyllid injurious to citrus. In *Integrated Pest Control in Citrus Groves*. In *Proceedings Experts Meeting*, (pp. 89-98). Acireale
- Bellabas, A. (2011). Etude de Base sur les agrumes en Algérie. *Ed1, Food and Agriculture Organization*, 5-7.
- Berkani, A. (1989). *Possibilités de régulation des populations d'Aleurothrixus floccosus* Mask. (Homopt., Aleurodidae) sur agrumes par *Cales noacki* How. (Hymenopt., Aphelinidae) en Algérie. Thèse de Doctorat Etat. Université Aix-Marseille, France.
- Biche, M. (2012). Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. *Guide pratique*, 4-5.
- Bran, P., Onillon, J.C. (1978). Dynamique du végétal et estimation des populations de ravageurs inféodés aux Citrus. *Fruits*, 33, 807-810.
- Del-Bene, G., Gargani E. (1991). Osservazioni su *Aleurothrixus floccosus* (Mask.) (Hom.: Aleyrodidae) e sul suo antagonista *Cales noacki*

- How. (Hym. Aphelinidae) in Toscana. *Redia*, 74 (1), 11–126.
- Doumandji, S., Doumandji-Mitiche, B. (1986). Introduction de *Cales noacki* (Hym., Aphelinidae) en Mitidja pour lutter contre *Aleurothrixus floccosus* (Hom., Aleyrodidae). *Annales de l'institut national agronomique ElHarrach*, 10 (2), 44–46.
- Doumandji-Mitiche, B. & Doumandji, S.E. (1988). Note sur l'installation en Metidja de *Cales noacki* HOW. (Hym. Aphelinidae) ennemi naturel de l'aleurode floconneux *Aleurothrixus floccosus* MASK (Hom. Aleyrodidae)., *INA*, 12, 66-88.
- Ekbom, B.S., Rumei, X. (1990). Sampling and spatial patterns of whiteflies. In: *Whiteflies: their Bionomics, Pest Status and Management*. (D. Gerling, ed.). Intercept Ltd, Andover, 107-121.
- France, A., Gerding, M., Tello, V., Peralta, O., Sepúlveda, M. (2011). *Investigation about Adaptability of Entomopathogenic Fungi in Pica*. INIA Quilamapu, Universidad Arturo Prat, Iquique.
- Gebreslasie, A., & Meresa, H. (2018). Identification of insect and disease associated to citrus in Northern Ethiopia. *African Journal of Microbiology Research*, 12(13), 312-320. doi:10.5897/AJMR2017.8780
- Giliomee, J.H., Millar, I.M. (2009). The woolly whitefly, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Hemiptera: Aleyrodidae), a potentially serious citrus pest, recorded from South Africa. *African Entomology*, 17(2), 232-233. doi:10.4001/003.017.0216
- Goulet, H., & Huber J.T. (1993). *Hymenoptera of the world: An identification guide to families*. Ottawa, Ontario, Centre for Land and Biological Resources Research.
- Grout, T.G., Kirkman, W., Moore, S.D. (2012). Woolly whitefly, *Aleurothrixus floccosus*, on citrus in South Africa. Citrus Research International, South Africa. *Fruit Journal*, 79-81.
- Hussain, M. A., Ahmad, T., Tekeste, M., Teklemariam, N., Abraham, N., & Mehari, N. (2017). A case study of insect pest complex of citrus and their management at Keren, Eritrea, and a note on their natural enemies. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(3), 1226-1230.
- Katsoyannos, P., Ifantis, K., Kontodimas, D.C. (1997). Phenology, population trend and natural enemies of *Aleurothrixus floccosus* (Hom.: Aleyrodidae) at a newly invaded area in Athens, Greece. *Entomophaga*, 42, 619–628. doi:10.1007/BF02769820
- Katsoyannos, P., Kontodimas, D.C., Stathas, G.J. (1998). The inundative release of *Cales noacki* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae), for curative treatment of *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Homoptera: Aleyrodidae) on heavily infested citrus in Greece. *Annals of the Benaki Phytopathological Institute*, 18, 111–122.
- Kissayi, K., Benhalima, S., & Smaili, M. C. (2017). New records of Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from Morocco and comparison with North Africa region fauna. *Journal of Entomology and Nematology*, 9(7), 55-62.
- Mahmoudi, A., Allal Benfekih, L., Rouabhi, A. (2017). Approche fonctionnelle de la diversité des communautés d'insectes auxiliaires dans un verger de clémentinier à Chlef. *Revue Agrobiologia*, 7(2), 445-458.
- Meagher, R. (2008). Citrus Pests and their Management. In *Encyclopedia of Entomology*. (pp. 878-903). Netherlands, Springer.
- Nega, A. (2011). *Integrated management of woolly whitefly [Aleurothrixus floccosus (maskell) homoptera: aleyrodidae] on citrus at adama, east shewa zone, ethiopia*. Thesis Haramaya University.
- Onillon, J.C. (1973). Contribution à l'étude de la dynamique des populations d'homoptères inféodés aux agrumes.V.2. Possibilités de régulation des populations d'*Aleurothrixus floccosus* Mask. (Homoptera, Aleyrodidae) sur agrumes par *Cales noacki* HOW (Hymenoptera, Aphelinidae). *Bulletin OEPP/EPPPO*, 3 (1), 17-26.
- Oviasogie, F.E., Ogofure, A.G., Beshiru, A., Ode, J.N., Omeje, F.I. (2015). Assessment of fungal pathogens associated with orange spoilage. *African journal of Microbiology Research*, 9 (29), 1758-1763. doi:10.5897/AJMR2014.7246
- Prema, M.S., Ganapathy, N., Renukadevi, P., Mohankumar, S., Kennedy, J.S. (2018). Coloured sticky traps to monitor thrips population in cotton. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2), 948-952.
- Ripa, R., Rodríguez, F., Rojas, S., Larral, P., Castro, L., Ortúzar, J., Carmona, P., Vargas, R. (1999). *Citrus Pests, their Natural Enemies and Management*. INIA Books Collection.
- Telli, Ö., Yiğit A. (2012). Hatay ili turunçgillerinde zararlı Turunçgil pamuklu beyazsineği, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) ve Turunçgil ipek beyazsineği, *Paraleyrodes minei* Iaccarino (Hemiptera: Aleyrodidae) 'nin doğal düşmanları. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 36 (1), 147-154.

- Tello Mercado, V., Fernández, E.S., Giliomee, J.H. (2014). Life table parameters of the woolly whitefly *Aleurothrixus floccosus* (Hemiptera: Aleyrodidae) and its parasitoid *Cales noacki* (Hymenoptera: Aphelinidae). *European Journal of Entomology*, 111 (2), 251–256. doi:10.14411/eje.2014.020
- Toorani, A H., Abbasipour, H. (2017). Effect of geographical directions, height and the color of yellow traps in capture of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) in citrus orchards. *Acta agriculturae Slovenica*, 109 (3), 561–575. doi:10.14720/aas.2017.109.3.08
- Townsend, G.K. & Heuberger, J.W., (1943). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Disease Reporter*, 27 (17), 340-343.
- Ulusoy, M.R., Vatansever, G., Erkilic, L., Uygun, N. (2003). Studies on *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Homoptera, Aleyrodidae) and its parasitoid, *Cales noacki* Howard (Hymenoptera, Aphelinidae) in the East Mediterranean Region of Turkey. *Journal of Pest Science*, 76,163–169. doi:10.1007/s10340-003-0014-5
- Uygun N., Satar S. (2008). The Current Situation of Citrus Pest and Their Control Methods in Turkey. Integrated Control in Citrus Fruit Crops, *IOBC/wprs Bulletin*, 38, 2-9.
- Yigit, A., Canhilal, R. (2005). Establishment and dispersal of *Serangium parcesetosum* Sicard (Coleoptera, Coccinellidae), a predatory beetle of citrus whitefly, *Dialeurodes citri* Ashm (Homoptera, Aleyrodidae) in the East Mediterranean region of Turkey. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 112 (3), 268–275.