

République Algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 mai 1945 Guelma
Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et
de l'univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomiques
Département : Ecologie et génie de l'environnement
Spécialité: Phytopharmacie et protection des végétaux

**Contribution à l'étude de la diversité des
parasitoïdes primaires et secondaires des
pucerons d'agrumes dans la région de
Guelma**

Présenté par :

Berla Salah Eddine
Dramnia Asma
Thelaidjia Mouhamed Karim

Devant le jury composé de :

Mme. LAOUAR H.	M.C.B., Université 8 mai 1945 Guelma	Président
Mr. KHALADI O.	M.A.A., Université 8 mai 1945 Guelma	Encadreur
Mme. OUCHTATI N.	M.C.B., Université 8 mai 1945 Guelma	Examinateur

Septembre 2020

Remerciements

*Avant tout, Nous remercions **ALLAH** tout le puissant pour la volonté, la santé et la puissance qu'il nous a donné durant toutes les années d'études afin que nous puissions arriver là.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur Monsieur **KHALADI Omar** pour avoir bien voulu nous encadrer, pour la documentation qu'il nous a procuré, pour ses précieux conseils, pour son suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire de son extrême gentillesse .Vous nous avez toujours réservé le meilleur accueil malgré vos obligations professionnelles, Nous espérons qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.*

*Nos sincères remerciements vont à Madame **LAOUAR H.** d'avoir accepté de présider le jury, et nous lui adressons notre profonde gratitude pour ses conseils.*

*Nos vifs remerciements sont destinés à Madame **OUCHTATI N.** d'avoir bien voulu examiner et porter jugement à ce travail, pour ses orientations et ses conseils .ses remarques vont surement enrichir notre travail et lui donneront plus de valeurs.*

Nous remercions tous les enseignants pour leurs gentilleses et surtout soutient moral et physique.

Nous remercions nos parents et toutes nos familles pour leurs encouragements.

Enfin, un très grand à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail par leur soutien moral ou matériel.

Merci



Dédicace :

*À travers ce modeste mémoire, je tiens à remercier mes :
Parents qui ont consacré leur vie à notre éducation et à
faire notre bonheur et qui m'encouragent toujours pour
achever mes études tout en espérant de voir les fruits de
leurs sacrifices, et spécialement à ma très chère Mère pour
ces sacrifices, son aide et son soutien et me voir ainsi
arriver à ce que j'étais devenu aujourd'hui.*

*A la lumière de mes yeux et aux ailes de mes voltiges mon
père*

A mes chères sœurs et frères

*Je dédie ce travail à tous les membres de la famille Berla
et Touati.*

*A l'ensemble des amis que j'ai connu pendant mes études
et à ceux qui m'ont prodigué leurs vifs conseils,
encouragements et témoigné de leur amitié.*

Salah Eddine

Dédicace

Du profond de mon cœur, Je dédie ce travail:

*A Mon amour éternel Mes chers parents,
Source de vie, d'amour, d'affection, d'espoir et de motivation*

*A mon frère et ma sœur,
Source de joie et de bonheur*

A tous mes proches et mes amis que j'aime

A tous mes professeurs sans exception

Spécialement à Mme. Laouar Hadia pour sa gentillesse

-Asma -

Dédicace :

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que: Je dédie ce mémoire de
Master

*À ma tendre mère **Sabiha**: Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

*À mon très cher père **Ahcene**: Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.*

*À mes sœurs: **Maroua, Touka, Rym.***

À tous les étudiants de ma promotion.

À tous mes amis de la résidence.

À tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

À tous ceux qui me sens chers et que j'ai omis de citer.

Mouhamed Karim

Table des matières

Liste des tableaux	I
Liste des figures	II
Liste des abréviations	IV
Introduction	1
Chapitre I: Synthèse bibliographique sur les agrumes et les pucerons	3
I.1.Les agrumes	3
I.1.1.Généralité sur les agrumes	3
I.1.2.Situation d'agrumiculture dans le monde	3
I.1.3.Situation d'agrumiculture en Algérie	5
I.2.Les pucerons des agrumes	7
I.2.1.Généralité sur les pucerons des agrumes	7
I.2.2.La morphologie d'un puceron.....	9
I.2.3.Cycle de vie des pucerons.....	10
I.2.4.Aperçu sur quelques espèces de pucerons d'agrumes	11
I.2.5.Dégâts.....	15
I.2.6.Lutte.....	15
Chapitre II : Synthèse bibliographique sur les parasitoïdes primaires et secondaires	17
II.1.Généralité sur les parasitoïdes	17
II.2.L'importance des parasitoïdes en agroécologie	17
II.3.Mode de reproduction des parasitoïdes	18
II.4.Hyménoptères parasitoïdes primaires	18
II.4.1.Généralité	18
II.4.2.Cycle de développement des hyménoptères parasitoïdes primaires	20
II.5.Les hyperparasitoïdes (les parasitoïdes secondaires)	21
II.5.1.Généralité	21
II.5.2.Biologie des hyperparasitoïdes	21
II.5.3.Impact des hyperparasitoïdes sur la lutte biologique	22
Chapitre III : Matériels et méthodes	23
III.1.Présentation de la région d'étude.....	23
III1.1.Situation géographique	23
III.2.Présentation des vergers d'étude.....	24
III.2.1.Verger 1.....	24

III.2.2. Verger 2.....	26
III.3. Données climatiques de la région d'étude.....	27
III.3.1. Température.....	27
III.3.2. Précipitation.....	28
III.4. Synthèse climatique	28
III.4.1. Diagrammes Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)	28
III.4.2. Étage bioclimatique (Climagramme d'Emberger)	29
III.5. Matériels et méthodes de travail.....	31
III.5.1. Échantillonnage sur terrain.....	31
III.5.2. Méthodes de travail au laboratoire	33
III.6. Exploitation des résultats par les indices écologiques	34
III.6.1. Indices écologique de composition.....	34
III.6.2. Indices écologiques de structure.....	35
Chapitre IV : Résultats	36
IV.1. Résultats de l'inventaire des pucerons.....	36
IV.1.1. Verger 01 (Guelma).....	36
IV.1.2. Verger 02 (Héliopolis)	38
IV.2. Résultats de l'inventaire des hyménoptères parasitoïdes.....	39
IV.2.1. Parasitoïde émergés des momies dans les deux vergers.....	39
IV.2.2. Parasitoïdes capturés par pièges jaunes à eau dans le verger de Guelma	39
IV.2.3. Parasitoïdes capturés par pièges jaunes à eau dans le verger d'Héliopolis.....	45
Discussion	49
Conclusion	52
Références bibliographiques	54
Résumés	

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification des principaux producteurs d'agrumes dans le monde et leurs parts	4
Tableau 2: Part (%) de variétés d'agrumes dans la production mondiale	5
Tableau 3: Répartition par zones géographiques, la superficie et la production des agrumes en Algérie.....	5
Tableau 4: Quelques espèces aphidiennes endommageant les agrumes	8
Tableau 5: Principaux auxiliaires et les agents entomopathogènes employés dans des programmes de lutte biologique contre les pucerons à travers le monde.....	16
Tableau 6: Classification d'hyménoptères parasitoïdes primaire des pucerons	19
Tableau 7: Classification des principaux hyperparasitoïdes.....	21
Tableau 8: Les Températures moyennes maximales (max), moyennes minimales (min) et moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Guelma durant la période Mai 2019-Avril 2020	27
Tableau 9: Précipitations moyennes mensuelles en (mm) enregistrées dans la région de Guelma entre le mois de Mai 2019 et Avril 2020	28
Tableau 10: Abondances relatives de différentes espèces de pucerons dans le verger de Guelma.....	36
Tableau 11: Abondances relatives des deux espèces de pucerons trouvés dans le deuxième verger d'Héliopolis	38
Tableau 12: Les différents hyménoptères parasitoïdes des pucerons capturés par pièges jaunes à eau (Verger01)	39
Tableau 13: Parasitoïdes primaires et secondaires capturés par pièges jaunes à eau (Verger 1)	40
Tableau 14: Effectif total et abondance relative (%) des parasitoïdes capturés par piège jaune dans le verger de Guelma.....	42
Tableau 15: Indice de Shannon-Weaver et d'équitabilité des parasitoïdes trouvés dans le verger de Guelma	44
Tableau 16: Les différents hyménoptères parasitoïdes des pucerons capturés par pièges jaunes à eau dans le verger d'Héliopolis	45
Tableau 17: Effectif total et abondance relative (%) des parasitoïdes capturés par piège jaune à eau dans le verger d'Héliopolis	46
Tableau 18: Indice de Shannon-Weaver et d'équitabilité des parasitoïdes trouvés dans le verger d'Héliopolis	48

Liste des figures

Figure 1: Région d'origine, dispersion et zones de diversification des agrumes cultivés	4
Figure 2 : Parts (%) de production des agrumes en Algérie en fonction des variétés	6
Figure 3: Répartition des agrumes en Algérie	6
Figure 4: Morphologie d'un puceron aptère (a) et ailé (b)	9
Figure 5: Cycle biologique des pucerons.....	11
Figure 6: <i>Aphis spiraeicola</i> aptère (a) et ailé (b).....	12
Figure 7: Colonie d' <i>Aphis gossypii</i> sur un bourgeon floral d'agrume	13
Figure 8: <i>Toxoptera citricidus</i>	13
Figure 9: Larve de <i>Myzus persicae</i> sur une jeune pousse d'agrumes	14
Figure 10: Forme d'ail de la famille des Aphelinidae	18
Figure 11: Caractère alaire de la sous famille Aphidiinae (Braconidae : Aphidiinae)	19
Figure 12: Cycle de développement d'un hyménoptère parasitoïde primaire	20
Figure 13: Type d'oviposition chez les hyperparasitoïdes ectophage (a) et endophage (b) ...	22
Figure 14: Situation géographique de la région d'étude de wilaya de Guelma	23
Figure 15: Position et situation géographique des deux vergers d'études dans la wilaya de Guelma (V1 :36°28'35"N 7°24'35"E ; V2 :36°29'18"N 7°26'36"E).....	24
Figure 16: Présentation du premier verger (Guelma).....	25
Figure 17: Présentation du deuxième verger (Héliopolis).....	26
Figure 18: Diagrammes Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Guelma durant la période Mai 2019-Avril 2020	29
Figure 19: Localisation de la région de Guelma au cours de la période Mai 2019- Avril 2020 dans le climagramme d'Emberger.....	30
Figure 20: Échantillon de rameau dans un sachet en plastique	31
Figure 21: Pièges jaunes à eau	32
Figure 22: Plan de disposition des pièges jaunes à eau dans les vergers d'étude.....	32
Figure 23: Flacons de récupération des insectes	33
Figure 24: Évolution temporelle des effectifs totaux des pucerons dans le premier verger. ..	37
Figure 25: Évolution temporelle des effectifs totaux des pucerons dans le deuxième verger..	38
Figure 26: Les hyperparasitoïdes capturés dans les deux vergers d'études.....	41
Figure 27: Les parasitoïdes primaires capturés dans les deux vergers d'études	41

Figure 28: Évolution temporelle des effectifs totaux des parasitoides des pucerons trouvés dans le verger de Guelma.....	43
Figure 29: Effectifs totaux par catégorie d'insectes trouvés dans le verger de Guelma.....	44
Figure 30: <i>Dendrocerus aphidum</i> (×4.5).....	45
Figure 31: Évolution temporelle des effectifs totaux des différents parasitoïdes des pucerons trouvés dans le verger d'Héliopolis	47
Figure 32: Effectifs totaux par catégorie d'insectes trouvés dans le verger d'Héliopolis	48

Liste des abréviations

A.N.D.I. : Agence Nationale de Développement de l'Investissement

F.A.O. : Food and Agriculture Organization

F.R.E.D.O.N. : Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles

I.T.A.F.V. : Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne

M.A.D.R.P. : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche

U.S.D.A. : United States Département of Agriculture

Introduction

Introduction

Les agrumes présentent une importance économique considérable dans de nombreux pays, en tant que produit d'exportation pour quelques-uns et produit d'approvisionnement du marché intérieur pour les autres (**Boudi, 2005**).

Ils représentent une culture fruitière importante dans le monde entier (**Altaha et al., 2012**). Ils sont cultivés dans plus de 100 pays à travers le monde (**Peña et al., 2007**).

L'Algérie est l'un des principaux pays producteurs d'agrumes dans la région méditerranéenne (**Schimmenti et al., 2013**). Il détient une collection variétale composée de 256 variétés d'agrumes, ce qui représente un patrimoine génétique inestimable (**Larbi et al., 2009**).

Les citrus algériens subissent, depuis quelques années, un déclin considérable de la production et de la qualité des fruits. Parmi les causes de ce déclin, les maladies et les ravageurs (**Boufekhar-Ramdani, 1998**). Ils sont soumis à l'action de plusieurs bioagresseurs de nature diverse (**Franco et al., 2006**). Les pucerons sont parmi les groupes d'insectes les plus importants (**Sullivan, 2008**).

Ces organismes sont des insectes du type piqueur-suceur : ils insèrent leur stylet dans la plante hôte et s'alimentent de sa sève élaborée. Les dégâts provoqués par ces organismes résultent de ce mode d'alimentation (**Alford, 2011**). Lors de la prise alimentaire à partir de la sève, les pucerons injectent des toxines salivaires (**Chrzanowski et al., 2009**). Leurs toxiques provoquent, entre autres, un enroulement caractéristique des feuilles et un ralentissement de la croissance des branches (**Loussert, 1989**). Les pucerons peuvent également représenter des vecteurs de phytovirus par le dépôt de miellat qui est une substance riche en sucre (**Alford, 2011**). Sur les agrumes, les pucerons sont responsables à un degré plus ou moins élevé de la transmission de la tristezza (**Praloran, 1971**).

Face aux attaques de différents ravageurs, l'utilisation des traitements phytosanitaires est devenue très fréquente (**Juste et al., 1990**). Les aphicides systémiques, possèdent l'avantage de tuer les pucerons indépendamment de leur abri et de leur alimentation. Toutefois, l'utilisation de ce type de molécules conduit à leur persistance dans les parties de la plante et à un risque plus élevé de leur accumulation dans la chaîne alimentaire (**Bhatia et al., 2011**), ce qui a impliqué chez l'homme des cas de cancer, destruction du système immunitaire et perturbation des sécrétions endocriniennes (**Horrigan et al., 2002**). Le traitement chimique affecte ainsi le cortège auxiliaire et pouvant même entraîner la disparition de certaines espèces

utiles (**Aidoo et al., 2016**), donc l'utilisation irraisonnée des pesticides démontrés qu'elle avait des effets néfastes tant sur la santé humaine que sur l'environnement (**Hashemi et al., 2009**). De plus, la résistance aux insecticides a été démontrée chez plusieurs espèces de pucerons, telles que *Aphis gossypii* (**Barbagallo et al., 2007**) et *Aphis spiraecola* (**Foster et al., 2007**).

Pour ces raisons, il convient de développer des méthodes de lutte alternatives. Parmi celles-ci, figure l'exploitation des résistances naturelles chez les plantes et aussi la lutte biologique, (**Harmel et al., 2008**). Les auxiliaires entomophages utilisés dans la lutte biologique, sont regroupés en deux catégories en fonction de leur mode alimentaire. Ils sont désignés de façon conventionnelle sous les termes de prédateurs et de parasitoïdes ; les prédateurs poursuivent leurs proies pour s'en alimenter, alors que le terme parasitoïde est utilisé pour faire distinguer les organismes parasites dont les larves se développent aux dépens d'un seul hôte et l'adulte est généralement libre et mobile (**Godfray, 1994**).

Le mode d'action des parasitoïdes est la ponte dans le corps (endoparasitisme) ou sur le corps (ectoparasitisme) de leur hôte. Ensuite, le développement de l'œuf dans le corps de l'hôte entraîne inévitablement la mort de l'hôte (**Dupin, 2017**). La majorité des parasitoïdes appartient soit à l'ordre des hyménoptères (50 000 espèces) ou à l'ordre des diptères (16 000 espèces) (**Wajnberge et Ris, 2006**).

Les hyménoptères parasitoïdes de pucerons se répartissent en deux catégories : les parasitoïdes primaires et les hyperparasitoïdes (parasitoïdes secondaires) (**Turpeau et al. 2018**).

C'est dans ce cadre que s'intègre l'objet de notre étude qui s'intéresse à l'étude du cortège des parasitoïdes primaires et secondaires des pucerons susceptibles d'être présents dans deux vergers d'orangers qui se situent dans la wilaya de Guelma (le premier à la comune de Guelma et le deuxième dans le daïra d'Héliopolis).

Ce mémoire est scindé en 4 chapitres. Les deux premiers traiteront de généralités bibliographiques sur les agrumes et les pucerons et leurs principaux parasitoïdes.

Dans le troisième chapitre, une caractérisation des régions d'études et une présentation de la méthodologie utilisée (échantillonnage, identification au laboratoire des différents parasitoïdes et pucerons trouvés) ont été décrites. Le quatrième chapitre traitera les résultats de l'inventaire des pucerons dans les deux vergers et leurs hyménoptères parasitoïdes ainsi que leurs abondances spatio-temporelles ; suivie d'une discussion des résultats obtenus, et une conclusion et perspectives viennent clôturer le manuscrit.

Chapitre I :
Synthèse bibliographique sur
les agrumes et les pucerons

Chapitre I: Synthèse bibliographique sur les agrumes et les pucerons

Les agrumes

I.1.1.Généralité sur les agrumes

Les agrumes sont originaires des pays du Sud-est Asiatique, Leurs cultures se confondent avec l'histoire des civilisations anciennes de la Chine, qui les cultivèrent d'abord pour leurs parfums puis pour leurs fruits. En effet, c'est avec le rayonnement de la civilisation Chinoise et Hindoues que la culture des agrumes commença à se propager à l'ensemble des pays du Sud-est Asiatique : le Sud de Japon et l'archipel de Malaisie (**Loussert, 1989**).

Les agrumes appelés aussi hespérides , sont des arbres produisant des fruits caractérisés par une surface de peau (zeste) riche en glandes à huiles essentielles et une pulpe organisée en quartiers comprenant des pépins et de nombreux poils succulentes gorgés de jus. La diversité des fruits consommés (oranges, mandarines, clémentines, pomelos, citrons, limes et pamplemousses....) reflète d'une certaine manière la richesse et la variabilité de ces arbres (**Jacquemond et al., 2013**).

La plupart des taxonomistes, considèrent que le genre *Citrus* fait partie de l'ordre des Geraniales et de la famille des Rutaceae (**Nicolosi, 2007**). Cette dernière comprend 140 genres et 1300 espèces à travers le monde (**Singh et Rajam, 2009**). Cette famille est subdivisée en six sous- familles et dont celle des Aurantioidées regroupe les vrais agrumes. Au sein des Aurantioidées, on trouve les genres, *Citrus*, *Poncirus*, *Eremocitrus*, *Microcitrus*, *Fortunella* et *Clymenia*. Le genre *Citrus* est composé de plusieurs espèces, dont la taille varie de moyenne à grande (**Agustí et al., 2014**). Le genre *Poncirus* ne produisent pas de fruits consommables, mais sont utilisés comme porte-greffe car ils confèrent certaines résistances intéressantes. Le genre *Fortunella* produisent des petits fruits qui se dégustent avec la peau (**Jacquemond et al., 2009**).

I.1.2.Situation d'agrumiculture dans le monde

Les agrumes sont les fruits les plus produits dans le monde (**Loussert, 1989**). Ils représentent la culture fruitière la plus importante du point de vue économique (**Tadeo et al., 2008**). Les principales régions de production se localisent dans la région subtropicale, le sud des Etats-Unis, la région méditerranéenne, l'Afrique de sud, l'Amérique de centre, l'Australie, la Chine et le Japon (**Hill, 2008**) (Figure 1).



Figure 1: Région d’origine, dispersion et zones de diversification des agrumes cultivés (Jacquemond et al., 2013)

Selon United States Department of Agriculture **U.S.D.A.(2016)**, La Chine est le premier producteur d’agrumes dans le monde avec une part de 34% et un volume de 29,5 millions de tonnes, suivie par le Brésil avec une part de 22%. L’UE arrive au 3ème rang suivi par le Mexique (6,7 millions de tonnes) et les Etats unis (4,6 millions de tonnes). Le Maroc occupe le septième rang, suivi par la Turquie avec une part de 1,6% (Tableau 1).

Tableau 1: Classification des principaux producteurs d’agrumes dans le monde et leurs parts (U.S.D.A., 2016)

La classification	Les pays	Production en tonne	Part
1	Chine	29500000	34%
2	Brésil	19217000	22%
3	Union européenne	10766101	13%
4	Mexique	6775000	7,9%
5	USA	4601311	5,4%
6	Egypt	3000000	3,5%
7	Maroc	2315040	2,7%
8	Turque	1399000	1,6%

Selon **U.S.D.A. (2016)**, la production mondiale des agrumes se décline en quatre catégories ainsi réparties selon le Tableau suivant (Tableau 2) :

Tableau 2: Part (%) de variétés d'agrumes dans la production mondiale (**U.S.D.A., 2016**)

Variété d'agrumes	Part dans la production mondiale
Oranges	54%
Tangerines, Mandarines	31%
Citrons	8%
Pamplemousses	7%

I.1.3.Situation d'agrumiculture en Algérie

En Algérie, l'agrumiculture présente un potentiel économique important (**Mahmoudi et al., 2017**). Elle est l'une des principales spéculations de l'arboriculture, elle occupe la 3^{ème} place après l'olivier et le palmier dattier (**Boudi, 2005**). L'Algérie occupe la 18^{ème} place dans le rang mondiale, avec une production de 1.2 millions de tonnes par ans (**F.A.O., 2013**). La Répartition par zones géographiques, la superficie et la production des agrumes en Algérie sont présentées dans le tableau suivant (Tableau 3):

Tableau 3: Répartition par zones géographiques, la superficie et la production des agrumes en Algérie (**M.A.D.R.P., 2018**)

Zone	Superficie (ha)	Production (tonnes)
Nord-ouest	24 262 (35,3%)	487 506,4 (36,3%)
Nord-centre	35 987 (52,4%)	729 145,1(54,2%)
Nord-est	6 899 (10,1%)	119 098,8(8,9%)
Sud	1 530(2,2%)	8 609,6 (0,6%)

Les parts (%) de production des agrumes en Algérie en fonction de variétés sont présentées dans la Figure 2.

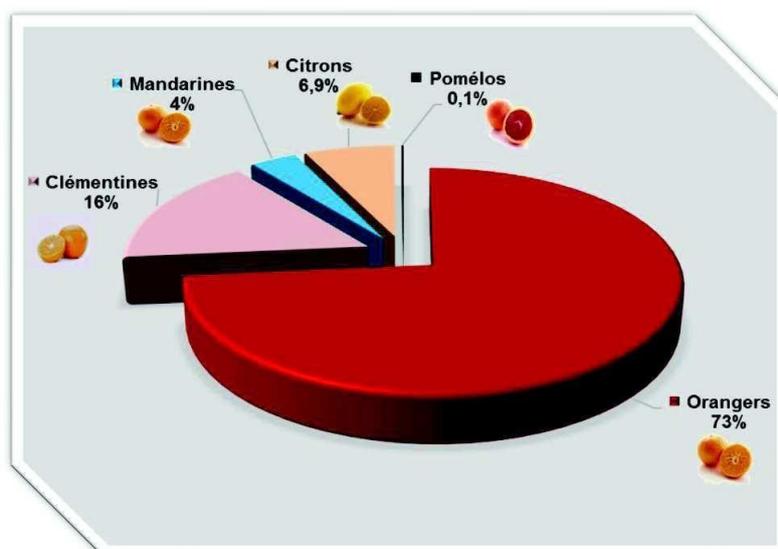


Figure 2 : Parts (%) de production des agrumes en Algérie en fonction des variétés (M.A.D.R.P., 2013)

La culture des citrus est localisée dans les zones irrigables, dans la partie de nord du pays (Figure 3) où on trouve la température clémente qui assure sa réussite (Rebour, 1945). En effet, le verger agrumicole algérien se localise essentiellement dans la plaine de la Mitidja en raison de son exigence en eau et qualité de sol (Kerboua, 2002). Les grandes zones de production par ordre d'importance, sont la plaine de la Mitidja (44 %), Habra à Mascara (25 %), le périmètre de Bounamoussa et la plaine de Saf Saf à Skikda (16 %) et le périmètre de la Mina et le bas Chélif (14 %) (Biche, 2012).



Figure 3: Répartition des agrumes en Algérie (I.T.A.F.V., 2012)

I.2. Les pucerons des agrumes

I.2.1. Généralité sur les pucerons des agrumes

D'après **Sullivan (2008)**, les pucerons (classe des Insecta), font partie de l'ordre Hemiptera, du sous-ordre des Sternorrhyncha et de la super famille des Aphidoidea.

Ils colonisent essentiellement les jeunes feuilles des trois poussées de sève de l'année aussi bien dans les vergers âgés que dans les pépinières (**Jacas et Urbaneja, 2010 ; Karamaouna et al., 2010**), mais les dégâts sont plus importants sur la première poussée de sève qui se déroule au printemps et qui porte des organes fructifères (**Hermoso de mendoza et al., 2006**). Selon la littérature scientifique, au moins 20 espèces ont été recensées sur les agrumes à travers le monde (**Blackmen et Eastop, 2008**) (Tableau 4), mais les espèces les plus communes sont *Aphis spiraecola* (Patch, 1914), *Aphis gossypii* (Glover, 1877), *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy, 1907) et *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841) (Hemiptera : Aphididae) (**Hermoso de Mendoza et al., 2006 ; Tena et Garcia-Mari, 2011**).

Les pucerons causent des dégâts directes (alimentation à partir de la sève et déformation de leurs hôtes) et indirectes (transmission des virus et dépôt de miellat sur les feuilles) (**Cœur d'acier et al., 2010**). Ils ingèrent la sève du phloème de leurs hôtes par l'intermédiaire des pièces buccales de type piqueur-suceur (**Goggin, 2007**). Sur les agrumes, l'action de leur alimentation se manifeste par une déformation, un gaufrage des jeunes feuilles, qui s'enroulent sur elles mêmes (**Praloran, 1971**).

Tableau 4: Quelques espèces aphidiennes endommageant les agrumes (**Barbagallo et al., 2007**)

Pucerons	Dégâts	Autres caractéristiques
<i>Aphis spiraecola</i> (Patch, 1914)	Forte déformation des jeunes pousses de l'oranger, le clémentinier et le pomelo mais négligeable sur le citronnier.	- Anholocyclique sur les agrumes dans les régions chaudes - Cosmopolite - Très nuisible aux agrumes
<i>Aphis gossypii</i> (Glover, 1877)	Infeste les jeunes pousses (sans déformation) de l'oranger, le clémentinier et le pomelo	- Souvent anholocyclique - Cosmopolite
<i>Toxoptera aurantii</i> (Boyer de Fonscolombe, 1841)	Infeste les jeunes pousses de toutes les espèces	- Anholocyclique - Cosmopolite
<i>Toxoptera citricida</i> (Kirkaldy, 1907)	Infeste les jeunes pousses de toutes les espèces	- Souvent anholocyclique et rarement holocyclique
<i>Sinomegoura citricola</i> (van der Goot, 1917)	Infeste les jeunes pousses	- Anholocyclique - Ravageur peu important - Répartition localisée (Sud-est de l'Asie jusqu'à l'Australie)
<i>Aulacorthum magnoliae</i> (Essig et Kuwana, 1918)	Infeste les jeunes pousses	- Principalement anholocyclique - Est de l'Asie
<i>Toxoptera odinae</i> (van der Goot, 1917)	Infeste les jeunes pousses	- Anholocyclique - Afrique sub-saharienne
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas, 1878)	Sporadiquement sur les pousses tendres	- Ravageur peu important - Cosmopolite
<i>Aphis fabae</i> (Scopoli, 1763)	Sporadiquement sur les pousses tendres	- Ravageur peu important - Cosmopolite
<i>Aphis craccivora</i> (Koch, 1854)	Sporadiquement sur les pousses tendres	- Essentiellement anholocyclique - Ravageur peu important - Cosmopolite

I.2.2. La morphologie d'un puceron

Le corps des pucerons est divisé en trois parties bien distinctes (la tête, le thorax, et l'abdomen) (Figure 4).

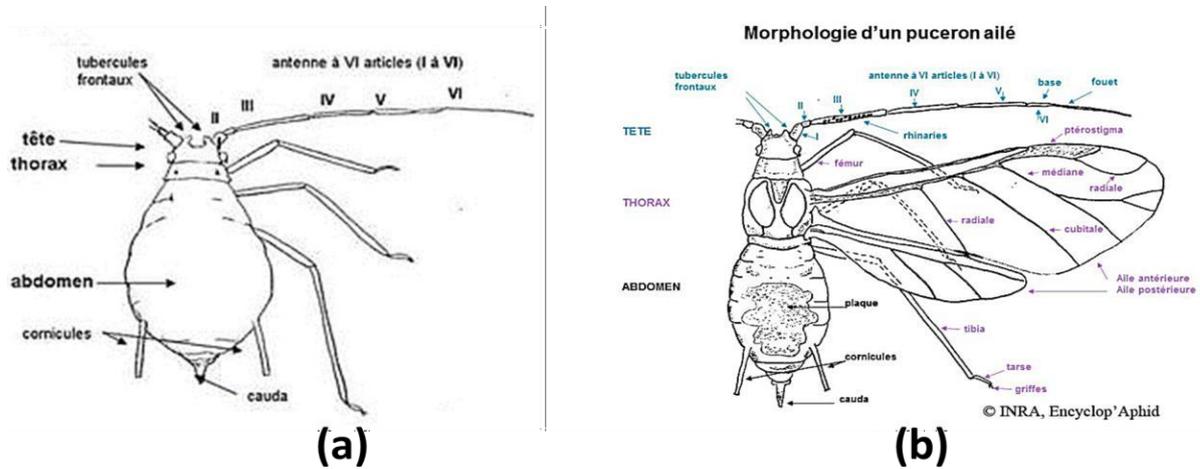


Figure 4: Morphologie d'un puceron aptère (a) et ailé (b) (Turpeau et al., 2018)

- **La tête**

Généralement, elle est bien séparée du thorax chez les formes ailées, mais non chez les aptères ; elle porte deux antennes de longueur très variable de 3 à 6 articles, sont insérées directement sur le front ou sur des tubercules frontaux plus ou moins proéminentes. Certains articles antennaires possèdent des organes sensoriels appelés les sensoria ; leurs partie distale amincie est nommée fouet ou processus terminalis (Fraval, 2006).

- **Le thorax**

Le thorax comprend trois segments : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Chez l'ailé, le mésothorax est sclérifié. Le thorax porte les trois paires de pattes, et les deux paires d'ailes pour les formes ailées (Turpeau-Ait Ighil et al. 2011). Selon Godin et Boivin (2002), la nervation médiane (la veine médiane) peut être:

- ✓ Non ramifiée
- ✓ Ramifiée une seule fois
- ✓ Ramifiée deux fois

- **L'abdomen**

L'abdomen comporte dix segments difficiles à différencier (**Turpeau-Ait Ighil et al. 2011**). Il peut avoir une forme variable (allongée à ronde), une coloration variable (pigmentation clair ou foncé) (**Vilcinskis, 2016**). Le dernier segment abdominal (10^{ème}) forme la queue (cauda) plus ou moins développée et de forme variable selon les espèces (**F.R.E.D.O.N., 2008**). L'abdomen porte en générale une paire de cornicules dont la longueur, la forme, la couleur et l'ornementation varient en fonction de l'espèce (**Vilcinskis, 2016**).

I.2.3. Cycle de vie des pucerons

Le cycle de vie d'un puceron est complexe et varie selon les espèces et la saison, en alternant avec des formes ailées et aptères, sexuelles ou parthénogénétique (des femelles vivipares ou ovipares) (**Vilcinskis, 2016**). La complexité du cycle de vie des pucerons avec l'alternance entre générations parthénogénétiques et d'autres sexuées est probablement due à une adaptation aux changements saisonniers et approvisionnement alimentaire dans les régions tempérées (**Michalik et al., 2013**).

Au cours de l'année, de nombreuses générations parthénogénétiques alternent avec une génération sexuée. La reproduction parthénogénétique a lieu durant la plus grande partie de l'année, du printemps à l'automne. Les femelles diploïdes produisent des descendants femelles diploïdes, sans fécondation. Les colonies de pucerons ainsi formées correspondent à des colonies de clones puisque les descendants sont génétiquement identiques aux pucerons fondateurs des colonies, aux mutations près. Durant la phase parthénogénétique, la taille des colonies de pucerons augmente de façon extrêmement rapide du fait de l'emboîtement des générations, due à la viviparité, les femelles donnant naissance à des larves après une embryogénèse interne. Une femelle est en âge de se reproduire en moins de 15 jours après quatre stades larvaires. Ce mode de reproduction explique en grande partie la nuisibilité de ces insectes (**Navasse, 2016**). Certaines espèces de pucerons dites monoecique nécessitent une seule plante pour accomplir leur cycle et d'autres espèces dites dioecique ou hétéroecique accomplissent leur cycle sur au moins deux types de plantes (**Hardie, 2017**). En général, les pucerons hétérocerque passent l'hiver sur une espèce végétale ligneuse (hôte primaire), ensuite ils migrent au printemps vers les plantes herbacées (hôtes secondaires) sur lesquelles ils se développent jusqu'à l'été ; ils reviennent vers l'hôte primaire dès l'automne (**Blackman et Eastop, 1984**) (Figure 5). Chez certaines espèces, la parthénogénèse est interrompue par une phase sexuée (forme sexupare) où la reproduction entre andropares et femelles gynopares

(ovipares) donne naissance à des œufs déposés sur la plante hôte primaire, ce type de cycle est appelé cycle complet ou holocyclie qu'il soit monoecique ou hétéroecique (**Michalik et al., 2013**). L'éclosion des œufs donne naissance à des femelles dites fondatrices qui sont généralement aptères et qui engendrent plusieurs générations parthénogénétiques appelées fondatrigènes (**Hardie, 2017**).

La capacité des pucerons à produire des individus ailés sous l'effet d'une surpopulation, de la détérioration de la qualité alimentaire de la plante hôte ou d'autres facteurs permet à ces insectes de quitter la plante hôte pour assurer leur alimentation (**Agarwala et Das, 2012**).

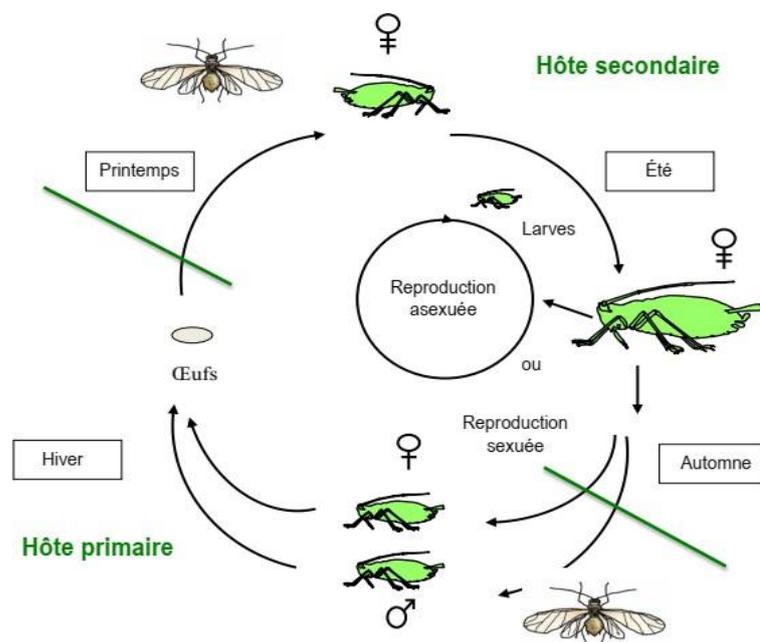


Figure 5: Cycle biologique des pucerons (**Navasse, 2016**)

I.2.4. Aperçu sur quelques espèces de pucerons d'agrumes

a. *Aphis spiraecola* Patch, 1914 (Figure 6)

Selon **Turpeau et al. (2018)**, les caractères morphologiques de cette espèce sont :

- ✓ 1,2 à 2,2 mm de taille.
- ✓ **Aptère** : jaune à vert pomme, cauda noire, cornicules noires de taille moyenne et plus longues que chez les ailés.
- ✓ **Ailé** : vert à vert jaunâtre, antennes courtes, cornicules noires, cauda noire et constrictée.

- ✓ **Cycles biologiques** : Anholocyclique en Europe, holocyclique diécique ailleurs dans le monde.

Cette espèce est très polyphagies pouvant coloniser de très nombreuses plantes appartenant à plus de 20 familles botaniques. C'est l'un des ravageurs les plus redoutés des vergers d'agrumes (**Hullé et al., 1999**). Il attaque les jeunes pousses (feuilles, tiges et les fleurs) et provoque leur enroulement (**Foottit et al., 2009**). **Saharaoui et al.(2001)** ont mentionné que ce puceron est très dommageable aux agrumes en Algérie.

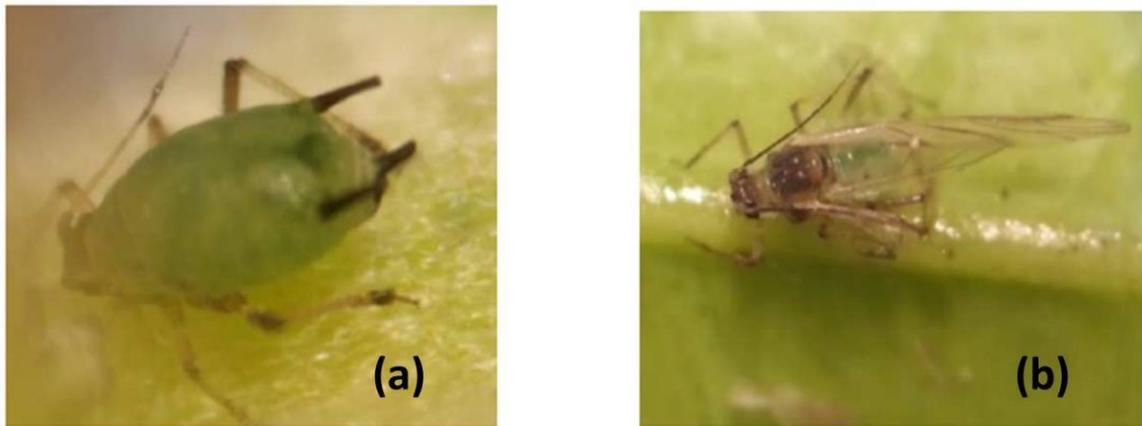


Figure 6: *Aphis spiraecola* aptère (a) et ailé (b) (**Labdaoui, 2019**)

b. *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Figure 7)

D'après **Turpeau et al. (2018)**, Les caractères morphologiques sont:

- ✓ 1,2 à 2,2 mm de taille
- ✓ **Aptère** : jaunâtre à vert sombre, cornicules très foncées et cauda plus pâle.
- ✓ **Ailé** : vert à vert foncé, antennes de la longueur du corps, cornicules noires, cauda plus claire. On peut rencontrer des individus pâles et sombres au sein d'une même colonie.
- ✓ **Cycles biologiques** : Anholocyclique.

Il cause l'avortement des fleurs et déformation des très jeunes feuilles (**Deguin et Leclant, 1997**). Il transmet aussi le CTV qui est redoutable pour les agrumes en provoquant le déclin du verger (**Larbi et al., 2015**).



Figure 7: Colonie d'*Aphis gossypii* sur un bourgeon floral d'agrumes (Labdaoui, 2019)

c. *Toxoptera citricidus* Kirkaldy, 1907 (Figure 8)

Morphologiquement, la forme aptère de *T. citricidus* est globuleuse, variant du brun très foncé à noir brillant (Leclant, 2000). Les 3^{ème} et 4^{ème} segments de l'antenne sont nettement clairs (Cocuzza et Bargallo, 2011). Chez la forme ailée, le 3^{ème} article de l'antenne est noir avec 10 à 20 sensoria secondaires, alors que les tiers distal du 2^{ème} et 6^{ème} article sont fortement assombris. L'aile antérieure possède un ptérostigma pâle avec une double bifurcation de médiane (Leclant, 2000).

Il est le vecteur le plus efficace du *Citrus tristeza virus* dans le monde (Yahiaoui et al., 2012).



Figure 8: *Toxoptera citricidus* (Labdaoui, 2019)

d. *Myzus persicae* Sulzer, 1776 (Figure 9)

- ✓ 1,2 à 2,5 mm de taille
- ✓ **Aptère** : vert clair à vert jaunâtre, tubercules frontaux convergents, cornicules très légèrement renflées, assez longues et claires.
- ✓ **Ailé** : vert clair avec une plaque sombre sur l'abdomen échancrée latéralement et perforée, tubercules frontaux proéminents et convergents, antennes longues et pigmentées sauf à la base de l'article III, cornicules longues, sombres et renflées (sur hôtes secondaires), cauda en forme de doigt.
- ✓ **Cycles biologiques** : Holocyclique diécique ou Anholocyclique (par absence d'hôte primaire ou en région à climat doux en hiver) (**Turpeau et al., 2018**).

C'est probablement le puceron le plus polyphage de tous les aphides. Il vit sur des plantes appartenant à plus de 40 familles botaniques (**Blackman et Eastop, 2008**). En outre, c'est l'insecte le plus impliqué dans la transmission des virus (**Sullivan, 2008**).



Figure 9: Larve de *Myzus persicae* sur une jeune pousse d'agrumes (**Labdaoui, 2019**)

I.2.5.Dégâts

Les dégâts causés peuvent être de deux types, les dégâts directs : affaiblissement de la plante par la spoliation de sève élaborée, enroulement des feuilles ou production de galles dus à l'injection de salive, et les dégâts indirects : transmission de virus, développement d'un champignon saprophyte, la fumagine sur le miellat excrété par les pucerons. Cette forte nuisibilité a conduit à développer des moyens de lutte contre ces organismes, tout d'abord majoritairement chimiques, mais aussi biologiques, par la lutte biologique qui est plus respectueuse de l'environnement. (Navasse, 2016).

I.2.6.Lutte

I.2.6.1.Lutte préventive

Elle se base sur les différentes pratiques culturales et l'entretien de la culture comme l'enfouissement pendant l'hiver des plantes ayant reçu des œufs d'hiver ainsi que la destruction par le hersage ou sarclage des plantes sauvages susceptibles d'héberger des espèces nuisibles aux plantes cultivées au début du printemps (Wang et al. 2000; Lambert, 2005).

I.2.6.2.Lutte curative

a.Lutte chimique

Pour réduire les dégâts d'insectes, l'utilisation des pesticides reste le moyen le plus largement utilisé et le plus efficace aujourd'hui (Ferrero, 2009). Selon Hullé et al (1999), les principes de la lutte chimique sont:

- L'empêchement d'acquisition du virus lors de piqûres d'essai par l'utilisation d'huiles végétales non phytotoxiques.
- Le choix des produits: ils doivent être avant tout sélectifs afin de préserver la faune utile. Ces produits doivent aussi être dotés d'un effet de choc élevé, et d'une bonne rémanence, en plus ils doivent appartenir à des familles chimiques différentes afin d'éviter ou de retarder le phénomène de résistance. Il est de préférence que le choix porte sur des produits systémiques qui touchent même les pucerons protégés par l'enroulement des feuilles.

b.Lutte biologique

La lutte biologique est l'utilisation des organismes vivants (insectes, bactéries, nématodes,...) ou de leurs dérivés pour contrôler les populations de nuisibles et empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés aux cultures (Lambert, 2005).Le Tableau 5 présente les principales espèces auxiliaires qui sont utilisés en lutte biologique contre les pucerons.

Tableau 5: Principaux auxiliaires et les agents entomopathogènes employés dans des programmes de lutte biologique contre les pucerons à travers le monde (Powell et Pell, 2007)

Types	Espèces	Pays fournisseurs
Hyménoptères parasitoïdes	<i>Aphidius colemani</i> (Viereck, 1912)	Angleterre, USA, Belgique, Canada, Allemagne, Pays-Bas, Thaïlande
	<i>Aphidius ervi</i> (Haliday, 1834)	Angleterre, USA, Belgique, Allemagne, Pays-Bas
	<i>Aphidius matricariae</i> (Haliday, 1834)	USA, Canada
	<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson, 1880)	USA, Italie
	<i>Aphelinus abdominalis</i> (Dalman, 1820)	Angleterre, USA, Belgique, Allemagne, Pays-Bas
	<i>Aphelinus mali</i> (Haldeman, 1851)	USA
Champignons entomopathogènes	<i>Beauveria bassiana</i>	USA, Colombie, Tchèque, France, Inde, Italie, Suisse, Russie
	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	USA
	<i>Lecanicillium</i> spp.	USA, Belgique, Inde, Mexique, Pays-Bas
Insectes prédateurs	<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondani, 1847).	Angleterre, USA, Belgique, Canada, Allemagne, Pays-Bas
	<i>Adalia bipunctata</i> (Linnaeus, 1758).	Angleterre, Belgique
	<i>Coleomegilla maculata</i> (De Gree, 1775).	USA, Pays-Bas
	<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas, 1773).	Angleterre, USA, Belgique, Canada, Finlande
	<i>Hippodamia convergens</i> (Guérin-Meneville, 1842).	Angleterre, USA, Belgique, Canada, Pays-Bas
	<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens, 1836).	Angleterre, USA, Belgique, Allemagne
	<i>Chrysoperla rufilabris</i> (Burmeister, 1839).	USA
	<i>Episyrphus balteatus</i> (De Greer, 1776).	Angleterre, Belgique
	<i>Anthocoris nemoralis</i> (Fabricius, 1794).	Angleterre, Belgique, Italie
	<i>Deraeocoris brevis</i> (Uhler, 1904).	Angleterre, Canada
	<i>Geocoris punctipes</i> (Say, 1832).	USA
	<i>Orius</i> sp.	Angleterre, USA, Canada, Belgique, Allemagne, Italie, Japon, Pays-Bas, Pologne.

Chapitre II :
Synthèse bibliographique sur
les parasitoïdes primaires et
secondaires

Chapitre II : Synthèse bibliographique sur les parasitoïdes primaires et secondaires

I.1.Généralité sur les parasitoïdes

Ce sont des insectes holométaboles qui se développent dans leurs hôtes (endoparasitoïdes) ou sur eux (ectoparasitoïdes) (Hare et wesloh, 2009). Ils se divisent en koinobiontes et idiobiontes ; les idiobiontes tuent dans un premier temps leur hôte et déposent leurs œufs sur ou dans le cadavre de celui-ci. Du fait de leur développement sur un hôte paralysé ou mort, leur spécificité est faible, ce sont donc des parasites polyphages. Les koinobiontes permettent à leur hôte de continuer plus ou moins leur développement et ne le tuent que lors de leur nymphose. Ils sont généralement des endoparasitoïdes (Debras, 2007).

Les parasitoïdes de puceron appartiennent à deux ordres d'insecte : les diptères et les hyménoptères dont la majorité appartient à l'ordre d'Hyménoptère (Turpeau et al., 2018).

Les hyménoptères ont quatre ailes transparentes. Leurs pièces buccales sont de type broyeur ou de type lécheur avec des mandibules toujours fonctionnelles. Ils ont une métamorphose complète. De nombreuses espèces sont carnivores à l'état larvaire et nectarivores à l'état adulte (Villemant, 2006).

Les hyménoptères parasitoïdes de pucerons se répartissent en deux catégories : les parasitoïdes primaires et les hyperparasitoïdes (parasitoïdes secondaires). Les parasitoïdes primaires comptent deux familles parasitoïdes : les Aphelinidae et les Braconidae. Les hyperparasitoïdes se répartissent en cinq familles : Pteromalidae (Chalcidoidea), Encyrtidae (Chalcidoidea), Eulophidae (Chalcidoidea), Megaspilidae (Ceraphronoidea) et Charipidae (Cynipoidea) (Turpeau et al., 2018).

II.2.L'importance des parasitoïdes en agroécologie

La classe des insectes est le groupe le plus important du règne animal par le nombre d'espèces. Parmi eux, les hyménoptères constituent après les coléoptères l'ordre d'insectes le plus diversifié. Cet ordre des hyménoptères comprend notamment les abeilles, les fourmis, les guêpes et les parasitoïdes. Les hyménoptères parasitoïdes peuvent parasiter l'hôte à différents stades de son développement : œuf, larve, nymphe et adulte. Ainsi, ils jouent un rôle crucial dans le contrôle des populations de d'autres insectes notamment les ravageurs des cultures. Certaines de ces espèces sont commercialisées et utilisées dans le cadre de la lutte

biologique qui vise à réduire les populations de certains ravageurs. Les hyménoptères parasitoïdes sont les plus utilisés dans ce cadre grâce à leur grande spécificité et leur capacité à localiser leurs hôtes (Lécureuil *et al.*, 2012).

II.3.Mode de reproduction des parasitoïdes

Le mode de reproduction est principalement haplo-diploïdes comme chez de nombreux hyménoptères. La forme la plus connue d'haplodiploïdie est l'arrhénotoquie. Dans ce cas, les œufs non fécondés donnent naissance à des mâles, alors que les femelles proviennent d'œufs fécondés (Goubault-Body, 2003).

II.4.Hyménoptères parasitoïdes primaires

II.4.1.Généralité

Les hyménoptères parasitoïdes des pucerons les plus utilisés dans les programmes de lutte biologique sont des Brachonidae et des Aphelinidae (Powell et Pell, 2007).

Les insectes de la famille des Aphelinidae sont de petite taille (0,6 à 2 mm) avec une nervation typique de l'ail antérieur (Figure 10). Ils ont un corps de couleur variant du jaune pâle au marron foncé avec un ovipositeur peu visible. C'est une des plus importantes familles utilisée en lutte biologique dont les espèces sont en général des ecto ou endoparasites d'insectes hémiptères (Chamont, 2018). En raison de leur mode de vie et de leur durée de développement courte, ils peuvent exercer un fort effet régulateur sur la population hôte (les pucerons) (Hance *et al.*, 2017). Dans cette famille, seuls les genres *Aphelinus* et *Protaphelinus* sont en mesure de parasiter des pucerons (Turpeau *et al.*, 2018).

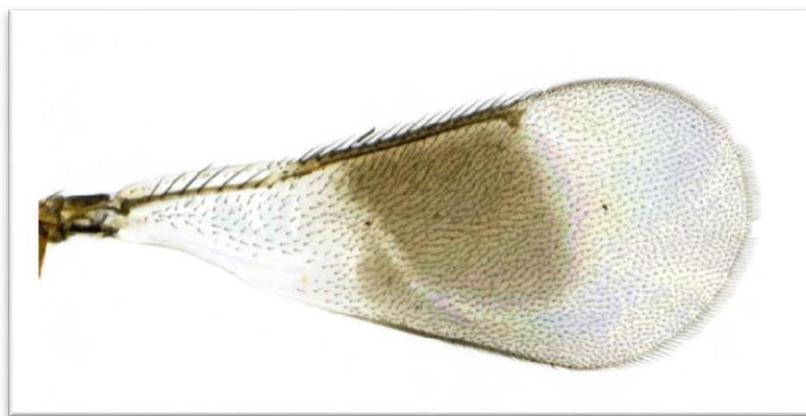


Figure 10: Forme d'ail de la famille des Aphelinidae (Vitanza, 2018)

La famille des **Braconidae** c'est une des familles d'insectes les plus riches en espèces avec plus de 30 sous-familles (**Chamont, 2018**). Certaines sous-familles sont très spécialisées comme le cas des Aphidiinae qui n'ont que des pucerons comme hôtes (Figure 11). L'ovipositeur est généralement visible mais parfois discret (cas des Aphidiinae). La plupart se développent en parasitoïdes primaires (**Turpeau et al., 2018**).

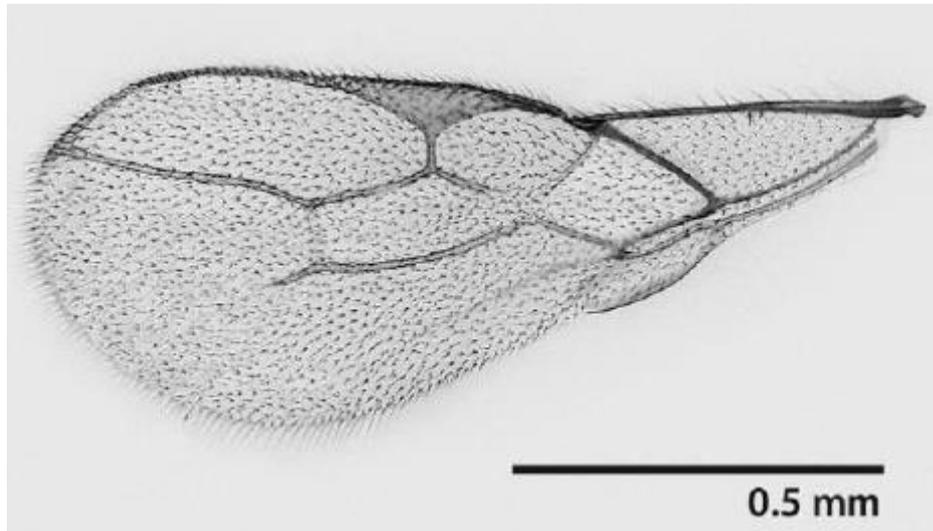


Figure 11: Caractère alaire de la sous famille Aphidiinae (Braconidae : Aphidiinae) (**Kavallieratos et al, 2013**)

Le Tableau suivant présente quelques genres de parasitoïdes primaires des pucerons qui font partie de ces deux familles et qui sont répertoriés en France.

Tableau 6: Classification d'hyménoptères parasitoïdes primaire des pucerons (**Turpeau et al., 2018**)

Classe	Ordre	Famille	Genre
Insecta	Hymenoptera	Aphelinidae	<i>Aphelinus</i> <i>Protaphelinus</i>
		Braconidae	<i>Aclitus</i> <i>Adialytus</i> <i>Aphidius</i> <i>Binodoxys</i> <i>Diaeretiella</i> <i>Discrytulus</i> <i>Ephedrus</i> <i>Lysiphlebus</i> <i>Monoctomus</i> <i>Pauesia</i> <i>Praon</i> <i>Trioxyys</i>

II.4.2. Cycle de développement des hyménoptères parasitoïdes primaires

La femelle dépose un seul œuf dans le puceron, mais il arrive que plusieurs œufs soient déposés dans un seul hôte (multiparasitisme ou superparasitisme) lorsque les hôtes sont rares ou indisponible (Völkl et Mackauer, 1990 ; Van Emden et Harrington, 2017). Un liquide ovarien et du venin sont injectés avec la ponte ce qui contribue à immobiliser l'hôte et à réguler son développement (Falabella et al., 2000). Après une période d'incubation qui varie en fonction de la température, la larve néonate commence à se nourrir de l'hémolymphe et poursuit son développement en passant par plusieurs stades successifs (3 à 4) au cours desquels elle va consommer l'intégralité des parties molles (Boivin et al., 2012 ; Brodeur et al., 2017). Une fois le développement achevé, la larve tapisse l'intérieur de la cuticule avec un feutrage soyeux pour se nymphoser auquel on donne le nom de momie (Brodeur et Rosenheim, 2000) (Figure 12). Le cocon peut être formé soit à l'intérieur comme c'est le cas pour les espèces des genres *Aphidius*, *Ephedrus*, *Lysiphlebus*, *Pauesia* et *Trioxys*, soit en dessous, ce qui soulève la dépouille du puceron qui est un aspect caractéristique des genres *Dyscritulus* et *Praon* (Brodeur et al., 2017).

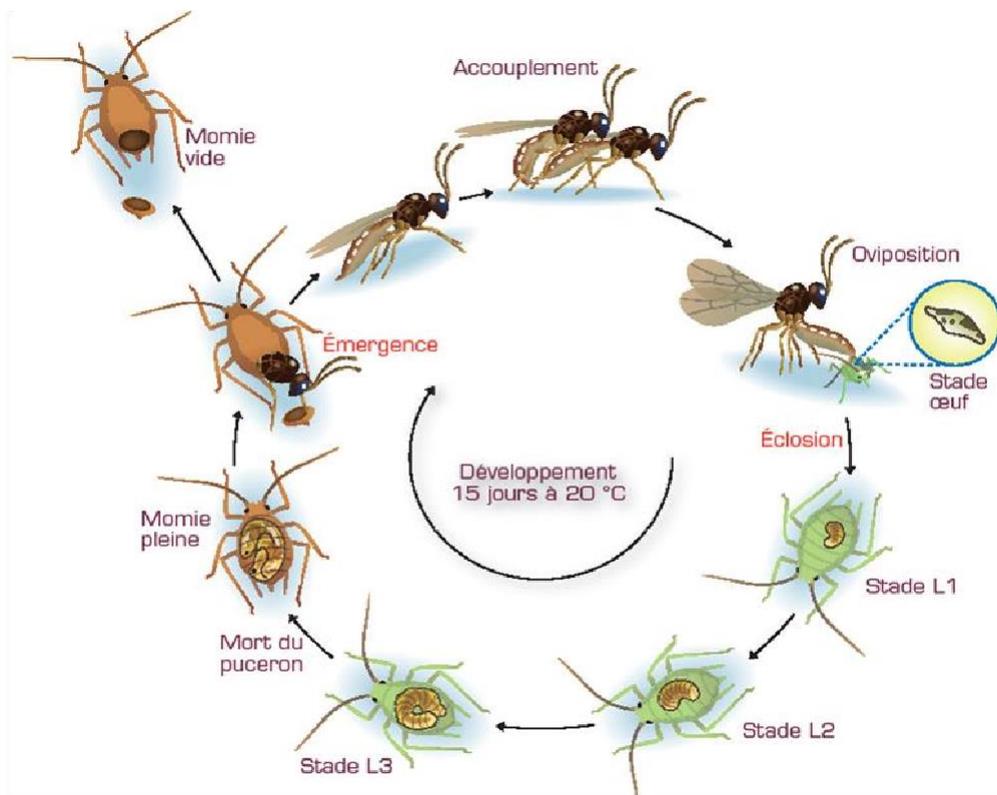


Figure 12: Cycle de développement d'un hyménoptère parasitoïde primaire (Turpeau et al., 2018)

II.5. Les hyperparasitoïdes (les parasitoïdes secondaires)

II.5.1. Généralité

Les hyperparasitoïdes sont des parasitoïdes secondaires qui se développent au dépend des parasitoïdes primaires, ce qui représente un niveau trophique très évolué (**Jacobson, 2011**). Ils sont attirés uniquement par des pucerons ayant déjà été parasités par un parasitoïde primaire (**Sullivan, 1987**). Ils ont un impact majeur dans le contrôle des pucerons en raison de leurs effets négatifs sur la dynamique des populations des parasitoïdes primaires (**Müller et Godfray, 1998**). Les hyperparasitoïdes de puceron sont limités à trois superfamilles d'hyménoptère : Chalcidoidea, Ceraphronoidea et Cynipoidea (**Sullivan, 1987**) (Tableau 07).

Tableau 7: Classification des principaux hyperparasitoïdes (**Turpeau et al., 2018**)

Sous-ordre	Super-famille	Famille	Sous-famille	Genre
Parasitica	Chalcidoïdea	Pteromalidae	Asaphinae	<i>Asaphes</i>
			Pteromalinae	<i>Pachyneuron</i> <i>Coruna</i> <i>Euneura</i>
		Encyrtidae	Encyrtinae	<i>Syrphophagus</i>
		Eulophidae	Tetrastichinae	<i>Tetrastichus</i>
		Ceraphronoïdea	Megaspilidae	
Cynipoïdea	Charipidae	Alloxystinae	<i>Alloxysta</i> <i>Phaenoglyphis</i>	

II.5.2. Biologie des hyperparasitoïdes

Les hyperparasitoïdes sont des parasitoïdes d'autres parasitoïdes des pucerons (**Sullivan, 1987**). Ce mode de vie est obligatoire puisqu'ils ne peuvent se développer sur des pucerons sains (**Sullivan et Völkl, 1999; Brodeur, 2000**); ils occupent donc un niveau trophique supérieur à celui des parasitoïdes primaires. On trouve deux principaux groupes: les ectohyperparasitoïdes idiobiontes qui se développent à l'extérieur du parasitoïde primaire après la momification du puceron et interrompant son développement (Figure 13a) ; et les endohyperparasitoïdes koinobiontes qui se développent à l'intérieur du parasitoïde primaire qui poursuit son développement (**Sullivan, 1987; Müller et Godfray, 1998 ; Sullivan et Völkl, 1999**) (Figure 13b).

Les espèces des genres *Alloxysta*, *Phaenoglyphis*, *Lytoxysta* et *Tetrastichus* sont considérées comme endophages, par contre les espèces de genre *Asaphes*, *Dendrocerus*, *Pachyneuron* et *Coruna* sont des ectophages (Sullivan, 1987).

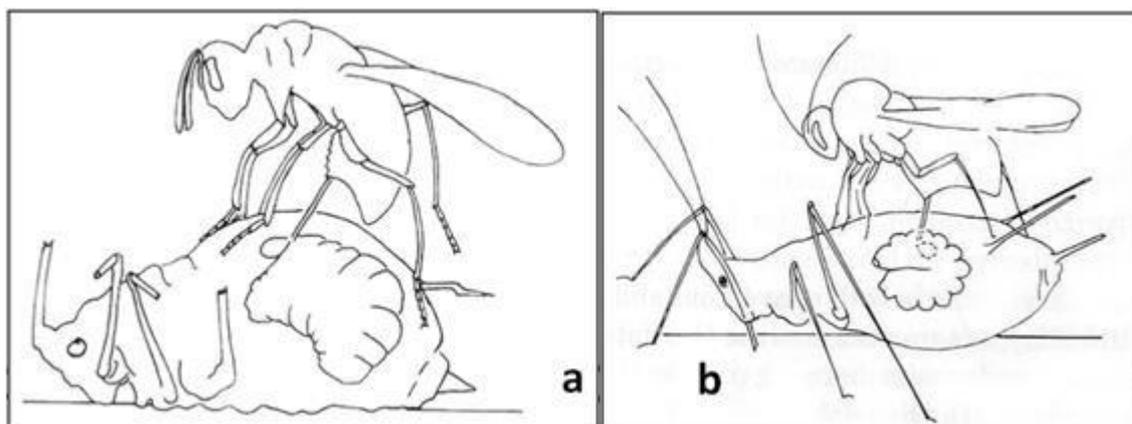


Figure 13: Type d'oviposition chez les hyperparasitoïdes ectophage (a) et endophage (b) (Sullivan, 1987)

La spécificité parasitaire est généralement plus forte chez les endohyperparasitoïdes que chez les ectohyperparasitoïdes, car ils doivent développer des mécanismes d'évitement du système immunitaire du parasitoïde primaire. Les hyperparasitoïdes peuvent également être spécifiques à une espèce de puceron ou même sélectifs à un habitat (Sullivan et Völkl, 1999; Brodeur, 2000). Puisque les parasitoïdes primaires sont consommés suite à l'hyperparasitisme, leur identification repose sur les caractéristiques des momies et se restreint donc au genre (Brodeur, 2000). Le développement de nouvelles approches moléculaires raffine cependant la compréhension des patrons de spécificité chez les hyperparasitoïdes (Traugott et al., 2008).

II.5.3. Impact des hyperparasitoïdes sur la lutte biologique

L'impact des hyperparasitoïdes sur la régulation conférée par les parasitoïdes primaires de pucerons est complexe et son importance reste encore incertaine (Brodeur, 2000). Deux principaux mécanismes d'interférence par les hyperparasitoïdes sont proposés: ils réduisent la prochaine génération de parasitoïdes primaires via l'hyperparasitisme et ils incitent les parasitoïdes primaires adultes à quitter hâtivement les colonies de pucerons (Höller et al., 1993; Mackauer et Völkl, 1993; Brodeur, 2000).

Chapitre III :

Matériels et méthodes

Chapitre III : Matériels et méthodes

Dans ce chapitre, nous allons présenter la région expérimentale et les techniques adoptées et le matériel utilisé pour la réalisation de cette étude.

III.1.Présentation de la région d'étude

III.1.1.Situation géographique

La Wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays et constitue du point de vue géographique un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud. Elle s'étend sur une superficie de 3.686,84 Km² (A.N.D.I., 2013).

Elle est limitrophe aux Wilayas suivantes (Figure 14) :

- Annaba au Nord.
- El Taref au Nord-est.
- Souk Ahras à l'Est.
- Oum El-Bouaghi au Sud.
- Constantine à l'Ouest.
- Skikda au Nord-ouest.



Figure 14: Situation géographique de la région d'étude de wilaya de Guelma (A.N.D.I., 2013)

III.2. Présentation des vergers d'étude

Lors de cette étude relative aux hyménoptères parasitoïdes primaires et secondaires des pucerons d'agrumes, les échantillons sont prélevés à partir de deux vergers d'agrumes, qui se situent dans la région de Guelma (Figure 15).

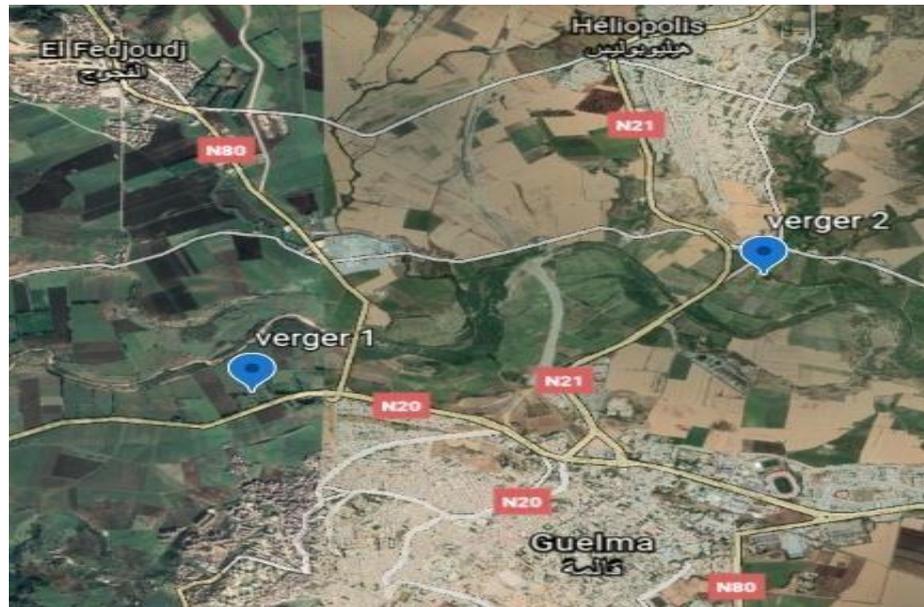


Figure 15: Position et situation géographique des deux vergers d'études dans la wilaya de Guelma (V1:36°28'35"N 7°24'35"E ; V2: 36°29'18"N 7°26'36"E)

(Photo satellite, 2020)

III.2.1. Verger 1

L'expérimentation a été menée dans un verger d'oranger situé au Nord-ouest de commune de Guelma (Figure 16). Un verger de la variété *Washington Navel* (âgé de 142 ans), il s'étend sur une superficie de 6 ha. Il a été traité contre la mineuse des agrumes avec le produit MOSPILAN (20SP) (traitement acaricides et insecticides), et désherbé une seule fois pendant la période de l'expérimentation pendant la première semaine du mois de Mars.



Figure 16: Présentation du premier verger (Guelma) (Photo personnelle, 2020)

III.2.2. Verger 2

L'expérimentation a été menée dans un verger d'oranger situé à la rentrée de la Daïra de l'Héliopolis (Figure 17). Un verger de la variété *Washington Navel* (âgé de 18 ans) il s'étend sur une superficie de 6 ha. Il a été traité aussi contre la mineuse des agrumes avec le produit MOSPILAN (20SP) (traitement acaricides et insecticides). Un désherbage mécanique s'est effectué chaque semaine pendant toute la période de l'expérimentation.



Figure 17: Présentation du deuxième verger (Daïra d'Héliopolis) (Photo personnelle, 2020)

III.3. Données climatiques de la région d'étude

Le climat est un ensemble fluctuant de phénomène météorologique (Rogers et Randolph, 2006), c'est un facteur principal qui agit directement sur le contrôle et la distribution des êtres vivants et la dynamique des écosystèmes (Faurie et al, 2011).

Parmi les facteurs climatologiques les plus importants, on trouve la Température, la précipitation et l'humidité relative.

III.3.1. Température

La température est un facteur climatique, qui détermine la physiologie et le comportement des insectes (Benia, 2010). Elle conditionne l'existence et la répartition des insectes. Elle demeure l'élément le plus important à étudier.

La Température relative dans la wilaya de Guelma de Mai 2019 à Avril 2020 est représentée dans le tableau (8) par les températures moyennes maximales (max), moyennes minimales (min) et moyennes mensuelles (moy) [$moy = (max + min) / 2$].

Tableau 8: Les Températures moyennes maximales (max), moyennes minimales (min) et moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Guelma durant la période Mai 2019- Avril 2020 (Station météorologique de Guelma)

Années	2019								2020			
Mois	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr
T°.max moy. (°C)	23,9	34,9	37,1	32,9	31,9	26,9	19,1	18,4	16,6	20,8	20,2	24,8
T°.min moy (°C)	9,7	15,7	19	16,5	16,6	14	9,5	8,3	4,4	4	8,1	11,6
T°. moy (°C)	16,8	25,3	28,05	24,7	24,25	20,45	14,3	13,35	10,5	12,4	14,15	18,2

Durant notre période d'étude de Décembre 2019 à la première semaine du mois de Mars 2020, nous avons remarqué que les températures moyennes mensuelles sont comprises entre 10.5 °C et 14.15°C, dont la température la plus basse est enregistrée au mois de Janvier et la plus haute au mois de Mars.

III.3.2.Précipitation

La quantité des précipitations et leur répartition au cours de l'année ont une grande importance pour les végétaux et leurs bio-agresseurs (**Spiegel-Roy et Goldschmidt, 1996**). C'est un facteur climatique essentiel pour déterminer les mois secs et humides au cours de l'année (**Aroun, 2015**).

Les précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Guelma au cours de notre période d'étude sont indiquées dans le tableau (9).

Tableau 9: Précipitations moyennes mensuelles en (mm) enregistrées dans la région de Guelma entre le mois de Mai 2019 et Avril 2020 (**Station météorologique de Guelma**)

Années	2019								2020			
Mois	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr
Précipitation (mm)	67,5	1	0,8	20	67	102,9	63,9	68,8	38,4	1	60,3	39,8

D'après les valeurs au dessus, nous remarquons que pendant notre période de travail (Décembre/Mars), le mois de Décembre était le plus pluvieux et le mois de Février était le plus sec.

III.4.Synthèse climatique

Pour caractériser le climat de notre région d'étude, nous avons réalisé la synthèse climatique qui consiste à déterminer la période sèche et la période humide par le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953). De plus, l'étage bioclimatique grâce au climagramme pluviométrique d'Emberger.

III.4.1.Diagrammes Ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953)

Gausson considère qu'il y'a une sécheresse lorsque les précipitations mensuelles exprimées en millimètres sont inférieures au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés Celsius (**Dajoz, 1971**).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson met en évidence la notion des saisons humides et sèches. En outre, le climat est sec quand la courbe des températures se trouve au-dessus de celle des précipitations et il est humide dans le cas contraire.

La figure (18) présente en abscisse les mois et en ordonnée les températures (T) et les précipitations (P) ayant une échelle double pour les premières telles que $P = 2 T$.

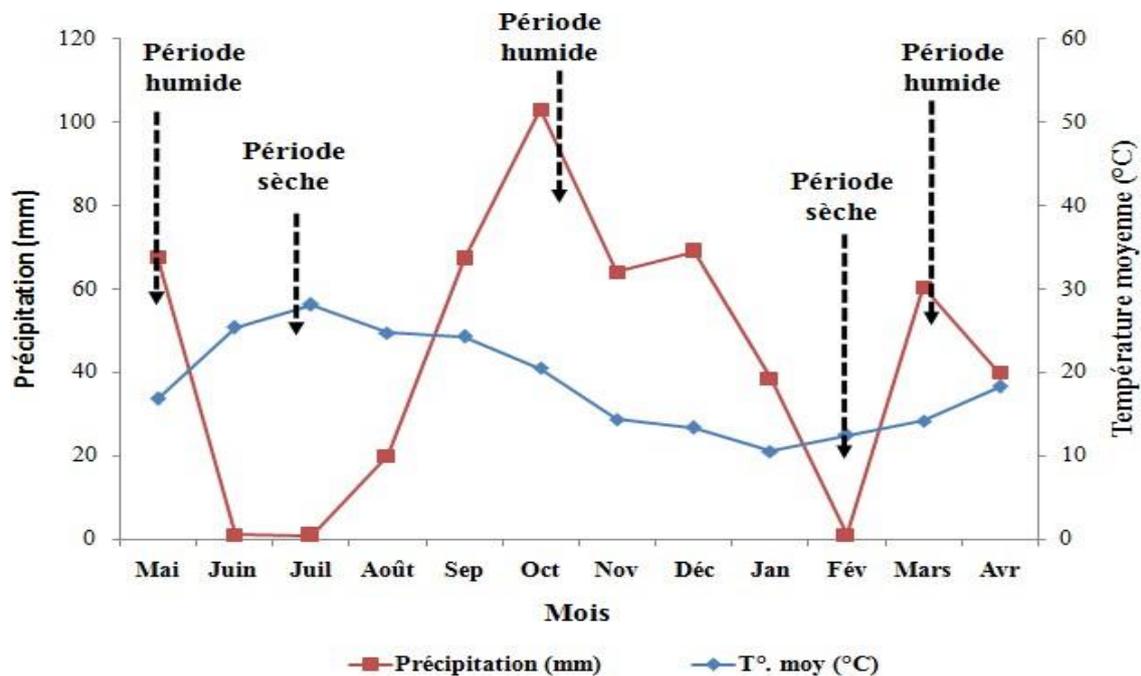


Figure 18: Diagrammes Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Guelma durant la période Mai 2019-Avril 2020

L'analyse de ce diagramme montre que la période sèche de notre région s'étend du mois de juin au mois d'août 2019 et aussi le mois de février 2020. Tandis que la période humide, nous remarquons que le mois du mai 2019 et la période qui s'étend du mois de septembre 2019 jusqu'au fin du mois de janvier 2020 et aussi le mois de mars et avril 2020 sont des mois humides selon ce diagramme.

III.4.2. Étage bioclimatique (Climagramme d'Emberger)

L'emplacement de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger a été effectué sur base de la formule de Stewart (1969) adaptée pour l'Algérie, qui se présente comme suit:

$$Q2 = 3,43 [P / (M - m)]$$

- ✓ P est les précipitations annuelles en mm.
- ✓ M est la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.
- ✓ m est la moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

La figure (19) présente l'étage bioclimatique de région de Guelma durant la période Mai 2019-Avril 2020 dont : la température moyenne minimale du mois le plus froid est placée en abscisses et la valeur du coefficient pluviométrique Q2 est placée en ordonnées.

Le coefficient pluviométrique Q_2 est calculé par la relation précédente comme suit :

$$\begin{array}{l}
 P = 531.4 \text{ mm} \\
 M = 37.1^\circ\text{C} \\
 m = 4^\circ\text{C}
 \end{array}
 \quad \longrightarrow \quad
 Q_2 = 55,06$$

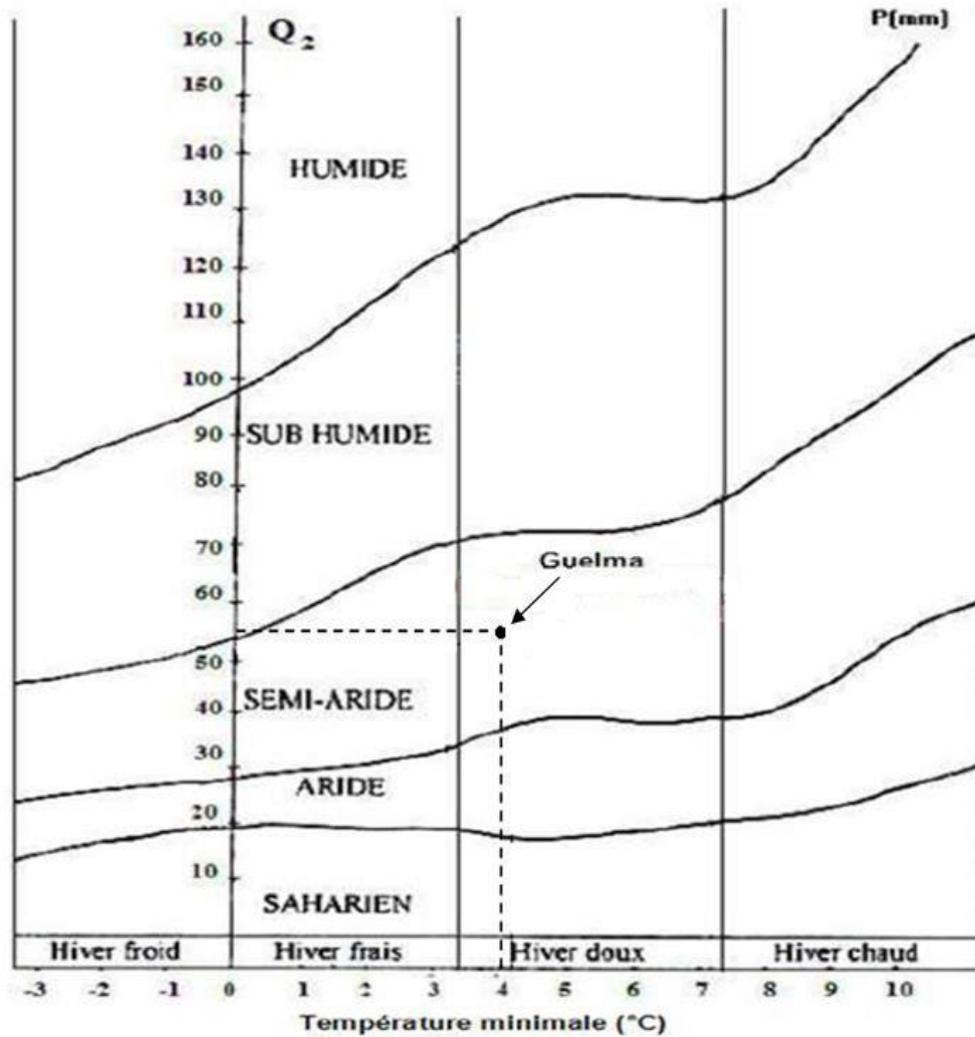


Figure 19: Localisation de la région de Guelma au cours de la période Mai 2019- Avril 2020 dans le climatogramme d'Emberger

L'analyse de ce climatogramme montre que l'étage bioclimatique de la région de Guelma durant la période Mai 2019-Avril 2020 était dans l'étage semi-aride à hiver doux.

III.5. Matériels et méthodes de travail

III.5.1. Échantillonnage sur terrain

Au niveau des 2 vergers d'études, notre échantillonnage a consisté en deux étapes essentielles qui sont la capture des insectes en utilisant des pièges à eau (pièges jaunes) et des prélèvements des jeunes pousses (pour le suivi des pucerons) et ce, tout au long de la période d'échantillonnage qui a commencé le mois de décembre 2019 et terminé en la première semaine de mars 2020.

III.5.1.1. Échantillonnage des pucerons

Tout au long de la période d'échantillonnage, nous avons délimité une surface d'un hectare dans chaque verger où nous avons choisi 10 arbres aléatoirement sur lesquels 5 rameaux avec leurs jeunes feuilles (Jeunes pousses) infestées de pucerons ont été prélevé. La surface délimitée a été changée d'une sortie à l'autre.

Les échantillons prélevés sont placés différemment dans des sachets en plastique, sur lesquels sont mentionnés la date et le site du verger (Figure 20).



Figure 20: Échantillon de rameau dans un sachet en plastique (Photo personnelle, 2020)

III.5.1.2. Capture des insectes par piégeage (piège jaune à eau)

Les pièges jaunes à eau sont des bassines en plastique de couleur jaune (Figure 21) dans laquelle on place de l'eau additionnée d'un agent mouillant afin de réduire la tension superficielle de l'eau. Ces pièges colorés sont les plus fréquemment utilisés dans les études faunistique, entomologique des milieux agricoles. Ils sont simple à utiliser, efficaces, peu onéreux et se prêtent à des échantillonnages de grande envergure (Winchester, 1999).



Figure 21: Pièges jaunes à eau (Photo personnelle, 2020)

Sur la même surface délimitée dans chaque sortie (1 hectare), nous avons installé 05 pièges sur les arbres à raison d'un piège par arbre. Ils sont placés dans les directions les plus ensoleillées de la canopée (Est et Sud-est) tout en effectuant des déplacements sur un transect en zig zag (Figure 22).

La collecte des spécimens de ces pièges est effectuée 1 fois par semaine durant la période de l'activité des pucerons, et par quinzaine durant la période hivernale. Les insectes récupérés sont ensuite mis dans de petits flacons (Figure 23) contenant de l'alcool 70° pour une conservation et identification ultérieure.

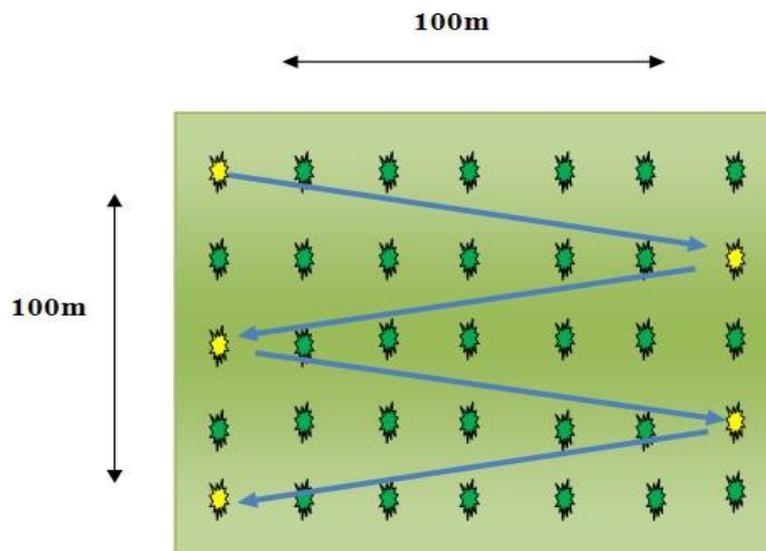


Figure 22: Plan de disposition des pièges jaunes à eau dans les vergers d'étude



Figure 23: Flacons de récupération des insectes (Photo personnelle, 2020)

III.5.2.Méthodes de travail au laboratoire

Le travail de cette partie consiste à examiner minutieusement sous loupe binoculaire les feuilles échantillonnées et les flacons des pièges à eau.

III.5.2.1.Examen des feuilles infestées par pucerons

Les rameaux avec leurs feuilles sont ramenés au laboratoire pour l'identification des pucerons vivants. Dans le cas de la présence des momies (pucerons parasités) qui peuvent se retrouver sur ces échantillons, ces dernières sont maintenues chacune sur un petit morceau de feuille et placées dans de tubes transparents en plastique, à raison d'une momie par tube, et fermés avec du coton, jusqu'à l'émergence des parasitoïdes primaires ou d'hyperparasites sous une température de 25 °C.

L'identification des pucerons passe par l'observation de certains caractères morphologiques, tels que :

- ✓ La pigmentation et les taches de l'abdomen.
- ✓ La forme, la couleur et la longueur du corps.
- ✓ La forme du front et des tubercules frontaux.
- ✓ La forme et la longueur des antennes et leur fouet.
- ✓ La forme et le nombre des articles antennaire.
- ✓ Le nombre des sensorias primaires et secondaires sur les antennes.
- ✓ La nervation des ailes spécialement la nervure médiane et la bifurcation.
- ✓ La forme, la longueur et la couleur des cornicules et de cauda.
- ✓ La forme de la queue et le nombre des soies caudales.

Pour cela, nous avons utilisé plusieurs guides et clés d'identifications, comme celui de : **Jacky et Bouchery(1983)**, **Blackman et Eastop (1984)**, **Stoetzel (1994)**, **Leclant (2000)**, **Campos et Garcia-Mari (2014)** et aussi le site web de l'INRA de France [1].

III.5.2.2. Identification des hyménoptères parasitoïdes et hyper parasitoïdes

Dans cette partie, nous avons deux types de collections, la première est celle des parasitoïdes et d'hyper parasitoïdes émergés des momies des pucerons (en cas de leur présence), et la deuxième concerne les hyménoptères capturés par pièges jaunes.

Cette identification passe par l'observation de certains caractères morphologiques, tels que :

- ✓ La nervation de l'aile antérieure
- ✓ La forme du propodium, pétiole et l'ovipositeur
- ✓ La forme de la tête et les antennes
- ✓ La couleur du corps et de l'abdomen
- ✓ La distribution des soies sur les ailes

Nous avons utilisé plusieurs guides et clés d'identifications, citant par exemple les clés de : **Starý et al.(2010)** , **Barahoei et al.(2013)**, **Rakhashani et al.(2015)** , **Kavallieratos et al.(2013)**, **Pujade-Villar et al.(2007)**, **Dzhanokmen (2009)**, **Pezzini et Köhler (2017)**, **Japoshvili et Abrantes (2006)**, **Graham(1976)**, **Ferrer-Suay et al.(2013)** et **Gibson et Vilkgberg(1998)**.

III.6. Exploitation des résultats par les indices écologiques

III.6.1. Indices écologique de composition

La richesse totale S et la fréquence centésimale (abondance relative sont les indices de composition utilisés dans cette étude.

III.6.1.1. Abondance relative (AR %)

L'abondance relative est le pourcentage des individus d'une espèce (n_i) prise en considération par rapport au nombre total des individus (N_0) toutes espèces confondues (**Dajoz, 1971**). Elle est donnée par la formule suivante :

$$AR \% = n_i \times 100 / N_0$$

Sachant que:

- ✓ n_i : est le nombre des individus de l'espèce i prise en considération.
- ✓ N_0 est le nombre total des individus de toutes espèces confondues.

III.6.1.2. Richesse totale spécifique (S)

La richesse totale est le nombre d'espèces que compte un peuplement considéré dans un écosystème donné (**Ramade, 1984**).

III.6.2.Indices écologiques de structure

Les deux indices écologiques de structures utilisés dans notre étude sont l'indice de Shannon Weaver et l'indice d'équitabilité. Nous avons eu recours au logiciel Past (version 3.10) pour calculer ces deux indices.

III.6.2.1.Indice de diversité spécifique de Shannon- Weaver H'

L'indice de shannon-weaver convient bien à l'étude comparative des peuplements parce qu'il est relativement indépendant de la taille de l'échantillon (Ramade, 2003). Cet indice renseigne sur la diversité des espèces d'un milieu étudié. Il varie de 0,5 à 4,5 (Dajoz, 1975). Il est calculé par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s [p_i * \ln p_i]$$

Avec : $P_i = n_i/N$

H' est minimal quand il est égal à zéro, c'est-à-dire quand l'échantillon contient une seule espèce. Il est maximal lorsque tous les individus appartiennent à des espèces différentes, dans ce cas H' est égale à $\ln(S)$.

III.6.2.2.Indice d'équitabilité de Piélou (J')

D'après Magurran (2004), appelé également indice d'équi-répartition ou de régularité. Cet indice permet d'estimer la répartition des espèces au sein des relevés en évaluant la proportion des espèces dominantes et dominées. Il se calcule à partir de la valeur de H' et de la richesse spécifique S , il s'écrit :

$$J' = H' / H \text{ max}$$

Avec $H \text{ max} = \ln S$ donc $\longleftrightarrow J' = H' / \ln S$.

Cet indice se varie entre $0 < J' < 1$:

- ✓ il tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce, traduisant ainsi une répartition inégale entre les individus des différentes espèces prise en considération.
- ✓ Et il tend vers 1 lorsque les individus considérés sont équitablement répartis dans le milieu d'étude.
- ✓ $0 < E < 0.5$: les effectifs des populations en présence sont en déséquilibre entre elles au sein d'un peuplement.
- ✓ $0.5 < E < 1$: il y a un équilibre entre les effectifs des différentes espèces composant cette population.

Chapitre IV :

Résultats

Chapitre IV : Résultats

Les résultats de l'inventaire des pucerons et des parasitoïdes qui seront présentés dans ce chapitre, sont issus des deux techniques d'échantillonnage ensemble.

IV.1.Résultats de l'inventaire des pucerons

IV.1.1.Verger 01 (Guelma)

IV.1.1.1.Abondance relative des espèces de pucerons

Tout au long de la période expérimentale, et à l'aide des deux méthodes d'échantillonnage utilisées (pièges jaunes et prélèvement des feuilles), nous avons pu identifier plusieurs espèces de pucerons dans ce verger, à savoir : *Aphis spiraecola* (Patch, 1914), *Myzus persicae* (Sulzer, 1776), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) , *Aphis gossypii* (Glover, 1877), *Acyrtosiphon pisum* (Harris, 1776) et *Macrosiphum rosae* (Linnaeus, 1758) . L'espèce la plus abondante était *Aphis spiraecola* (Patch, 1914) avec une abondance relative de 30 %, suivi par *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) et *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) avec une abondance relative de 20 %, et enfin les trois autres espèces avec 10% (tableau 10).

Tableau 10: Abondances relatives de différentes espèces de pucerons dans le verger de Guelma

Espèces	Abondances relatives (%)
<i>Aphis spiraecola</i> (Patch, 1914)	30 %
<i>Myzus persicae</i> (Sulzer, 1776)	20 %
<i>Rhopalosiphum padi</i> (Linnaeus, 1758)	20 %
<i>Aphis gossypii</i> (Glover, 1877)	10 %
<i>Acyrtosiphon pisum</i> (Harris, 1776)	10 %
<i>Macrosiphum rosae</i> (Linnaeus, 1758)	10%

IV.1.1.2.Évolution temporelle des effectifs des pucerons

Les effectifs totaux des différentes espèces de pucerons trouvés durant la période d'échantillonnage qui s'étale du 16/12/2019 jusqu'au 02/03/2020 dans le premier verger (Guelma) sont représentés dans la figure suivante :

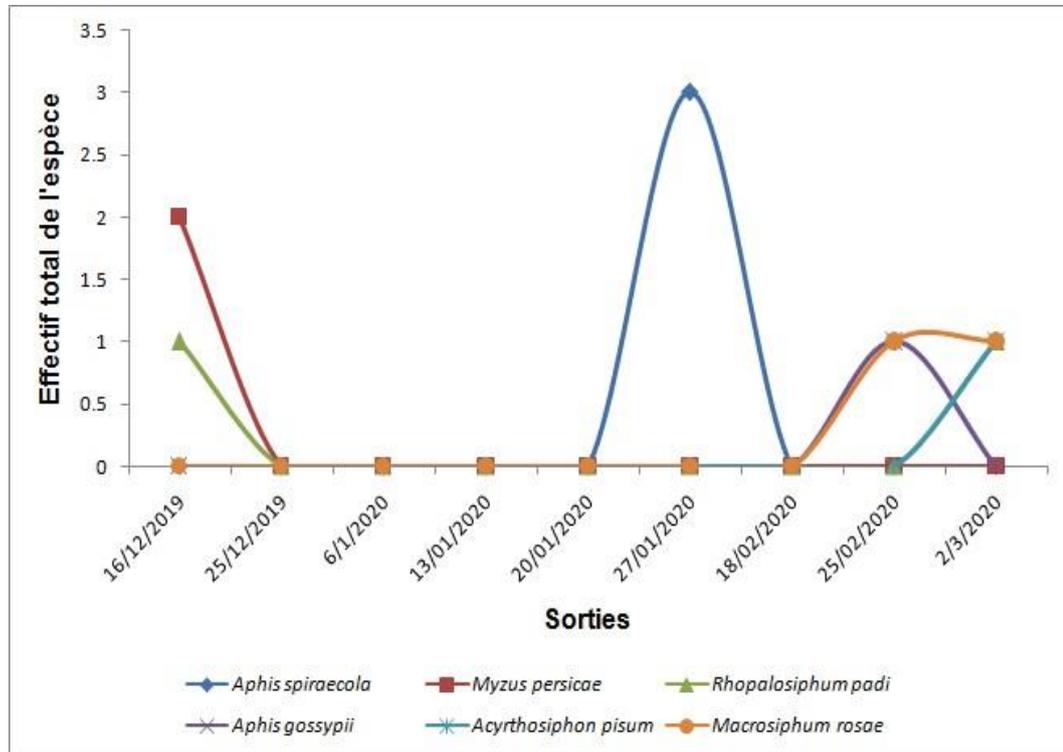


Figure 24: Évolution temporelle des effectifs totaux des pucerons dans le premier verger (Guelma)

D'après la figure ci-dessus, nous remarquons que l'activité des pucerons était très faible durant toute la période de notre échantillonnage. Deux espèces ont été trouvées durant le mois de décembre 2019 qui sont *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) et *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) puis durant le mois de janvier, nous avons trouvé qu'*Aphis spiraecola* (Patch, 1914) avec 3 individus seulement, alors qu'avec la poussée de sève printanière de l'année 2020, nous avons remarqué l'apparition de 4 espèces différentes qui sont *Aphis gossypii* (Glover, 1877), *Acyrthosiphon pisum* (Harris, 1776) et *Macrosiphum rosae* (Linnaeus, 1758) et *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758).

IV.1.2. Verger 02 (Héliopolis)

IV.1.2.1. Abondance relative des espèces de pucerons

Au cours de la période d'échantillonnage, nous avons trouvé seulement 2 espèces de pucerons dans ce verger. Il s'agit d'*Aphis spiraecola* (Patch, 1914) et *Aphis gossypii* (Glover, 1877). L'espèce la plus abondante était *Aphis spiraecola* (Patch, 1914) avec une abondance relative qui dépasse 98% au total dans ce verger tableau suivant :

Tableau 11: Abondances relatives des deux espèces de pucerons trouvés dans le deuxième verger d'Héliopolis

Espèce	Abondance relative (%)
<i>Aphis spiraecola</i> (Patch, 1914)	98,91%
<i>Aphis gossypii</i> (Glover, 1877)	1,08 %

IV.1.2.2. Évolution temporelle des effectifs des pucerons

Le suivi de l'évolution temporelle des effectifs des deux espèces de pucerons trouvés dans ce verger est représenté dans la figure 25.

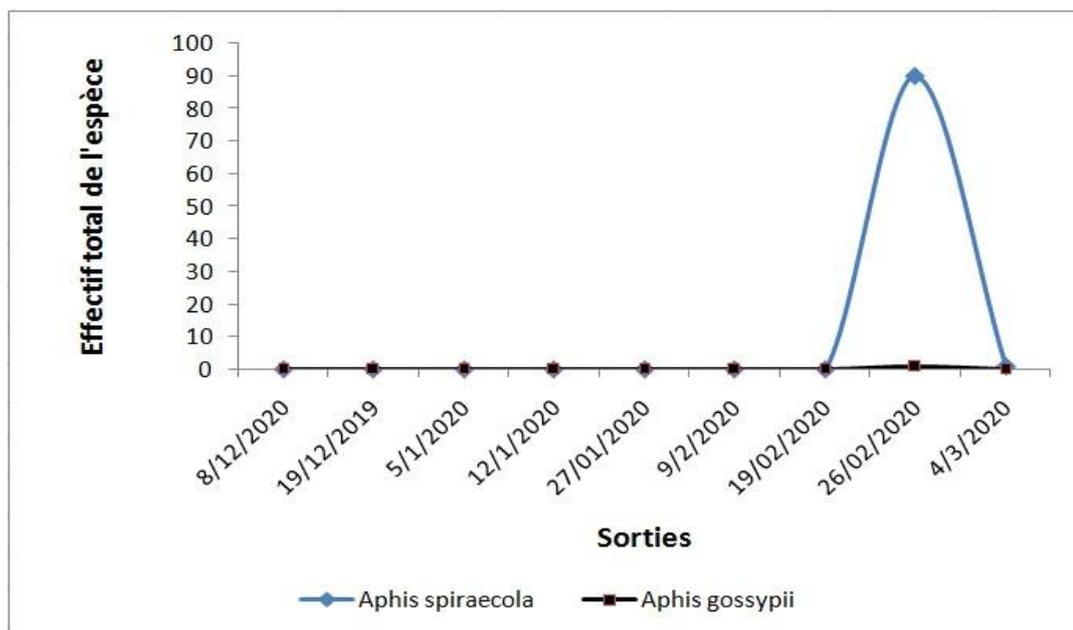


Figure 25: Évolution temporelle des effectifs totaux des pucerons dans le deuxième verger (Héliopolis)

D'après la figure ci-dessus, nous remarquons que les deux espèces de pucerons ont été trouvées vers la fin du mois de février 2020 avec la poussée de sève printanière.

Un pic important a été enregistré pour *Aphis spiraecola* avec 90 individus alors qu'un seul individu d'*A. gossypii* a été trouvé durant la sortie du mois de 16/02/2020.

IV.2. Résultats de l'inventaire des hyménoptères parasitoïdes

IV.2.1. Parasitoïde émergés des momies dans les deux vergers

Tout au long notre période d'expérimentation (Décembre 2019 - Mars 2020), nous n'avons pas trouvé de momies parasitées dans les deux vergers d'études (Guelma/Héliopolis).

IV.2.1. Parasitoïdes capturés par pièges jaunes à eau dans le verger de Guelma

Les pièges installés dans ce verger tout au long de la période d'échantillonnage ont capturé plusieurs insectes de plusieurs ordres.

Nous sommes intéressés dans notre travail seulement par l'ordre des hyménoptères et plus précisément le groupe des parasitoïdes des pucerons. Les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 12: Les différents hyménoptères parasitoïdes des pucerons capturés par pièges jaunes à eau (Verger 01)

Famille	Sous famille	Genre	Espèce
Aphelinidae	Aphelininae	<i>Aphelinus</i>	<i>Aphelinus humilis</i> (Mercet, 1927)
Braconidae	Aphidiinae	<i>Aphidius</i>	<i>Aphidius</i> sp.
Pteromalidae	Asaphinae	<i>Asaphes</i>	<i>Asaphes vulgaris</i> (Walker, 1834)
			<i>Asaphes californicus</i> (Girault, 1917)
Megaspilidae	Megaspilinae	<i>Dendrocerus</i>	<i>Dendrocerus halidayi</i> (Curtis, 1829)
		<i>Alloxysta</i>	<i>Alloxysta antananarivoi</i> (Ferrer-Suay et Pujade-Villar, 2012)
Figitidae	Alloxystinae	<i>Phaenoglyphis</i>	<i>Phaenoglyphis villosa</i> (Hartig, 1841)

D'après ce tableau, nous remarquons que cette méthode de piégeage a permis de capturer plusieurs espèces de parasitoïdes de pucerons qui sont *Aphelinus humilis*, *Aphidius* sp., *Asaphes vulgaris*, *A. californicus*, *Denrocerus halidayi*, *Alloxysta antananarivoi* et *Phaenoglyphis villosa*. Ces parasitoïdes font partie de 5 familles différentes.

Parmi ces parasitoïdes trouvés, nous avons ceux qui sont des parasitoïdes primaires des pucerons et d'autres qui sont des parasitoïdes secondaires ou ce qu'on appelle des hyperparasitoïdes. Le détail de ces résultats est mentionné dans le tableau (13).

Tableau 13: Parasitoïdes primaires et secondaires capturés par pièges jaunes à eau (Verger 1)

Famille	Genre	Espèce	Statut
Aphelinidae	<i>Aphelinus</i>	<i>Aphelinus humilis</i> (Mercet, 1927)	Parasitoïdes primaires des pucerons
Braconidae	<i>Aphidius</i>	<i>Aphidius sp.</i>	
Pteromalidae	<i>Asaphes</i>	<i>Asaphes vulgaris</i> (Walker, 1834)	Hyperparasitoïdes des pucerons
		<i>Asaphes californicus</i> (Girault, 1917)	
Megaspilidae	<i>Dendrocerus</i>	<i>Dendrocerus halidayi</i> (Curtis, 1829)	
Figitidae	<i>Alloxysta</i>	<i>Alloxysta antananarivoi</i> (Ferrer-Suay et Pujade-Villar, 2012)	
	<i>Phaenoglyphis</i>	<i>Phaenoglyphis villosa</i> (Hartig, 1841)	

Nous remarquons d'après le tableau 13 que le groupe des parasitoïdes primaires est composé de l'espèce *Aphelinus humilis* (Mercet, 1927) et *Aphidius sp* qui font partie de la famille des Aphelinidae et des Braconidae respectivement, alors que le groupe des hyperparasitoïdes est composé de 5 espèces qui sont *Asaphes vulgaris* (Walker, 1834), *Asaphes californicus* (Girault, 1917) (Pteromalidae) , *Dendrocerus halidayi* (Curtis, 1829) (Megaspilidae), *Alloxysta antananarivoi* (Ferrer-Suay et Pujade-Villar, 2012) et *Phaenoglyphis villosa* (Hartig , 1841) (Figitidae) (Figure 26 et 27).

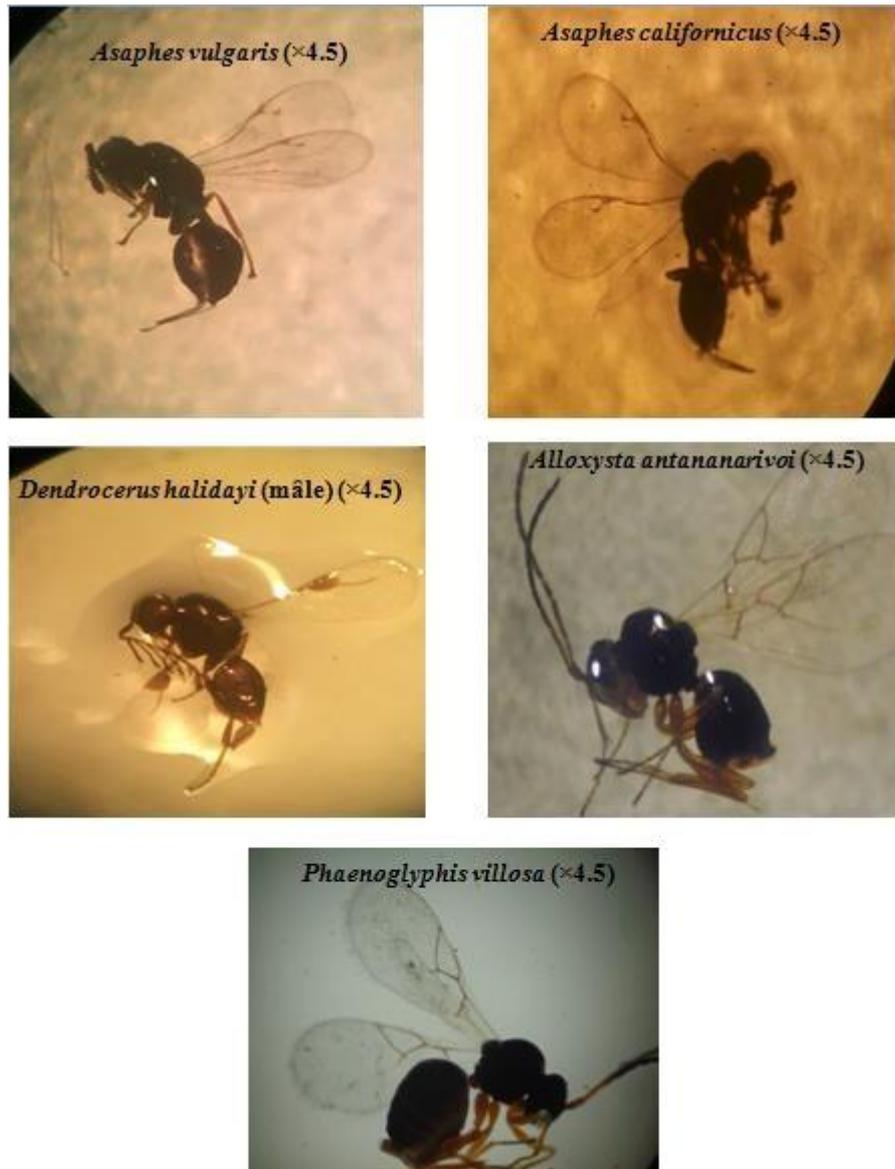


Figure 26: Les hyperparasitoides capturés dans les deux vergers d'études
(Photo personnelle, 2020)



Figure 27: Les parasitoides primaires capturés dans les deux vergers d'études
(Photo personnelle, 2020)

IV.2.2.1. Abondance relative des parasitoïdes capturés par pièges jaunes à eau dans le verger du Guelma

Les abondances relatives des espèces capturées au cours de notre période expérimentale sont mentionnées dans le tableau 14 :

Tableau 14: Effectif total et abondance relative (%) des parasitoïdes capturés par piège jaune dans le verger de Guelma

Espèce	Effectif total	Abondance relative (%)
<i>Aphelinus humilis</i> (Mercet, 1927)	1	0,87 %
<i>Aphidius sp.</i>	1	0,87 %
<i>Asaphes vulgaris</i> (Walker, 1834)	76	66,09 %
<i>Asaphes californicus</i> (Girault, 1917)	34	29,56 %
<i>Dendrocerus halidayi</i> (Curtis, 1829)	1	0,87%
<i>Alloxysta antananarivoi</i> (Ferrer-Suay et Pujade-Villar, 2012)	1	0,87%
<i>Phaenoglyphis villosa</i> (Hartig, 1841)	1	0,87%
Total	115	100%

Le tableau ci-dessus montre que l'hyperparasitoïde *Asaphes vulgaris* (Walker, 1834) est l'espèce la plus abondante avec une part de 66,09 % au total, suivi par l'espèce *Asaphes californicus* (Girault, 1917) avec une part de 29,56 %, tandis que les parasitoïdes primaires représentés par les espèces *Aphelinus humilis* (Mercet, 1927) et *Aphidius sp.* sont presque absents avec une abondance de 0,87 % pour chacun. Nous avons remarqué aussi que la majorité des parasitoïdes capturés par ce type de piégeage sont des hyperparasitoïdes qui couvrent une part de 98,26% de l'abondance totale contre une abondance de 1.74% pour les parasitoïdes primaires.

IV.2.2.2.Évolution temporelle des effectifs des parasitoïdes capturés par piège jaune à eau dans le verger de Guelma

Les effectifs totaux des différents hyménoptères parasitoïdes trouvés dans ce verger durant notre période expérimentale sont représentés dans la figure suivante:

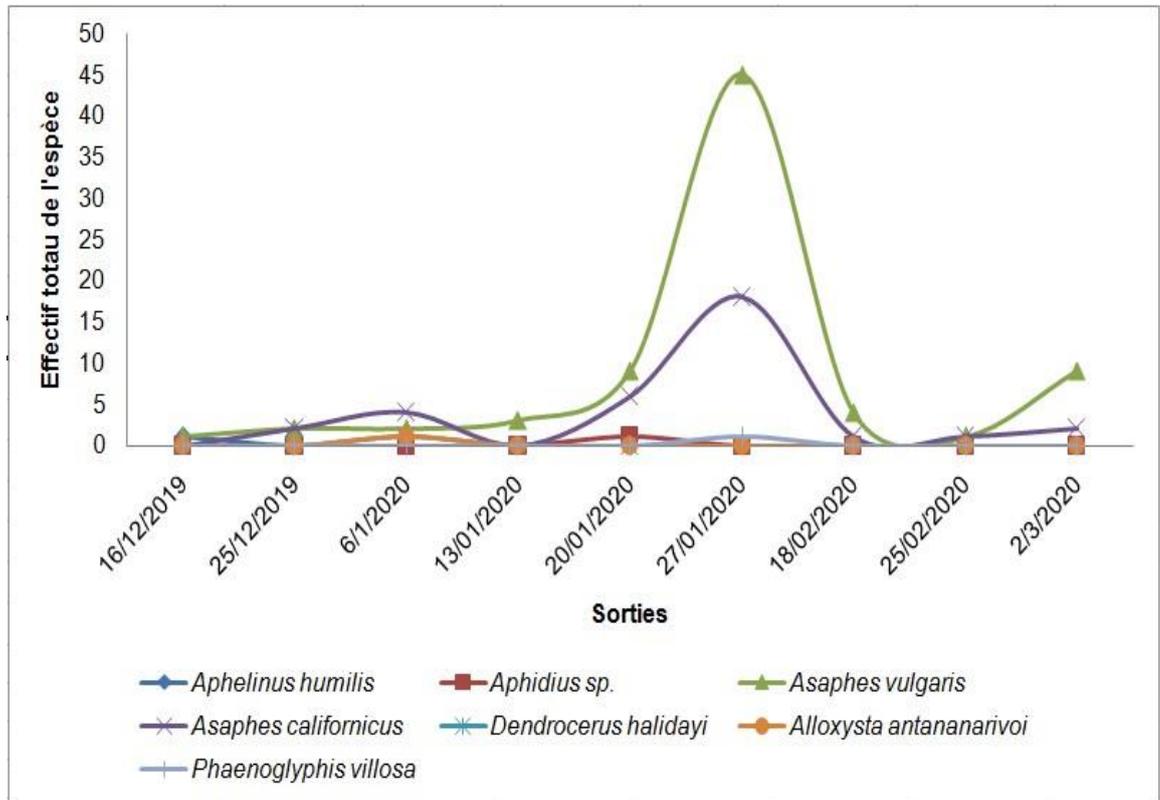


Figure 28: Évolution temporelle des effectifs totaux des parasitoïdes des pucerons trouvés dans le verger de Guelma

D'après la figure ci-dessus, nous remarquons que l'activité des parasitoïdes était très faible au début de notre échantillonnage avec des effectifs qui n'ont pas dépassé les 5 individus, jusqu'à la deuxième quinzaine du mois de janvier où nous avons enregistré une activité remarquable de l'hyperparasitoïde *Asaphes vulgaris* (Walker, 1834) et aussi *Asaphes californicus* (Girault, 1917). Les autres espèces étaient presque absentes tout au long de la période d'étude.

IV.2.2.3.Évaluation de la diversité des parasitoïdes dans le verger de Guelma

IV.2.2.3.a. Richesse spécifique S

La méthode de piégeage utilisée dans notre étude a permis de capturer 7 espèces de parasitoïdes dont 2 espèces sont des parasitoïdes primaires et 5 espèces sont des hyperparasitoïdes.

IV.2.2.3.b. Indice de Shannon-Weaver H' et de l'équitabilité (J')

Ces indices renseignent sur la diversité de notre verger et l'équirépartition de ses espèces. Les résultats de ces tests sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 15: Indice de Shannon-Weaver et d'équitabilité des parasitoïdes trouvés dans le verger de Guelma

	Valeur du test H' (bits)	Intervalle de confiance (Bootstrap N = 9999)		H. max de Shannon
		limite supérieure	limite inférieure	
Indice de Shannon H'	0.840	1.007	0.724	1.946
Équitabilité (J')	0.432	0.544	0.415	-

D'après ce tableau, on remarque que la valeur de l'indice de Shannon « 0,84 bit » représente presque la moitié de sa valeur maximale « 1,946 bit», on peut dire que notre verger est moyennement diversifié, tandis que l'indice d'équitabilité est faible et inférieur à 50% (J'= 43%), ce qui nous renseigne sur la mauvaise répartition des individus entre les espèces trouvées.

IV.2.2.4. Résultat général du verger de Guelma (Pucerons - Parasitoïdes- Hyperparasitoïdes)

Tout au long de la période d'échantillonnage dans ce verger, nous avons pu capturer, par les deux méthodes utilisées, 10 individus de pucerons, 2 individus de parasitoïdes primaires et 113 individus d'hyperparasitoïdes. Ce résultat est mentionné dans la figure 29.

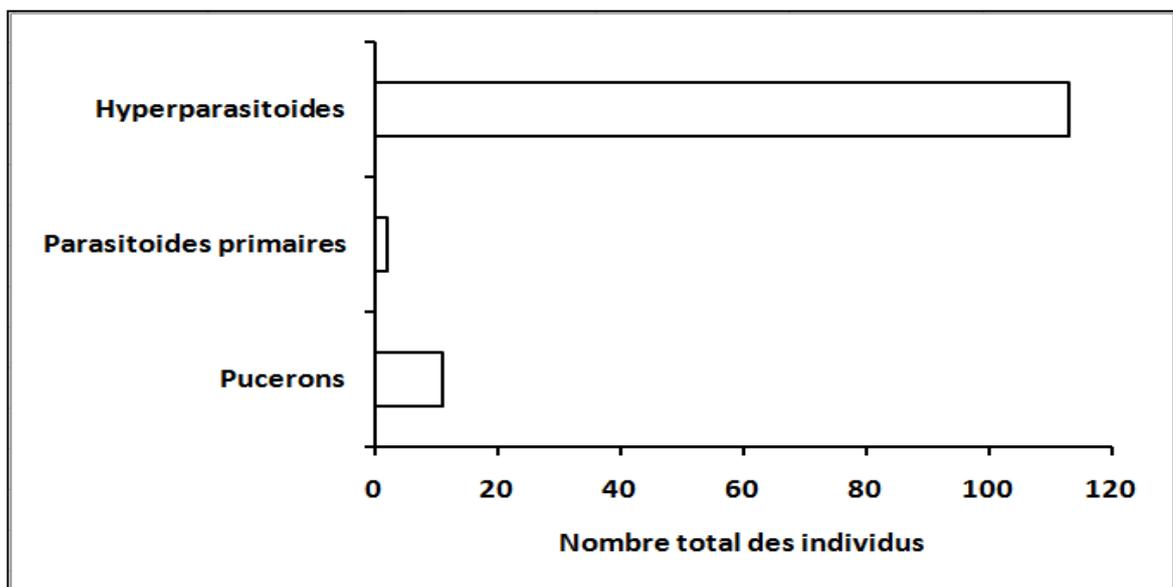


Figure 29: Effectifs totaux par catégorie d'insectes trouvés dans le verger de Guelma

IV.2.3. Parasitoïdes capturés par pièges jaunes à eau dans le verger d'Héliopolis

Les pièges installés dans ce verger tout au long de la période d'étude ont capturés certains parasitoïdes des pucerons. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 16: Les différents hyménoptères parasitoïdes des pucerons capturés par pièges jaunes à eau dans le verger d'Héliopolis

Famille	Sous famille	Genre	Espèce	statut
Pteromalidae	Asaphinae	<i>Asaphes</i>	<i>Asaphes vulgaris</i> (Walker, 1834)	Hyperparasitoïdes
			<i>Asaphes californicus</i> (Girault, 1917)	
Megaspilidae	Megaspilinae	<i>Dendrocerus</i>	<i>Dendrocerus aphidum</i> (Rondani, 1877)	

Cette méthode donc a permis de capturer 3 espèces différentes de parasitoïdes qui sont *Asaphes vulgaris*, *A. californicus* et *Dendrocerus aphidum* (figure 30). Ces trois espèces sont toutes des parasitoïdes secondaires des pucerons (hyperparasitoïdes).



Figure 30: *Dendrocerus aphidum* (×4.5) (photo personnelle, 2020)

IV.2.3.1. Abondance relative des parasitoïdes capturés par pièges jaunes à eau Verger d'Héliopolis

Les abondances relatives des espèces capturées par pièges jaune à eau au cours de notre période d'expérimentation sont mentionnées dans le tableau 18 :

Tableau 17: Effectif total et abondance relative (%) des parasitoïdes capturés par piège jaune à eau dans le verger d'Héliopolis

Espèce	Effectif total	Abondance relative (%)
<i>Asaphes vulgaris</i> (Walker, 1834)	3	50%
<i>Asaphes californicus</i> (Girault, 1917)	2	33,33%
<i>Dendrocerus aphidum</i> (Rondani, 1877)	1	16,67%
Total	6	100%

D'après ce tableau, nous remarquons que le nombre des individus des espèces trouvées dans ce verger était très faible avec une dominance de l'espèce *Asaphes vulgaris* (Walker, 1834) qui couvre la moitié du nombre total suivi par *Asaphes californicus* (Girault, 1917) puis *Dendrocerus aphidum* (Rondani, 1877) avec une part de 33,33% et 16,67% respectivement.

IV.2.3.2.Évolution temporelle des effectifs des parasitoïdes capturés par piège jaune a eau dans le verger d’Héliopolis

Le résultat de cette évolution est représenté dans la figure 31.

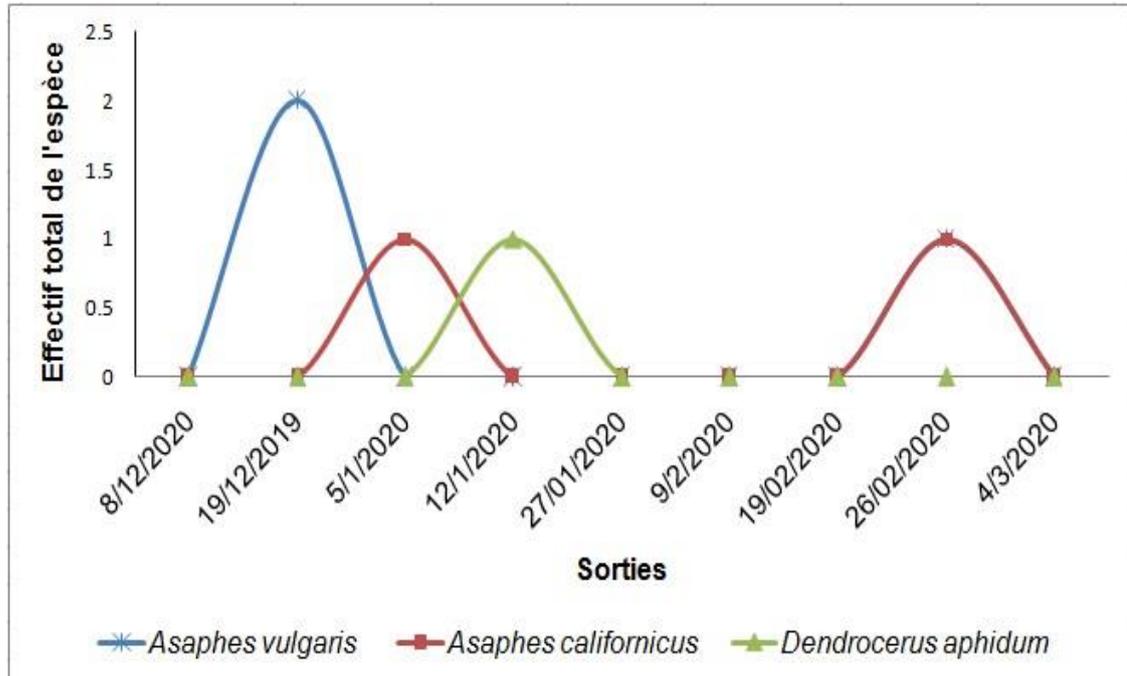


Figure 31: Évolution temporelle des effectifs totaux des différents parasitoïdes des pucerons trouvés dans le verger d’Héliopolis

D’après cette figure nous remarquons que l’activité de ces parasitoïdes était très faible dès la première sortie jusqu’à la fin avec une apparition de quelques individus durant la période automno-hivernale (décembre et début du mois de janvier) et puis une disparition de ces espèces jusqu’à la fin du mois de février où nous avons remarqué l’apparition des deux hyperparasitoïdes du genre *Asaphes*.

IV.2.3.3.Évaluation de la diversité des parasitoïdes dans le verger d’Héliopolis

IV.2.3.3.a. Richesse spécifique S

La méthode de piégeage utilisée dans ce verger a permis de capturer 3 espèces de parasitoïdes qui sont tous des hyperparasitoïdes.

IV.2.3.3.b. Indice de Shannon-Weaver H' et de l'équitabilité (J')

Ces deux indices sont calculés à l’aide du logiciel Past (version 3.10). Les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 18: Indice de Shannon-Weaver et d'équitabilité des parasitoïdes trouvés dans le verger d'Héliopolis

	Valeur du test H' (bits)	Intervalle de confiance (Bootstrap N = 9999)		H. max de Shannon
		limite supérieure	limite inférieure	
Indice de Shannon H'	1.011	1.099	0.451	1.099
Équitabilité (J')	0.921	0.65	1	-

D'après ce tableau, on remarque que la valeur de l'indice de Shannon « 1,02 bit » n'est pas loin de sa valeur maximale « 1,099 bit », c'est-à-dire que le nombre des espèces trouvées est presque maximal dans ce verger. L'indice de l'équitabilité est très proche de 1 qui est sa valeur maximale, cela veut dire que le nombre des individus trouvés dans ce verger est presque équitablement réparti entre les espèces ($J' = 94\%$).

IV.2.2.4. Résultat générale du verger d'Héliopolis (Pucerons – Parasitoïdes – hyperparasitoïdes)

Tout au long de la période d'échantillonnage dans ce verger (Décembre 2019-la première semaine du mois de mars 2020), nous avons pu capturer par les deux méthodes utilisées 92 individus de pucerons, 6 individus de parasitoïdes secondaire (hyperparasitoïdes). Ce résultat est mentionné dans la figure suivante :

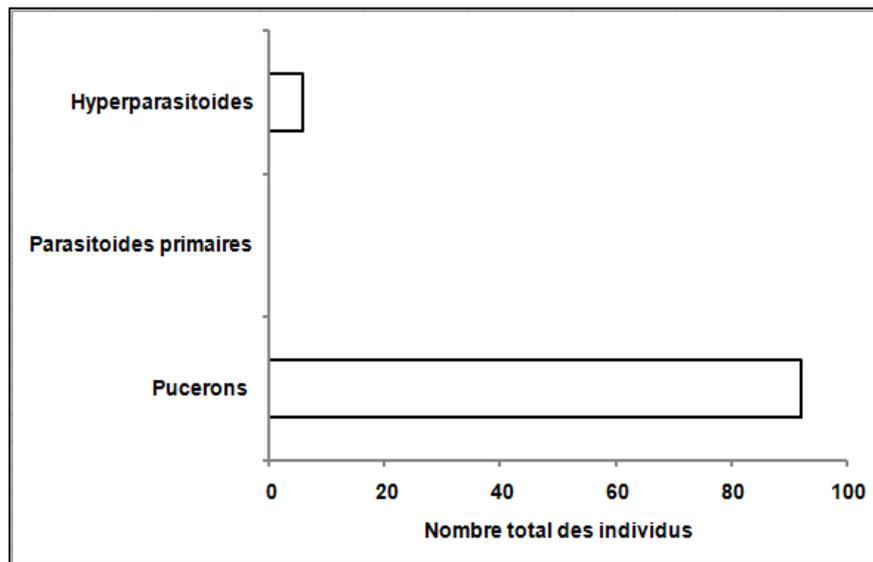


Figure 32: Effectifs totaux par catégorie d'insectes trouvés dans le verger d'Héliopolis

Discussion

Discussion

Les prospections effectuées dans deux vergers d'agrumes dans la wilaya de Guelma entre décembre 2019 et la première semaine de mars 2020 ont permis de recenser certaines espèces de pucerons et leurs parasitoïdes.

Cette étude devait durer jusqu'en la fin du mois de mai 2020, mais elle a été interrompue au début de mars en raison de Covid-19 (le confinement décidé dans le pays); et elle n'a pas été réalisée au printemps qui est le moment d'apparition des jeunes pousses des agrumes (la poussé de sève).

Les méthodes d'échantillonnage utilisées dans notre étude ont permis d'identifier 6 espèces de pucerons ;Il s'agit d'*Aphis spiraecola* (Patch, 1914), *Myzus persicae* (Sulzer, 1776), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) , *Aphis gossypii* (Glover, 1877), *Acyrtosiphon pisum* (Harris, 1776) et *Macrosiphum rosae* (Linnaeus, 1758), dont *Aphis spiraecola* (Patch, 1914) était l'espèce la plus abondante, suivi par *Aphis gossypii* (Glover, 1877) et *Myzus persicae* (Sulzer, 1776).

Selon **Tena et Garcia-Mari (2011)**, les pucerons *Aphis spiraecola* (Patch, 1914) et *Aphis gossypii* (Glover, 1877) sont parmi les principaux insectes nuisibles aux agrumes de la Méditerranée.

En Afrique du Nord, *Aphis spiraecola* (Patch, 1914), *Aphis gossypii* (Glover, 1877) , *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) ,*Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841) , *Aphis fabae* (Scopoli, 1763) , et *Aphis craccivora* (Koch, 1854) , sont déjà mentionnés sur les agrumes en Tunisie par **Ben Halima-Kamel et al.(1994)** et **Ben Halima-Kamel et Ben Hamouda (2005)** et aussi au Maroc par **Mazih(2008)** et **Smaili et al. (2014)**.

En Algérie, **Lebbal (2017)** et **Labdaoui (2019)** ont mentionné la présence des espèces *Aphis spiraecola* (Patch, 1914), *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) , *Aphis gossypii* (Glover, 1877), *Aphis craccivora* (Koch, 1854) , *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas,1878) et *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841) dans les vergers d'agrumes algériens.

L'espèce *Aphis spiraecola* (Patch, 1914) a été déjà signalée comme une espèce dominante sur les agrumes en Algérie au centre de pays par **Benoufella-Kitous et al. en 2014** et **Mostefaoui et al. en 2014** et aussi dans l'Est par **Lebbal et Laamari en 2016**. Cette remarque a été signalée aussi dans plusieurs pays par plusieurs chercheurs dans le monde : en Italy

(Yahiaoui *et al.*, 2009), au Turquie (Yoldaş *et al.*, 2011) , en Espagne (Marroquín *et al.*, 2004) et aux Etats-Unis (Powel *et al.*, 2006).

Plusieurs chercheurs ont signalé que la forte infestation des agrumes par les pucerons s'observe au cours du printemps (Kamel, 2010 ; Yoldaş *et al.*, 2011 ; Mostefaoui *et al.*, 2014). La présence et l'abondance des pucerons inféodés aux agrumes dépendent de l'importance des différentes poussées de sève (Saharaoui *et al.*, 2015). Selon Lebbel (2017), les aphides présentent deux périodes d'activité intense ; la première est au cours du printemps et la deuxième en automne. Au printemps, les jeunes pousses qui se forment, sont très riches en acides aminés ; qui forment l'aliment de base pour les aphides. Également en automne, les feuilles sont riches en acides aminés et d'autres nutriments (Kindlmann *et Dixon*, 2010). Durant notre période d'échantillonnage, le nombre d'individus des pucerons était très faible, cela est dû à l'absence des jeunes pousses dans les deux vergers d'étude, mais avec la fin du mois de février qui s'est coïncidé avec la poussée de sève printanière, nous avons remarqué le début d'apparition de ces organes mais malheureusement nous n'avons pas pu terminer notre échantillonnage à cause du confinement national.

Les pièges jaunes à eau ont permis de capturer 8 espèces des parasitoïdes de pucerons d'agrumes dont deux sont des parasitoïdes primaires (*Aphelinus humilis* et *Aphidius sp.*) et 6 sont des hyperparasitoïdes (*Asaphes vulgaris*, *Asaphes californicus*, *Dendrocerus halidayi*, *Alloxysta antananarivoi*, *Phaenoglyphis villosa* et *Dendrocerus aphidum*).

La diversité des parasitoïdes et leurs effectifs dans les deux vergers d'étude étaient faibles, avec une dominance remarquable des hyperparasitoïdes. Boukhris-Bouhachem en 2011 a trouvé la même remarque en Tunisie ; Le genre *Asaphes* dont *A. vulgaris* (Walker, 1834) était l'espèce la plus abondante suivie par l'espèce *A. californicus*(Girault, 1917).

En Algérie, Labdaoui (2019) a mentionné la présence des parasitoïdes primaires *Lysiphlebus tesraceipes* (Cresson, 1880), *Lysiphlebus fabarum* (Marshall, 1896), *Aphidius colemani* (Viereck, 1912) ,*Aphidius matricariae* (Haliday, 1834),*Praon volucre* (Haliday, 1833) et *Binodoxys angelicae* (Haliday, 1833) et les hyperparasitoïdes *Asaphes vulgaris* (Walker, 1834), *Pachyneuron aphidis* (Bouché, 1834), *Dendrocerus sp.*, *Alloxysta victrix* (Westwood, 1834) et *Alloxysta brevis* (Thomson, 1862). Ces espèces sont signalées aussi par Labdaoui *et Guenaoui* en 2018 à Mostaganem avec une abondance d'*Asaphes vulgaris* (Walker, 1834).

En Espagne, Gómez-Marco (2015) a signalé la présence de l'espèce *Phaenoglyphis villosa* (Hartig , 1841) et les genres *Dendrocerus* , *Alloxysta* et *Asaphes* dans les verger d'agrumes.

Tous ces résultats sont presque similaires à ceux de **Yoldaş et al.(2011)** en Turquie , de **Mazih (2008)** au Maroc et de **Boukhris-Bouhachem (2011)** en Tunisie ; et presque les mêmes genres des parasitoïdes des pucerons sont signalés dans les vergers d'agrumes à travers le monde.

Selon **Labdaoui (2019)**, l'espèce *Asaphes vulgaris* (Walker, 1834) émerge des momies de 4 espèces de pucerons : *Aphis spiraecola* (Patch, 1914), *Aphis gossypii* (Glover, 1877), *Myzus persicae* (Sulzer,1776) et *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841); c'est un hyperparasitoïde idiobionte qui effectue sa ponte dans le puceron momifié. Selon le même auteur, le genre *Dendrocerus* est émergé des momies d'*Aphis spiraecola* (Patch, 1914) et *Aphis gossypii* (Glover, 1877) et le genre *Alloxysta* est émergé des momies d'*Aphis spiraecola* (Patch, 1914).

En Tunisie, **Sellami et al.(2013)** ont trouvé dans les vergers d'agrumes qu'*Asaphes vulgaris* (Walker, 1834) s'associe à *Aphis spiraecola* (Patch, 1914), *Aphis gossypii* (Glover, 1877) , *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841) et *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas,1878).

Dans notre étude, la présence d'*Asaphes vulgaris* est dû probablement à la présence des pucerons *Aphis spiraecola* et *Aphis gossypii*, malgré leurs faibles effectifs dans les deux vergers.

En Algérie, **Laamari et ses collaborateurs en 2011** ont trouvé que l'espèce *Aphelinus mali* (Haldeman, 1851) est parmi les parasitoïdes des pucerons. Au Canada, **Acheampong et al.(2012)** ont trouvé que les espèces *Aphidius matricariae* , *Aphidius colemani* et *Aphidius ervi* (Braconidae) et *Aphelinus abdominalis* (Aphelinidae) sont les plus efficaces dans le control biologique des pucerons sous serre. Dans notre cas, nous avons capturé l'espèce *Aphelinus humilis* (Hymenoptera ; Aphelinidae) et l'espèce *Aphidius* sp., cela signifié que leurs hôtes sont présents dans la zone d'étude et qui sont généralement des pucerons.

Conclusion

Conclusion

Au terme de ce travail réalisé au niveau deux verger d'oranger (variété *Washington Navel*) dans la wilaya de Guelma durant la période de décembre 2019 jusqu'au début du mois de mars 2020 ; nous avons pu dégager les résultats suivants :

Dans le premier verger qui situé à Guelma, nous avons identifié 6 espèces de pucerons qui sont : *Aphis spiraecola* (Patch, 1914), *Myzus persicae* (Sulzer, 1776), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) , *Aphis gossypii* (Glover, 1877), *Acyrtosiphon pisum*(Harris, 1776) et *Macrosiphum rosae* (Linnaeus, 1758). Nous avons capturé également 7 espèces d'hyménoptères parasitoïdes des pucerons appartenant à 5 familles différentes, dont deux espèces sont des parasitoïdes primaires qui sont: *Aphelinus humilis* (Mercet, 1927) de la famille des Aphelinidae et *Aphidius sp.* de la famille des Braconidae, et les autres 5 espèces sont des hyperparasitoïdes à savoir : les deux espèces *Asaphes vulgaris* (Walker, 1834) et *Asaphes californicus* (Girault, 1917) de la famille des Pteromalidae , *Dendrocerus halidayi* (Curtis, 1829) de la famille des Megaspilidae et les deux espèces *Alloxysta antananarivoi* (Ferrer-Suay et Pujade-Villar, 2012) et *Phaenoglyphis villosa* (Hartig , 1841) de la famille des Figitidea.

Dans le deuxième verger qui situé dans la daïra d'Héliopolis, nous avons trouvé deux espèces de pucerons ; Il s'agit d'*Aphis spiraecola* (Patch, 1914) et *Aphis gossypii* (Glover, 1877), et nous avons capturé aussi 3 espèces d'hyménoptères parasitoïdes qui peuvent parasiter les pucerons des agrumes et qui sont *Asaphes vulgaris* (Walker, 1834) et *Asaphes californicus* (Girault, 1917) de la famille des Pteromalidae et l'espèce *Dendrocerus aphidum* (Rondani, 1877) de la famille des Megaspilidae. Ces 3 espèces sont des hyperparasitoïdes.

Au total, dans les deux vergers, nous avons trouvé 6 espèces de pucerons, 2 espèces des parasitoïdes primaires et 6 espèces de parasitoïdes secondaires (hyperparasitoïdes).

Dans les deux vergers, le puceron *Aphis spiraecola* (Patch, 1914) était le plus abondant parmi les espèces que nous avons trouvés, et l'hyperparasitoïdes *Asaphes vulgaris* (Walker, 1834) était le plus abondant parmi les hyménoptères parasitoïdes capturés.

En perspective, il serait intéressant de poursuivre cette étude sur plusieurs années et au niveau d'autres vergers pour avoir des résultats plus représentatifs. Également, il serait important de

réaliser des études sur d'autres ravageurs tels que la mineuse qui était très abondante dans les deux vergers.

Il est conseillé de maintenir la végétation abondante aux abords des vergers pour améliorer la biodiversité des auxiliaires, et afin d'assurer un contrôle biologique naturel contre les aphides ou bien pour tous les ravageurs de culture à condition toutefois de réduire les traitements chimiques qui sont très toxiques pour l'environnement et pour la santé humaine.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

-A-

- **Acheampong S., Gillespie D. R. and Quiring D. J. M., 2012.** Survey of parasitoids and hyperparasitoids (Hymenoptera) of the green peach aphid, *Myzus persicae* and the foxglove aphid, *Aulacorthum solani* (Hemiptera: Aphididae) in British Columbia. *Journal of the entomological society of british Columbia*,109 :12-22.
- **Agarwala B.A. and Das J., 2012.** Weed host specificity of aphid , *Aphis spiraecola* : developmental and reproductive performance of aphids in relation to plant growth and leaf chemicals of the siam weed, *Chromolaena odorata*. *Journal of insect science* , 12(24):1-13.
- **Agustí M., Mesejo C., Reig C. and Martínez-Fuentes A., 2014.** Citrus production. In: Dixon G. R. et Aldous D. E. (eds.), *Horticulture : Plants for People and Places*, Volume 1, Production Horticulture, Ed. Springer, 159 -195.
- **Aidoo O.F., Kyerematen R., Akotsen-Mensah C. and Afreh-Nuamah K., 2016.** Abundance and diversity of Insects Associated with Citrus Orchards in Two Different Agroecological Zones of Ghana. *Experimental Agriculture*,13 (2) :1-18.
- **Alford D.V., 2011.** *Plant pests*. Collins , Londres, 500 p.
- **Al-taha H. A. K., Jasim A. M. and Abbas M. F., 2012.** Somatic embryogenesis and plantlet regeneration from nucleus tissues of local orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Acta Agriculturae Slovenica* , 99(2):185 -189.
- **A.N.D.I., 2013.** Agence Nationale de Développement de l'investissement. Wilaya de Guelma.
- **Aroun M.E.F., 2015.** *Le complexe aphides et ennemis naturels en milieux cultivé et forestier en Algérie*.Thèse de Doctorat, École Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger, 169 p.

-B-

- **Barahoei H., Rakhshani E., Madjdzadeh S.M., Alipour A., Taheri, S., Nader, E., Mitrovski-Bogdanonic A., Petrovic-Obradovic O.,Stary P.,Kavallieratos N.G. and Tomanovic Ž., 2013.** Aphid parasitoid species (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of central submountains of Iran. *North-Western Journal of Zoology*, 9(1) :70-93.

- **Barbagallo S., Cocuzza G., Cravedi P. and Komazaki S., 2007.** IPM case studies : Tropical and subtropical fruit trees. In: van Emden H. F. et Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 663 - 676.
- **Ben Halima-Kamel M. et Ben Hamouda M. H., 2005.** A propos des pucerons des arbres fruitiers de Tunisie. *Notes fauniques de Gembloux*, 58 :11-16.
- **Ben Halima-Kamel M., Rabasse J.M. et Ben Hamouda M.H., 1994.** Les pucerons des agrumes et leurs ennemis en Tunisie. *Tropicultura*,12(4) :145-147.
- **Benia F., 2010.** *Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (Quercus ilex L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie) et bio-écologie des espèces les plus représentatives.* Thèse de Doctorat, Université de Sétif, 229 p.
- **Benoufella-Kitous K., Doumandji S. et Hance T., 2014.** Inventaire des aphides et de leurs ennemis naturels dans un verger d'agrumes. In *Actes de la Xème Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier*
- **Bhatia V., Uniyal P. L. and Bhattacharya R., 2011.** Aphid resistance in Brassica crops: challenges, biotechnological progress and emerging possibilities. *Biotechnology Advances* , 29(6) :879 - 888.
- **Biche M., 2012.** Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. *Guide pratiques*: 4-5.
- **Blackman R.L. and Eastop V.F., 1984.** *Aphids on the World's Crops: Identification and Information Guide.* John Wiley Sons, London, 476 p.
- **Blackman R.L. and Eastop V.F., 2008.** *Aphids on the world's herbaceous Plants and shrubs.* volume 1 et 2, John Wiley et Sons. 1450p.
- **Boivin G., Hance T., and Brodeur J., 2012.** Aphid parasitoids in biological control. *Canadian Journal of Plant Science*, 92(1): 1-12.
- **Boulfekhar-Ramdani H., 1998.** Inventaire des acariens des citrus en Mitidja. *Annales de l'Institut National Agronomique El Harrach*,19 : 30 - 39.
- **Boudi M., 2005.** *Vulgarisation agricole et pratiques des agrumiculteurs de la Mitidja.* Memoire de magister, Institut national agronomique INA, Alger,133 p.
- **Boukhris-Bouhachem S., 2011.** Aphid enemies reported from Tunisian citrus orchards. *Tunisian Journal of plant protection*, 6(1) :21-28.
- **Brodeur J., 2000.** Host specificity and trophic relationships of hyperparasitoids. In: Hochberg M.E. et Ives A.R. (eds). *Parasitoid population biology.* Princeton University Press, 163-183.

- **Brodeur J., and Rosenheim J.A., 2000.** Intraguild interactions in aphid parasitoids. *Entomologia experimentalis et applicata*, 97(1): 93-108.
- **Brodeur J., Hajek A.E., Heimpel G.E., Sloggett J.J., Mackaueur M., Pell J.K. and Volkl W., 2017.** Predators , Parasitoids and pathogens. In :Van Emden H.F.et Harrington R.(eds), *Aphids as crop pests* (2nd edition) ,CABI, Amazon France: 225-261.

-C-

- **Campos N.C. & Garcia-Mari F., 2014.** *Guía de identificación Pulgones y sus enemigos naturales* . Universitat Politècnica de València, Espagne ,38p.
- **Chamont S., 2018.** Encyclopédie en protection des plantes.disponible sur le site : http://ephytia.inra.fr/fr/P/114/Hypp_encyclopedie_en_protection_des_plantes._ (consulté le 28/03/2020).
- **Chrzanowski G., Leszczyński B., Sempruch C., Sytykiewicz H. and Sprawka I., 2009.** Effect of phenolics from woody plants on activity of grain aphid oxidases. *Pestycydy*, (1- 4):63-70.
- **Cocuzza G. & Bargallo S., 2011.** *Toxoptera citricidus* (kirkaldy) , percoloso afide degli agrumi di temuta introduzione in Italia . *Approfondimenti* : 36-40.
- **Cœur d'acier A., Pérez Hidalgo N. and Petrović-Obradović O., 2010.** Aphids (Hemiptera, Aphididae) Chapter 9. 2. *Alien terrestrial arthropods of Europe*, *BioRisk* ,4(1) :435-474.

-D-

- **Dajoz R., 1971.** *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434p.
- **Dajoz, R., 1975.** *Précis d'écologie*. 3 Ed.: Dunod, Paris, 549 p.
- **Dupin T., 2017.** *Observation des ravageurs et de leurs ennemis naturels dans des vergers d'agrumes menés avec des pratiques agroécologiques en Martinique*. Memoire de master, université de Angers, France,90 p.
- **Debras J. F., 2007.** *Rôles fonctionnels des haies dans la régulation des ravageurs : le cas du psylle *Cacopsylla pyri* L. dans les vergers du sud-est de la France*. Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse , France, 240 p.
- **Deguin J.P. et Leclant F., 1997.** *Aphis gossypii*, Glover (Hemiptera, Aphididae). Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD-CA),113p.

- **Dzhanokmen K. A., 2009.** Review of Kazakhstan species of the genus *Pachyneuron* Walker, 1833 (Hymenoptera: Chalcidoidea: Pteromalidae). *Zoosystematica Rossica*, 18(1) : 73-82.

-F-

- **Falabella P., Tremblay E. and Pennacchio F., 2000.** Host regulation by the aphid parasitoid *Aphidius ervi*: the role of teratocytes. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 97(1) : 1-9.
- **F.A.O., 2013.** Food and Agriculture Organization Statistics.
- **Faurie C., Ferra C. H., Medori P., Dévaux J. et Hemptinne J.L., 2011.** *Ecologie : approche Scientifique et pratique*. Ed.Tec et Doc , Lavoisier ,Paris , France, 450p.
- **Ferrero M., 2009.** *Le système tritrophique tomate- tetranyques tisserands-Phytoseiulus longipes: Étude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique*. Thèse de doctorat, Montpellier, France, 237p.
- **Ferrer-Suay M., Selfa J., Equihua-Martínez A., Estrada-Venegas E., Lomeli-Flores R., Martínez R. P. and Pujade-Villar J., 2013.** Charipinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) from Mexico with description of three new species. *Annals of the entomological Society of America*, 106(1) :26-41.
- **Footitt R.G., Lowery D.T., Maw H.E.L., Smirle M.J. and Lushai G., 2009.** Identification, distribution and molecular characterization of the apple aphids *Aphis pomi* and *Aphis spiraecola* (Hemiptera : Aphididae :Aphidinae).*The canadian entomologist* ,141(5) :478-495.
- **Foster S. P., Devine G. and Devonshire A. L., 2007.** Insecticide Resistance. In: van Emden H.F. et Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CABI, 261-285.
- **Franco J. C., Garcia-Marí F., Ramos A. P. and Besri M., 2006.** Survey on the situation of citrus pest management in Mediterranean countries. *IOBC wprs Bulletin*, 29(3) : 335-346.
- **Fraval, A. 2006.** Les pucerons-1ère partie. *Institut national de recherche agromique*, France , 2(141), 6p.
- **F.R.E.D.O.N., 2008.** Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles .*fiche technique sur les pucerons*, France.

-G-

- **Gibson A.P.G. and Vilkberg V., 1998.** The species of *Asaphes* Walker from America North of Mexico with remarks on extralimital Distribution and taxa (Hymenoptera : Chalcidoidea , Pteromalidea) .*Journal of Hymenoptera Research*, 7(2) :209-256.
- **Godfray H.C.J., 1994.** *Parasitoids : behavioral and evolutionary ecology*. Ed. Princeton university press, New Jersey, united states of America , 473p.
- **Godin. C. et Boivin. G., 2002.** Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraichères au Québec. *Agriculture et agroalimentaire Canada*, 33p.
- **Goggin F. L., 2007.** Plant-aphid interactions: Molecular and ecological perspectives. *Current Opinion in Plant Biology*, 10 (4): 399-408.
- **Gómez-Marco F., 2015.** *Integrated Pest Management of Aphis spiraecola (Hemiptera: Aphididae) in clementines: enhancing its biological control*. Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València, Espagne, 202p.
- **Goubault-Body M., 2003.** *Exploitation des hôtes chez un Hyménoptère parasitoïde solitaire: conséquences adaptatives de la compétition intraspécifique sur les stratégies comportementales des femelles* .Thèse de Doctorat , université de Rennes 1, France,195 p.
- **Graham M. D. V., 1976.** The British species of *Aphelinus* with notes and descriptions of other European Aphelinidae (Hymenoptera). *Systematic Entomology*, 1(2) :123-146.

-H-

- **Hance T., Kohandani-Tafresh F. and Munaut F., 2017.** Biological control .In : Van Emden H.F. and Harrington R.(eds). *Aphids as crop pests*, (2nd edition), Ed.CABI,Amazon France, 448-493.
- **Hardie J., 2017.** Life cycles and polymorphism. In:Van Emden H.F. and Harrington R. (eds). *Aphids as crop pests*, (2nd edition).Ed.Cabi,Amazon France, 81- 97.
- **Hare J.D. and Weseloh R.M., 2009.** Host seeking, by parasitoids. In:Vincent H. R and Ring T.C. (eds). *Encyclopedia of Insects*, Academic Press, 463-466.
- **Harmel N., Francis F., Haubruge E. et Giordanengo P., 2008.** Physiologie des interactions entre pomme de terre et pucerons: Vers une nouvelle stratégie de lutte basée sur les systèmes de défense de la plante. *Cahiers Agricultures*,17 (4) : 395 - 400.
- **Hashemi S. M., Hosseini S. M. and Damalas C. A., 2009.** Farmers' competence and training needs on pest management practices: Participation in extension workshops. *Crop protection*, 28(11):934-939.

- **Hermoso de Mendoza A., Arouni R., Belliure B., Carbonell E.A. and Pérez-Panadès J., 2006.** Intervention Thresholds for *Aphis spiraecola* (Hemiptera : Aphididae) on citrus clementina. *Journal of Economic Entomology*, 99(4): 1273-1279.
- **Hill D. S., 2008.** *Pests of crops in warmer climates and their control*. Ed. Springer, 670 p.
- **Höller C., Borgemeister C., Haardt H. and Powell W., 1993.** The relationship between primary parasitoids and hyperparasitoids of cereal aphids: an analysis of field data. *Journal of Animal Ecology*, 62(1): 12-21.
- **Horrigan L., Lawrence R. S. and Walker P., 2002.** How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environmental Health Perspectives*, 110 (5) :445-456.
- **Hullé M., Turpeau-Ait Ighil E., Robert Y. et Monnet Y., 1999.** *Les pucerons des plantes maraichères. Cycle biologique et activités de vol*. Ed ACTA, INRA, Paris, France, 136p.

-I-

- **I.T.A.F.V., 2012.** Rapport d'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne.

-J-

- **Jacas J.A. and Urbaneja A., 2010.** Biological control in citrus in Spain : from classical to conservation biological control. In : Ciancio A. et Mukerjii K.G.(eds). *Integrated management of arthropod pests and insect borne diseases*. Ed. Springer, Dordrecht, 61-72.
- **Jacobson R., 2011.** Hyperparasitoids: a threat to IPM of aphids on sweet pepper ?. *Conference paper*, 68 : 75-78.
- **Jacquemond C., Agostini D. et Cur K., 2009.** Des agrumes pour l'Algérie. *Bureau d'ingénierie en horticulture et agro-industrie*, p 4.
- **Jacquemond C., Curk F. et Heuzet M. 2013.** *Les clémentiniers et autres petits agrumes*. Ed. Quae, Versailles cedex, France, 368p.
- **Jacky F. et Bouchery Y., 1983.** Atlas des formes ailées des espèces courantes de puceron. *Institut Nationale de la Recherche Agronomique*, France ,48p.
- **Japoshvili G. and Abrantes I., 2006.** Aphelinus species (Hymenoptera: Aphelinidae) from the Iberian Peninsula, with the description of one new species from Portugal. *Journal of Natural History*, 40(13-14) : 855-862.
- **Juste F., Sanchez S., Ibanez R., Val L. and Garci C., 1990.** Measurement of spray deposition and efficiency of pesticide application in citrus orchards. *Agricultural Engineering Research* ,46(3) :187-196.

-K-

- **Kamel A. S., 2010.** Insects attack citrus trees in Al-Qalyubiyah Governorate, Egypt. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*, 3(2) :107-117.
- **Karamaouna F., Mylonas P., Papachristos D., Kontodimas D., Michaelakis A. and Kapaxidi E., 2010.** Main arthropod pests of citrus culture and pest management in Greece. In Ciancio A. et Mukerjii K.G.(eds). *Integrated management of arthropod pests and insect borne diseases*. Ed.Springer , Dordrecht, 29-59.
- **Kavallieratos N.G., Tomanović, Ž., Petrović A., Janković M., Starý P., Yovkova M. and Athanassiou C.G., 2013.** Review and Key for the Identification of Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of Aphids Infesting Herbaceous and Shrubby Ornamental Plants in Southeastern Europe. *Annals of the Entomological Society of America*,106(3): 294-309.
- **Kerboua M., 2002.** L'agrumiculture en Algérie. *Proceedings of the Mediterranean research network on certification of citrus*: 21-26.
- **Kindlmann P. and Dixon A. F. G., 2010.** Modelling population dynamics of aphids and their natural enemies. In: Kindlmann P., Dixon A.F.G. et Michaud J.P. (eds.), *Aphid Biodiversity under Environmental Change: Patterns and Processes*, Ed. Springer (Dordrecht), 1-20.

-L-

- **Laamari M., Tahar-Chaouche S., benferaat S., Abbès S. B., Merouani H., Ghodbane S., Khenissa N.et Stary P, 2011.** Interactions tritrophiques: plante-puceron-hyménoptère parasitoïde observées en milieux naturels et cultivés de l'Est algérien. *Entomologie faunistique-Faunistic Entomology*, 63(3):115-120.
- **Labdaoui Z.E., 2019.** *Aménagement de la protection phytosanitaire contre les pucerons des agrumes dans le Nord-ouest algérien en faveur d'une lutte biologique durable*. Thèse de doctorat ,Université de Mostaganem, Algérie, 175p.
- **Labdaoui, Z.E. and Guenaoui Y., 2018.** Some observations on the predominance of aphis spiraeicola on citrus in northwestern Algeria. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 13 :147-157.
- **Lambert L., 2005.** Les pucerons dans les légumes de serre : Des bêtes de sève. *Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec*, 7 p.

- **Larbi D., Belkahla H., Djelouah K and D'Onghia A.M., 2015.** Monitoring citrus Tristeza virus (CTV) in Algeria and characterization of local isolats. *Acta Horticulturae*, 1065 :767-771.
- **Larbi D., Ghezli C. and Djelouah K. 2009.** Historical review of Citrus tristeza virus (CTV) in Algeria. *Options Méditerranéennes, B*, 65 :107-110.
- **Lebbal S. and Laamari M., 2016.** Population dynamics of aphids (Aphididae) on orange (*Citrus sinensis* 'thomson navel') and mandarin (*Citrus reticulata* 'blanco'). *Acta agriculturae Slovenica*, 107(1): 137-145.
- **Lebbal S., 2017.** *Etude bioécologique des pucerons inféodés aux agrumes dans la région de skikda.* Thèse de doctorat, Univerisité de Batna, Algérie, 125p.
- **Leclant F., 2000.** *Les pucerons des plantes cultivées, clefs d'identification.* Cultures fruitieres. Ed. Institute National de la Recherché Agronomique, 128p.
- **Lécureuil C., Rougière N., Nguyen T. M., Bressac C. et Chevrier C., 2012.** Les hyménoptères parasitoïdes: Des modèles pour l'étude de l'hypofertilité mâle. *médecine/sciences*, 28(1): 76-81.
- **Loussert R., 1989.** *Les agrumes : arboriculture méditerranéennes.* Ed. Technique et Documentation-Lavoisier, Volume 1, Paris, France, 136p.

-M-

- **Mackauer M. and Völkl W., 1993.** Regulation of aphid populations by aphidiid wasps: does parasitoid foraging behaviour or hyperparasitism limit impact?. *Oecologia*, 94(3): 339-350.
- **M.A.D.R.P., 2013.** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche. Statistique sur la culture des agrumes.
- **M.A.D.R.P., 2018.** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche. Statistique sur la culture des agrumes.
- **Magurran A.E., 2004.** *Measuring biological diversity.* Blackwell science Ltd, 215 p.
- **Mahmoudi A., Allal Benfekih L. et Rouabhi A., 2017.** Approche fonctionnelle de la diversité des communautés d'insectes auxiliaires dans un verger de la clementinier a Chlef. *Agrobiologia*, 7 (2) : 445-458.

- **Marroquín C., Olmos A., Gorris M. T., Bertolini E., Martínez M. C., Carbonell E. A., de Mendoza A. H. and Cambra M., 2004.** Estimation of the number of aphids carrying *Citrus tristeza virus* that visit adult citrus trees. *Virus Research*, 100 :101 - 108.
- **Mazih A., 2008.** Current situation of *Citrus* pests and the control methods in use in Morocco. *IOBC/wprs Bulletin*, 38 :10-16.
- **Michalik A., Szklarzewicz T., Wegierek P. and Wieczorek K., 2013.** The ovaries of aphids (Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphidoidea): morphology and phylogenetic implications. *Invertebrate biology*, 132(3): 226-240.
- **Mostefaoui H., Allal-Benfekih L., Djazouli Z.-E., Petit D. and Saladin G., 2014.** Why the aphid *Aphis spiraecola* is more abundant on clementine tree than *Aphis gossypii*?. *Comptes rendus biologiques*, 337: 123-133.
- **Müller C.B. and Godfray H.C.J., 1998.** The response of aphid secondary parasitoids to different patch densities of their host. *BioControl*, 43(2): 129-139.

-N-

- **Navasse Y., 2016.** *Spécialisation parasitaire chez les Aphidiinae: existe-t-il des parasitoïdes de pucerons généralistes?*. Thèse de doctorat, Université de rennes1, France ,188p.
- **Nicolosi E., 2007.** Origin and taxonomy. In: Khan I. A. (eds). *Citrus Genetics, Breeding and Biotechnology*, Ed. CABI: 19-44.

-P-

- **Peña L., Cervera M., Fagoaga C., Romero J., Juárez J., Pina J. A. and Navarro L., 2007.** Citrus. In: Pua E. C. et Davey M. R. (eds.), *biotechnology in agriculture and forestry, Transgenic Crops V*, volume 60, Ed. Springer, Berlin, 35 - 50.
- **Pezzini C. and Köhler A., 2017.** Annotated keys to the species of Megaspilidae (Hymenoptera: Ceraphronoidea) of the Neotropical Region. *Entomo Brasiliis*, 10(1) :37-43.
- **Powel C. A., Burton M. S., Pelosi R. R., Rundell P. A., Ritenour M. A. and Bullock R. C., 2006.** Six-year evaluation of brown citrus and spirea aphid populations in a citrus grove and effects of insecticides on these populations. *Hort Science* ,41 (3) :688 - 690.
- **Powell W. and Pell J.K., 2007.** Biological control. In: van Emden H. F. et Harrington R. (eds). *Aphids as Crop Pests*, Ed. CABI : 469 -513.
- **Praloran J.C., 1971.** *Les agrumes*. Ed. G.-P. Maisonneuve et Larose, Paris, France, 565 p.

- **Pujade-Villar J., Paretas-Martínez J., Selfa J., Seco-Fernández M.V., Fülöp D. and Melika G., 2007.** *Phaenoglyphis villosa* (Hartig 1841) (Hymenoptera: Figitidae: Charipinae): a complex of species or a single but very variable species?. *Annales de la Société entomologique de France*, 43(2):169-179.

-R-

- **Rakhshani E., Stary P., Tomanovic Z. and Mifsud D., 2015.** Aphidiinae (Hymenoptera, Braconidae) aphid parasitoids of Malta: review and key to species. *Bulletin of the entomological society of Malta*, 7 :121-137.
- **Ramade F., 1984.** *Eléments d'écologie -Ecologie fondamentale*. Ed. Mc Graw-Hill, paris, France, 397 p.
- **Ramade F., 2003.** *Elément d'écologie-Ecologie fondamentale*. 3eme édition. Ed. Dunod , Paris, 690 p.
- **Rebour H., 1945.** *Les agrumes en Afrique de nord*. Union des syndicats des producteurs d'agrumes d'Algérie, 426p.
- **Rogers D.J. and Randolph S.E., 2006.** Climate change and vector-borne diseases. *Advances in parasitology*, 62: 345-381.

-S-

- **Saharaoui L., Benzara A. et Doumandji-Mitiche B., 2001.** Dynamique des populations de *Phyllocnistis citrella* Stainton (1856) et impact de son complexe parasitaire en Algérie. *Fruits*, 56(6): 403 - 413.
- **Saharaoui L., Hemptienne J. L. et Magro A., 2015.** Partage des ressources trophiques chez les coccinelles. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 140 (1): 5-23.
- **Sellami E. L., Delvare G .and Chermiti B., 2013.** Parasitoids and hyperparasites of citrus aphids in northern east of Tunisia (Cap Bon). *IOBC/WPRS Bulletin*, 95 :131-139.
- **Schimmenti E., Borsellino V. and Galati A., 2013.** Growth of citrus production among the Euro-Mediterranean countries: political implications and empirical findings. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(3) : 561 - 577.
- **Singh S. and Rajam M. V., 2009.** Citrus biotechnology: Achievements, limitations and future directions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 15(1): 3-22.
- **Smaili M. C., El Ghadraoui L., Gaboun F. Benkirane R. and Blenzar, A., 2014.** Impact of some alternative methods to chemical control in controlling aphids (Hemiptera:

- Sternorrhyncha) and their side effects on natural enemies on young Moroccan citrus groves. *Phytoparasitica*, 42(3) :421-436.
- **Spiegel-Roy P. and Goldschmidt E.E., 1996.** *Biology of citrus*. Ed. Cambridge U.P. New York, 230 p.
 - **Starý P., Rakhshani E., Havelka J., Tomanović Ž., Kavallieratos N. G. and Sharkey M., 2010.** Review and key to the world parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of Greenideinae aphids (Hemiptera: Aphididae), including notes on invasive pest species. *Annals of the Entomological Society of America*, 103(3) :307-321.
 - **Sullivan D. J., 1987.** Insect hyperparasitism. *Annual review of entomology*, 32(1): 49-70.
 - **Sullivan D. J. and Völkl W., 1999.** Hyperparasitism: multitrophic ecology and behavior. *Annual review of entomology*, 44(1): 291-315.
 - **Sullivan D. J., 2008.** Aphids (Hemiptera: Aphididae). In: Capinera J. L. (eds). *Encyclopedia of Entomology*, Ed. Springer (Dordrecht): 191-215.
 - **Stoetzel M.B., 1994.** Aphids (Homoptéra :Aphididea) of potential importance on Citrus in the United States with illustrated keys to species. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 96(1): 74-90.

-T-

- **Tadeo F.R., Cercós M., Colmenero-Flores J.M., Iglesias D.J., Naranjo M.A., Ríos G., Carrera E., Ruiz-Rivero O., Lliso I., Morillon R., Ollitrault P. and Talon M., 2008.** Molecular physiology of development and quality of citrus. *Advances in Botanical Research*, 47: 147-223
- **Tena A. and Garcia-Mari F., 2011.** Current situation of citrus pests and diseases in the mediterranean basin. *IOBC Bulltin*, 62 : 356-368.
- **Traugott M., Bell J. R., Broad G. R., Powell W., Van Veen F.J.F., Vollhardt I.M.G. and Symondson W.O.C., 2008.** Endoparasitism in cereal aphids: molecular analysis of a whole parasitoid community. *Molecular ecology*, 17(17): 3928-3938.
- **Turpeau-Ait Lghil E., Dedryver C.A., Hullé M.et Chaubet B., 2011.** *Les pucerons des grandes cultures (cycles biologique et activités de vol)*. Ed.Quae, 136p.
- **Turpeau E., Hullé M. and Chaubet B., 2018.** Encyclop'Aphid :l'encyclopédie des pucerons. Disponible sur le site :<https://www6.inrae.fr/encyclopedia-pucerons/>.(Consulté le 23 février 2020).

-U-

- **U.S.D.A., 2016.** National Agricultural Statistics Service.

-V-

- **Van Emden H. F. and Harrington R. 2017.** *Aphids as crop pests*. Ed. Cabi, 714p.
- **Vilcinskas A., 2016.** *Biology and ecology of aphids* .Ed. CRC Press, 282 p.
- **Villemant C., Haxaire J. et Streito JC., 2006.** Premier bilan de l'invasion de *Vespa velutina* Lepeletier en France (Hymenoptera, Vespidae). *Bulletin de la Société Entomologique de France* ,111(4): 535-538.
- **Vitanza S., 2018.** Hymenoptera-Aphelinidae-Chalcid Wasps Female (D).Texas A &M Agrilife extension education. Disponible sur le site <https://elp.tamu.edu/ipm/bugs/family-aphelinidae-chalcid-wasps/hymenoptera-aphelinidae-chalcid-wasps-female-d/> (consulté le 28/03/2020).
- **Völkl W. and Mackauer M., 1990.** Age-specific pattern of host discrimination by the aphid parasitoid *Ephedrus californicus* Baker (Hymenoptera: Aphidiidae). *The Canadian Entomologist*, 122(2): 349-361.

-W-

- **Wajnberg E. et Ris N., 2006.** *Parasitisme et lutte biologique*. Ed I.N.R.A, France, 289 p.
- **Wang Y., Ma L., Wang J., Ren X., and Zhu W., 2000 .** A study on optimum control to diseases insect pests of summer soybean. *Acta Ecologica Sinica*, 20(3): 502-509.
- **Winchester N.N., 1999.** Identification of potential monitored elements and sampling protocols for terrestrial arthropods. *Technical report*, (3) : 227-314.

-Y-

- **Yahiaoui D., Addante R., Djelouah K. and D'Onghia A. M. 2009.** Preliminary monitoring of Citrus tristeza virus (CTV) vectors in Apulia region. *Options Méditerranéennes, B*, 65 :173-175.
- **Yahiaoui D., Djelouah K., D'Onghia A. M. and Catara A., 2012.** Genetic diversity and epidemiological study of some Mediterranean CTV populations. *Acta horticulturae*, 940 : 681- 685.
- **Yoldaş Z., Günçan A. and Koçlut T., 2011.** Seasonal occurrence of aphids and their natural enemies in Satsuma mandarin orchards in Izmir, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*,35(1) :59-74.

Les sites web

[1]:<https://www6.inrae.fr/encyclopedie-pucerons/Especies/Pucerons> (consulté le 08/12/2019).

Résumés

Résumé

La diversité des pucerons des agrumes et leurs parasitoïdes primaires et secondaires (hyperparasitoïdes) a été évaluée au niveau de deux vergers d'oranger dans la wilaya de Guelma (le premier à la commune de Guelma et le deuxième dans le daïra d'Héliopolis) durant la période de décembre 2019 à la première semaine du mois de mars 2020. Pour cela deux techniques d'inventaire sont utilisées ; la première consiste à prélever les jeunes pousses infestées par des pucerons et la deuxième par l'utilisation des pièges jaunes à eau. Les résultats obtenus montrent que dans les deux vergers confondus, nous avons pu identifier 6 espèces de pucerons avec une abondance de l'espèce *Aphis spiraecola*. Les pièges jaunes à eau ont permis de capturer 8 espèces de parasitoïdes appartenant à 5 familles différentes dont 2 espèces sont des parasitoïdes primaires et les autres 6 espèces sont des hyperparasitoïdes. Une dominance remarquable de cette dernière catégorie de parasitoïde surtout avec l'espèce *Asaphes vulgaris*.

Mots clés : Agrume ; Pucerons ; Parasitoïdes ; Inventaire ; Guelma.

Abstract

The diversity of citrus aphids and their primary and secondary parasitoids (hyperparasitoids) was assessed at two orange orchards in Guelma wilaya (the first in the commune of Guelma and the second in the daïra of Héliopolis) during the period from December 2019 to the first week of March 2020. For this purpose two inventory techniques are used; the first consists in collecting young shoots infested with aphids and the second by the use of yellow water traps. The results obtained show that in the two orchards combined, we were able to identify 6 species of aphids with an abundance of the species *Aphis spiraecola*. The yellow water traps have captured 8 parasitoid species belonging to 5 different families, 2 of which are primary parasitoid species and the other 6 species are hyperparasitoids. A remarkable dominance of this last category of parasitoids, especially with the species *Asaphes vulgaris*.

Keywords: Citrus ; Aphids, Parasitoids ; Inventory ; Guelma.

ملخص

تم تقييم تنوع حشرات المن في الحمضيات وطفيلياتها الأولية والثانوية (hyperparasitoides) في بستانين برتقال في ولاية قالمة (الاول في بلدية قالمة و الثاني في دائرة هيليوبوليس) خلال الفترة الممتدة من ديسمبر 2019 إلى الأسبوع الأول من مارس 2020. ولهذا الغرض تم استخدام طريقتين للجرد ؛ تتمثل الأولى في جمع البراعم الصغيرة الموبوءة بحشرات المن والثانية باستخدام مصائد المياه الصفراء. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أنه في البستانين معاً ، تمكنا من تحديد 6 أنواع من حشرات المن مع وفرة من النوع *Aphis spiraeicola*. سمحت مصائد المياه الصفراء بالتقاط 8 أنواع من الطفيليات تنتمي إلى 5 عائلات مختلفة ، نوعان منها من الطفيليات الأولية والستة الأخرى من الطفيليات الثانوية؛ هيمنة ملحوظة لهذه الفئة الأخيرة من الطفيليات خاصة مع النوع *Asaphes vulgaris*.

الكلمات المفتاحية : حمضيات ؛ حشرات المن ؛ الطفيليات ؛ جرد ؛ قالمة.