

## APPROCHE FONCTIONNELLE DE LA DIVERSITÉ DES COMMUNAUTÉS D'INSECTES AUXILIAIRES DANS UN VERGER DE CLEMENTINIER À CHLEF.

MAHMOUDI Abdelhaq<sup>1,3\*</sup>, ALLAL BENFEKIH Leila<sup>2</sup>, ROUABHI Abdeldjabar<sup>3</sup>

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 46 taxons répartis en 15 familles. Le groupe des prédateurs englobe des Coccinellidae, des Chrysopidae et des Coniopterygidae ; le groupe des Hyménoptères parasitoïdes est le plus important, représenté par 34 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 46 taxa divided into 15 families. The group of predators includes Coccinellidae, Chrysopidae and Coniopterygidae; the group of Hyménoptères parasitoids is the largest represented by 34 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<sup>ème</sup> 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 17 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
<b>Fin été en 2013</b>	3	24/07, 09/08 ; 24/08
<b>Automnale en 2013</b>	5	09/09 ; 24/09 ; 09/10, 24/10 ; 09/11
<b>Printanière en 2014</b>	6	09/03; 24/03 ; 09/04 ; 24/04, 09/05 ; 24/05
<b>Début été en 2014</b>	3	09/06; 24/06 ; 09/07 ;

### 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]. Trois pièges collants de type HORIVER de 150 cm<sup>2</sup> (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 tarsi. 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 novembre) 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.

## 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 47 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 (4), les Cecidomyidae (2), les Coniopterygidae (2) et les Chrysopidae (2). Les entomophages parasitoïdes primaires figurent parmi les Aphelinidae (5), les Braconidae (4), les Encyrtidae (3), les Eulophidae (6), les Mymaridae (4), 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
<b>Richesse (S)</b>	15 a	41 b	37 a	15 b
<b>Abondance (A)</b>	6 a	59 b	77 b	41 b
<b>Shannon H (bits)</b>	2,985 a	2,436 b	1,731 c	2,067 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)
<b>S</b>	15	41	0	<b>S</b>	37	0	<b>S</b>	15	1
<b>A</b>	6	59	0	<b>A</b>	77	0	<b>A</b>	6	0
<b>H</b>	2,985	2,436	0,472	<b>H</b>	2,985	1,731	<b>H</b>	2,985	2,067
	Printemps 2014	Début Été 2014	Boot P (eq)		Printemps 2014	Automne 2013		Automne 2013	Début Été 2014
<b>S</b>	37	15	0	<b>S</b>	37	41	<b>S</b>	41	15
<b>A</b>	77	41	0	<b>A</b>	77	59	<b>A</b>	59	41
<b>H</b>	1,731	2,067	0,05	<b>H</b>	1,731	2,436	<b>H</b>	2,436	2,067

En termes de richesse, le complexe entomophage des saisons automnale et printanière comprend le plus grand nombre d'espèces avec 41 et 37 taxons respectivement. Comparativement, les communautés estivales (fin et début de saison) ne comptent que 15 espèces seulement. La communauté de la saison de fin d'été en 2013 montre la diversité la plus élevée (H= 2,98 bits) suivie par celles des communautés d'automne en 2013 et de début d'été en 2014 (H= 2,43 et H=2,06 bits respectivement). Les diversités comparées de ces peuplements d'entomophages semblent similaires (p= 0,47 et p=0,09) (tableau 2). Néanmoins, l'assemblage saisonnier de printemps en 2014 montre une diversité plus faible donc significativement différentes de celles des autres assemblages (0,03<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 =  $6,19^{E-08}$ ,  $p$  automne 2013) =  $2,92^{E-22}$ ,  $p$  printemps 2014 =  $1,08^{E-10}$ ,  $p$  début été 2014 =  $3,15^{E-10}$ ).

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 ( $p = 8,78 \times 10^{-9}$ ,  $p < 1\%$ ), et du début été 2014 ( $p = 1,01 \times 10^{-6}$ ,  $p < 1\%$ ).

Également, les diversités des communautés estivales de 2013 et de 2014 et les diversités printanières de 2014 sont significativement différentes ( $p = 0,07$ , différence marginale,  $p = 1,55 \times 10^{-10}$ ,  $p < 1\%$  et  $p = 0,05$ ). 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 ( $p = 0,1958$  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 Été 2013	Automne 2013	Printemps 2014	Début Été_2014
Pente	-0,3294	-0,1419	-0,2878	-0,2703
P (Motomura)	$6,19^{E-08}$	$2,92^{E-22}$	$1,08^{E-10}$	$3,15^{E-10}$
Fin Été 2013	-			
Automne 2013	0,1958	-		
Printemps 2014	$1,55^{E-10}$	$8,78^{E-09}$	-	
Début Été_2014	0,07	$1,01^{E-06}$	0,05196	-

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).

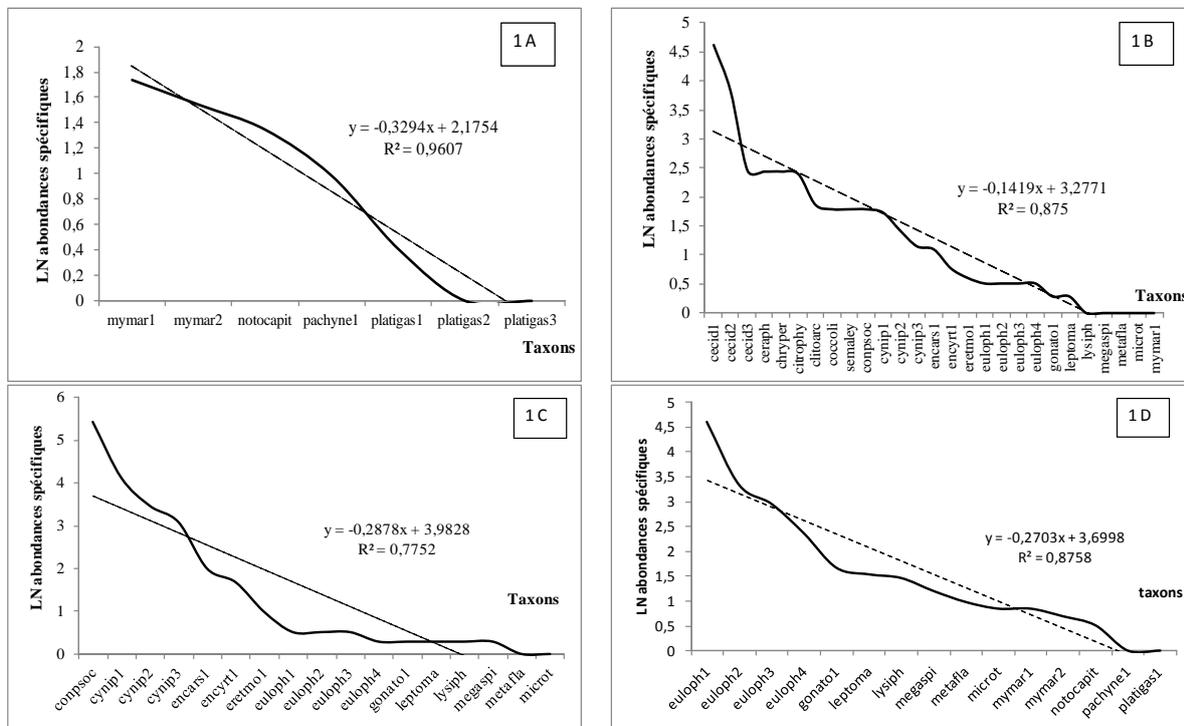


Figure 1. Composition taxonomique et hiérarchisation saisonnière des communautés d'auxiliaires capturées dans le verger de clémentinier

(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, platigas3) 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 novembre), 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 deux 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 *Conwentzia 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 manifestés 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 ( $p < 0,007$ ). 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 (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=37) 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>	15,9	0	25,5	5,712	7,92	6,44
clitoarc	<i>Clitosthetus arcuatus</i>	12,24	2,33	11,5	22,67	56,2	33,8
citrophy	<i>Citrostichus phyllicnistoides</i>	6,358	0	2,87	0,1233	0,25	0
scymsub	<i>Scymnus subvillosus</i>	4,214	1,33	2,88	0,4611	0,417	1,11
notocapit	<i>Notochrysa capitata</i>	4,158	0	2,75	0,07931	0	0,111
euloph3	Eulophidae sp3	4,025	0	1,5	0,219	0,25	0,111
braco3	Braconidae sp3	3,837	0	1,42	2,139	1,83	3,56
euloph1	Eulophidae sp1	3,223	0,5	1,5	0,1021	0,167	0,333
chryper	<i>Chrysoperla carnea</i>	3,146	0	1,5	1,147	0	1,56
platigas1	Platigastridae sp1	3,103	1,92	1,63	0,1143	0,167	0
conpsoc	<i>Conwentia psociformis</i>	2,334	0	2,92	0,8405	1,33	0
aphyt1	<i>Aphytis</i> sp1	1,223	0	0,792	0,143	0,0833	0,222
cecid1	Cecidomyiidae sp1	0,8704	0	0,458	9,898	15,3	1,78
braco2	Braconidae sp2	11,59	0	9,44	5,638	5,42	9,44
euloph2	Eulophidae sp2	2,413	0	1,44	1,073	0	1,44
cynip1	Cynipidae sp1	0,9664	0	0,417	0,5291	0,167	0,889
metafla	<i>Metaphycus flavus</i>	1,172	0	0,778	0,4758	0,167	0,778
rodalcar	<i>Rodolia cardinalis</i>	0,7865	0	0,333	0,4632	0,0833	0,778
megaspi	Megaspilidae	0,3236	0,167	0,125	0,4193	0,417	0,667
lysiph	<i>Lysiphlebus</i> sp	0,378	0	0,25	0,3685	0,667	0
coccoli	<i>Coccophagus licymnia</i>	0,6549	0	0,556	0,3185	0,167	0,556
stetpunc	<i>Stethorus punctillum</i>	1,148	0,75	0,25	0,2609	0,333	0
platigas2	Platigastridae sp2	1,143	0,167	0,417	0,2191	0,167	0
caleno	<i>Cales noacki</i>	1,04	0,5	0,417	0,7341	0,5	0,111
encars1	<i>Encarsia</i> sp1	0,799	0,167	1,04	0,2254	0,417	0
cecid3	Cecidomyiidae sp3	0,4472	0	0,167	0,2241	0,333	0
cynip3	Cynipidae sp3	0,8943	0	0,333	0,1458	0,0833	0,222
pachyne1	<i>Pachyneuron</i> sp1	0,6181	0,25	0,25	0,122	0,167	0
gonato1	<i>Gonatocerus</i> sp1	0,5957	0,333	0	0,4381	0,333	0
mymar1	Mymaridae sp1	0,5314	0,167	0,417	0,2232	0,167	0,111
pnigal	<i>Pnigalio</i> sp	0,378	0	0,25	0	0	0
leptoma	Leptomastidea	0,3059	0,167	0,0833	0,2191	0,167	0
euloph4	Eulophidae sp4	0,2979	0,167	0	0,2191	0,167	0
cecid2	Cecidomyiidae sp2	0,3411	0	0,222	0,2188	0,333	0,222
mymar2	Mymaridae sp2	0,1923	0	0,111	0,09521	0,0833	0,111
platigas3	Platigastridae sp3	0,1923	0	0,111	0,08394	0	0,111
mymar1	Mymaridae sp1	0,2232	0,167	0,111	0,08217	0,0833	0,111

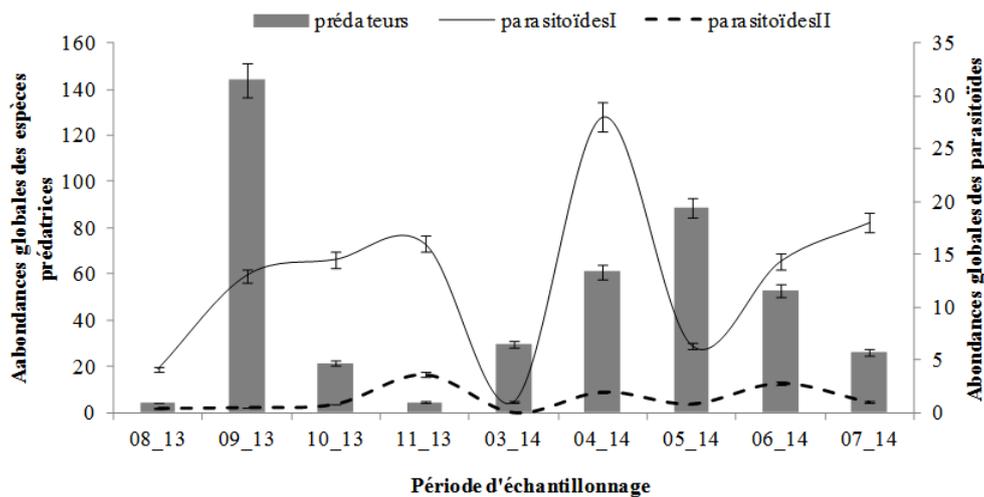


Figure 2. Variation saisonnière des groupes fonctionnels d'entomophages dans le verger de clémentinier.

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.

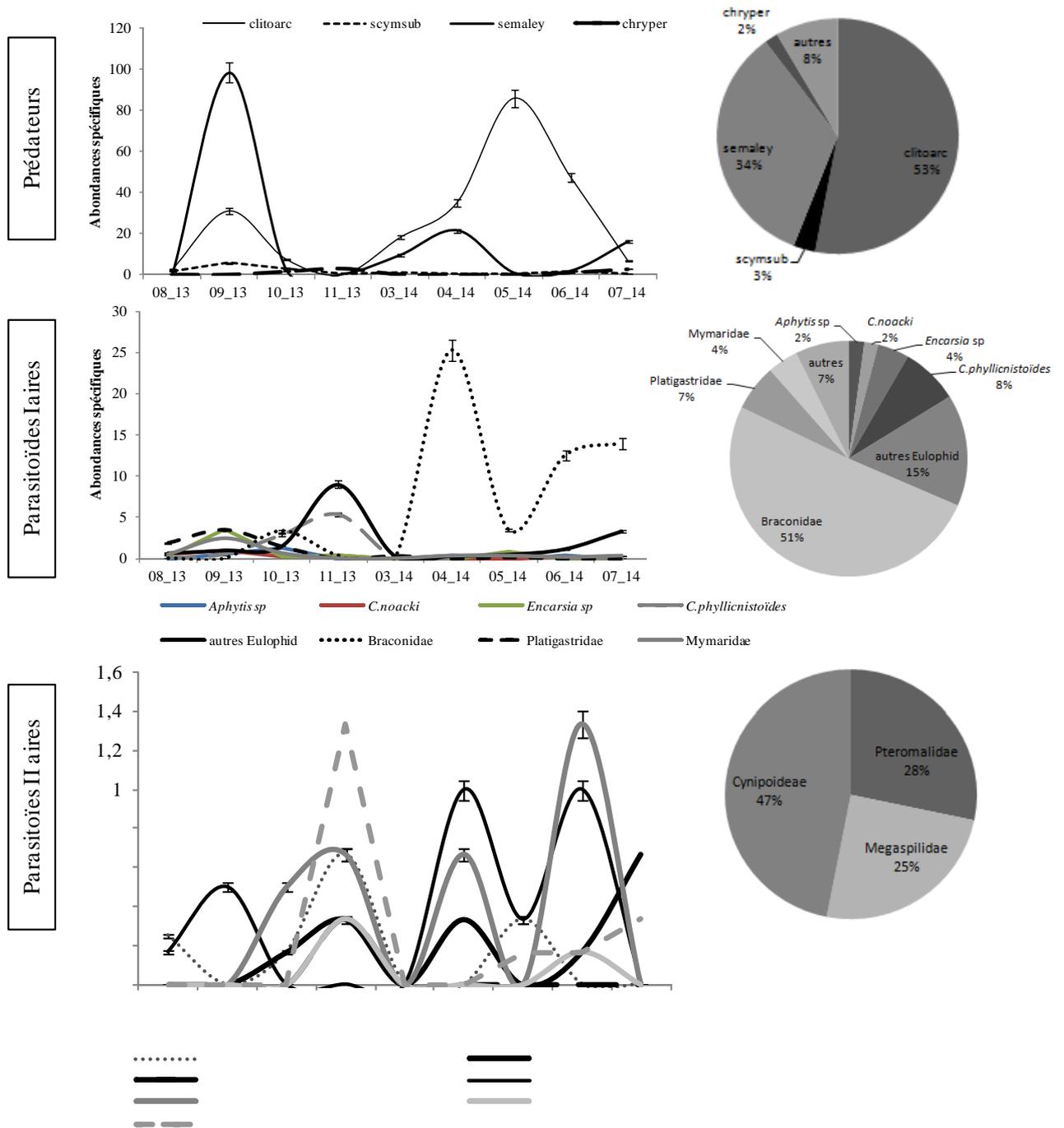


Figure 3. Fluctuations temporelles des principales espèces de prédateurs, parasitoïdes primaires et secondaires et leurs abondances relatives durant la période d'échantillonnage.

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	S	O	N	M	A	M	J	Jt	
				13	13	13	13	14	14	14	14	14	
PARASITOÏDES PRIMAIRES ET SECONDAIRES	Chalcidoidea, Mymaridae (Haliday, 1833)	<i>Gonatocerus</i> sp	Parasitoïde d'œufs de cicadellides et d'autres insectes										
		<i>Anagrus atomus</i> (Linnaeus, 1767)											
		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											
	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 phyllicnistoides</i> (Narayanan)											
Ceraphronoidea, Megaspilidae (Ashmead, 1893)	Megaspilidae sp1	Hyperparasitoïde d'aphides											
PRÉDATEURS	Cucujoidea, Coccinellidae	<i>Clitostethus arcuatus</i> (Weise, 1885)	Aleurodiphage										
		<i>Scymnus subvillosus</i> (Goeze, 1777)	Aphidiphage										
		<i>Stethorus punctillum</i> (Weise 1891)	Acariphage										
		<i>Rodalia 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, Coccidae et acariens									
	<i>Conwentia psociformis</i> (Curtis, 1834)												

## 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 47 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 Cucujoïdea 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] et *Stethorus punctillum* contre les acariens.

Les prédateurs Aleurodiphages recensés sont représentés par *Clitostethus arcuatus* et *Semidalis aleyrodiformis*, 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 34 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 floconneux *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 intraguildes contre les parasitoïdes. Nous avons vu que leurs abondances relatives n'étaient pas négligeable. Ces derniers ont été identifiés comme prédateurs intraguildes occupant un même hôte tout en limitant sa croissance par la diminution de sa densité et de ses ressources. 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 citrus, 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 concevoir puis de promouvoir des pratiques culturelles plus respectueuses de l'environnement, au sein de systèmes de culture où la diversité de la faune auxiliaire retrouvée du verger en est le pilier.

## 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]. **Ekbom 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, Eds Quae, 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]. **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/EPP* 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'*Aleurothrixus 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., 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
- [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.