

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة 8 ماي 1945 قالة  
Université 8 mai 1945 Guelma  
Faculté des sciences de la nature et de la vie et science 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 Agronomique

Spécialité / option : Phytopharmacie et protection de végétaux

Département : Ecologie et génie de l'environnement

---

### Contribution à l'étude des hyménoptères parasitoïdes des pucerons dans quelques vergers d'orangers à la région de Guelma

---

Présenté par :

Seyf Eddine TEBANI

Selma KADRI

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 Examineur

Juillet 2019

## Remerciements

Nous remercions le Dieu tout puissant de nous avoir éclairés tout au long de notre cursus et de nous avoir fait grâce de terminer ce projet.

Notre gratitude et nos sincères remerciements vont à Mme LAOUAR D'avoir bien voulu présider ce jury.

Nous tenons à remercier Mme OUCHTATI pour avoir exprimé leur entière disponibilité à participer à ce jury et examiner ce mémoire.

Nos vifs remerciements vont à l'encontre de notre encadreur Mr KHALADI pour sa confiance, son encouragement, et pour avoir accepté de diriger ce travail avec compétence, pour son aide, sa patience ainsi que pour sa bonté et ses conseils.

Nos sincères remerciements vont à tous les enseignants du Département de Biologie de l'Université de Guelma, aux responsables des laboratoires du Département et aux techniciennes des laboratoires.

Nous tenons à remercier tous ceux qui, de loin ou de près nous aidé dans la réalisation de ce modeste travail. Enfin, nous exprimons tout le bonheur à toute la promotion sortante (2018/2019) du département spécialement les étudiants de la 2<sup>e</sup> année Master Phytopharmacie et protection des végétaux.

# TABLE DES MATIÈRES

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures et des tableaux

Introduction	9
Chapitre1 : Généralité sur les agrumes	12
1. Classification botanique	12
2. Importance économique des agrumes	12
2.1. Dans le monde	12
2.2. En Algérie	14
3. Les contraintes	14
Chapitre 2 : Généralités sur les pucerons et leurs parasitoïdes	15
1. Les pucerons	15
1.1. Identification et morphologie	15
1.2. Cycle biologique des pucerons et le choix de la plantes hôte	16
1.3. Quelques espèces de pucerons ravageurs des agrumes	19
1.4. Dégâts	20
2. Interaction puceron - plante hôte	20
3. Lutte	22
3.1. Lutte biologique	23
3.1.1. Parasitoïdes	23
3.1.1.1 Hyménoptères parasitoïdes	24
3.1.2. Différents modes de vie possibles	25
3.1.3. Les différentes étapes du parasitisme	26
3.1.4. Parasitoïdes primaires	27
3.1.5. Hyper-parasitoïdes	28
Chapitre 3 : Matériel et Méthodes	29
1. Présentation de la région d'étude	29
1.1. Présentation des vergers d'étude	29
1.2. Caractéristiques climatiques de la région d'étude	33
1.2.1. La température	34
1.2.2. La pluviométrie	34
1.2.3. Synthèse climatique	35
2. Matériels et méthodes de travail	37
2.1. Matériels utilisé	37
2.1.1. Pièges jaunes à eau	37
2.2. Méthodologie d'étude sur terrain	38
2.2.1. Echantillonnage des pucerons	38
2.2.2. Capture des insectes par piégeage	38

2.3.	Méthode d'étude au laboratoire	39
2.3.1.	Examen des feuilles infestées par les pucerons	39
2.3.2.	Identification des parasitoïdes et des hyperparasitoïdes	40
2.4.	Identification des stades phénologiques des arbres	40
3.	Traitement des données et exploitation des résultats	43
3.1	Indices écologiques	43
3.1.1.	Abondance relative	43
3.1.2.	Constance	44
3.1.3.	Richesse spécifique (S)	45
3.1.4.	Indice H' de Shannon- Weaver	45
3.1.5.	Équitabilité de Piélou (J)	45
3.2	Analyse statistique	46
3.2.1.	Analyse de la variance	46
3.2.2.	Test <i>t</i> de Student modifié	46
	<b>Chapitre 4 : Résultats</b>	<b>47</b>
1.	Résultats de l'inventaire des pucerons dans les deux vergers	47
1.1.	Évolution temporelle des effectifs des pucerons	48
2.	Résultats de l'inventaire des hyménoptères parasitoïdes	49
2.1.	Vergers 1	49
2.1.1.	Parasitoïde émergés des momies	49
2.1.1.1	Disponibilité des parasitoïdes émergés des momies dans le verger 1	51
2.1.1.2	Relation parasitoïdes - aphides hôtes dans le verger 1	52
2.1.2.	Parasitoïdes capturés par pièges jaunes à eau dans le verger 1	53
2.1.3.	Évaluation de la diversité dans le verger 1	56
2.1.3.1	Richesse spécifique	56
2.1.3.2.	Indice de Shannon-Weaver et de l'équitabilité	56
2.2	Vergers 2	57
2.2.1.	Parasitoïde émergés des momies	57
2.2.1.1.	Relation parasitoïdes et aphides hôtes dans le verger 2	58
2.2.2.	Parasitoïdes capturés par pièges jaunes à eau dans le verger 2	58
2.2.3.	Évaluation de la diversité dans le verger 2	61
2.2.3.1.	Richesse spécifique	61
2.2.3.2.	Indice de Shannon-Weaver et de l'équitabilité	61
2.3	Comparaison entre la diversité des deux vergers	61
	<b>Discussions</b>	<b>62</b>
1.	Diversité des pucerons et des parasitoïdes	62
2.	Relation parasitoïdes-pucerons hôtes	63
	<b>Conclusion</b>	<b>65</b>
	<b>Références</b>	<b>67</b>

## Résumé

L'objectif de notre travail est l'inventaire des hyménoptères parasitoïdes des pucerons d'agrumes dans la région de Guelma. Pour cela, deux vergers d'orangers ont été choisis.

La collecte des momies des pucerons et les pièges jaunes installés entre décembre 2018 et mai 2019 ont montré la présence de 18 hyménoptères parasitoïdes appartenant à 5 familles différentes, dont 6 sont des parasitoïdes primaires : *Aphelinus flaviventris*, *Aphidius matricariae*, *Lysiphlebus testaceipes*, *Binodoxys angelicae*, *Binodoxys acalephae* et *Binodoxys sp* et 12 hyperparasitoïdes : *Pachyneuron aphidis*, *Pachyneuron sp*, *Asaphes vulgaris*, *A. suspensus*, *A. californicus*, *Coruna sp.*, *Alloxysta brevis*, *A. arcuata*, *A. mullensis*, *A. pallidicornis*, *Phaenoglyphis villosa* et *Dendrocerus aphidum*.

L'espèce *Lysiphlebus testaceipes* était la plus dominante parmi les parasitoïdes primaires tandis que *Pachyneuron aphidis* était l'hyperparasitoïde le plus dominant.

Nous avons également identifié 4 espèces de pucerons qui sont : *Aphis gossypii*, *A. spiraecola*, *A. fabae* et *Myzus persicae* avec un taux de parasitisme supérieur à 93% pour le puceron *Aphis gossypii*.

**Mots clés** : Inventaire, parasitoïde, pucerons, agrumes.

## Abstract

The objective of our work is the inventory of parasitoids hymenoptera of citrus aphids in the region of Guelma. For this, two orchards of orange trees were chosen.

The collection of aphid mummies and the installation of yellow traps during the period from December 2018 to May 2019 showed the presence of 18 parasitoids hymenoptera belonging to 5 different families, with 6 of them were a primary parasitoids: *Aphelinus flaviventris*, *Aphidius matricariae*, *Lysiphlebus testaceipes*, *Binodoxys angelicae*, *Binodoxys acalephae* and *Binodoxys* sp and 12 hyperparasitoids: *Pachyneuron aphidis*, *Pachyneuron* sp, *Asaphes vulgaris*, *A. suspensus*, *A. californicus*, *Coruna* sp., *Alloxysta brevis*, *A. arcuata*, *A. mullensis*, *A. pallidicornis*, *Phaenoglyphis villosa* and *Dendrocerus aphidum*.

The species *Lysiphlebus testaceipes* was the most dominant among the primary parasitoids while *Pachyneuron aphidis* is the most dominant hyperparasitoid.

We also identified 4 aphid species that are: *Aphis gossypii*, *A. spiraecola*, *A. fabae* and *Myzus persicae* with a parasitism rate that exceeds 93% for *Aphis gossypii*.

**Key words:** Inventory, parasitoids, aphids, citrus.

## ملخص

الهدف من عملنا هذا هو جرد أشباه الطفيليات ذات الأجنحة الغشائية لمن الحمضيات في منطقة قالمة. من أجل ذلك تم اختيار بستانيين من أشجار البرتقال.

كشفت مجموعة من موميوات المن وفخاخ الماء الصفراء التي تم وضعها خلال الفترة الممتدة من ديسمبر 2018 الى نهاية شهر ماي 2019 عن وجود 18 نوع من أشباه الطفيليات ذات الأجنحة الغشائية ينتمون إلى 5 عائلات مختلفة، 6 منها من أشباه الطفيليات الأولية: *Aphelinus flaviventris*, *Aphidius matricariae*, *Lysiphlebus testaceipes*, *Binodoxys angelicae*, *Binodoxys acalephae*, *Binodoxys sp.*,

و12 نوع منها تنتمي إلى أشباه الطفيليات المفرطة: *Pachyneuron aphidis*, *Pachyneuron sp.*, *Asaphes vulgaris*, *A. suspensus*, *A. californicus*, *Coruna sp.*, *Alloxysta brevis*, *Dendrocerus* و *A. arcuata*, *A. mullensis*, *A. pallidicornis*, *Phaenoglyphis villosa*, *aphidum*.

وقد كان النوع *Lysiphlebus testaceipes* الأكثر إنتشارًا بين أشباه الطفيليات الأولية في حين *Pachyneuron aphidis* هو شبه المتطفل المفرط الأكثر إنتشارًا.

وحددنا أيضا 4 أنواع من المن : *A. fabae*, *A. spiraecola*, *Aphis gossypii* و *Myzus persicae* بمعدل تطفل أكبر من 93 بالنسبة لـ: *A. gossypii*

**الكلمات المفتاحية :** جرد، أشباه الطفيليات، المن، الحمضيات

## LISTE DES FIGURES

Figure 1	Morphologie d'un puceron ailé	15
Figure 2	Cycle biologique complet d'un puceron	18
Figure 3	Mode de vie d'un parasitoïde	24
Figure 4	Pucerons momifiés	25
Figure 5	Hyménoptères parasitoïdes des pucerons	25
Figure 6	Position des vergers d'études dans la wilaya de Guelma	30
Figure 7	Présentation du verger (1) de l'Héliopolis	31
Figure 8	Présentation du verger 2 d'El Fedjoudj	32
Figure 9	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson relatif à la région d'étude	35
Figure 10	Localisation de la région d'étude dans le climagramme d'Emberger	36
Figure 11	Pièges jaunes utilisés pour la capture des hyménoptères dans les deux vergers d'études	37
Figure 12	Plan de disposition des pièges jaunes à eau dans les vergers d'étude	39
Figure 13	. Évolution temporelle des effectifs totaux des pucerons dans le premier verger (Héliopolis)	48
Figure 14	Évolution temporelle des effectifs totaux des pucerons dans le deuxième verger (El Fedjoudj)	48
Figure 15	Évolution temporelle des parasitoïdes des pucerons capturés par pièges	55
Figure 16	Évolution temporelle des parasitoïdes des pucerons capturés par pièges jaunes dans le verger 2jaunes dans le verger 1	60

## LISTE DES TABLEAUX

Tableaux 1	Production mondiale des agrumes dans les principaux pays producteurs	13
Tableaux 2	Productions des agrumes en Algérie en 2013	14
Tableaux 3	Quelques espèces de pucerons et leurs dégâts sur agrumes	19
Tableaux 4	Températures moyennes, minimales et maximales mensuelles de la région de Guelma durant la campagne juin 2018 - mai 2019	33
Tableaux 5	Précipitations mensuelles durant la campagne juin 2018-mai 2019 dans la région de Guelma	34
Tableaux 6	Stades phénologiques par sortie	40
Tableaux 7	Abondances relatives des différentes espèces de pucerons dans les deux vergers d'étude	47
Tableaux 8	Parasitoïdes primaires et hyperparasitoïdes émergés des momies du premier verger (Héliopolis)	49
Tableaux 9	Effectifs et abondances relatives des différentes espèces parasitoïdes émergés des momies du verger 1	50
Tableaux 10	Statut écologique des parasitoïdes émergés des momies du premier verger	51
Tableaux 11	Relation parasitoïdes-pucerons dans le verger 1	52
Tableaux 12	Liste des hyménoptères capturés par pièges jaunes dans le verger 1	53
Tableaux 13	Liste des espèces parasitoïdes des pucerons capturés par pièges jaunes dans le verger 1	54
Tableaux 14	Indice de Shannon-Weaver et d'équitabilité des parasitoïdes trouvés dans le verger 1	54
Tableaux 15	Parasitoïdes primaires et hyperparasitoïdes émergés des momies du deuxième verger (El Fedjoudj)	55
Tableaux 16	Effectifs et abondances relatives des différentes espèces parasitoïdes émergés des momies du verger 2	57
Tableaux 17	Relation parasitoïdes-pucerons dans le verger 2	58
Tableaux 18	Liste des hyménoptères capturés par pièges jaunes dans le verger 2	58
Tableaux 19	Liste des espèces parasitoïdes des pucerons capturés par pièges jaunes dans le verger 2	60
Tableaux 20	Indice de Shannon-Weaver et d'équitabilité des parasitoïdes trouvés dans le verger 2	61

## Introduction

Les agrumes présentent un intérêt vital pour un grand nombre de pays de par leur importance économique, notamment les revenus appréciables qu'elles génèrent d'une part et d'autre part les emplois qu'elles occupent et les produits d'exploitation et de transformation en divers dérivés (Benoufella-Kitous, 2005).

Ils sont cultivés dans plus de 100 pays à travers le monde (Peña *et al.*, 2007). Leurs principales zones de production, sont les régions subtropicales, le sud des États Unis, la région méditerranéenne, l'Afrique du Sud, l'Amérique centrale, l'Australie, la Chine et le Japon (Hill, 2008).

En 2010, la production d'agrumes dans le monde était estimée à 122,5 millions de tonnes, soit 8,7 millions d'acres cultivés, et les oranges représentaient 50 à 60% de la production totale et de la superficie totale récoltée (Revathi et Hemalatha, 2012) . Durant la campagne 2016/2017, la production mondiale a baissé jusqu'à 86,7 millions de tonnes, où la chine était le premier producteur dans le monde avec une part de 34% et un volume de 29,5 millions de tonnes, suivie par le Brésil puis l'Union Européenne (USDA, 2018).

En Algérie, les terres utilisées pour la culture des agrumes sont parmi les plus riches du pays. Les zones de l'ouest sont rassemblées dans des périmètres irrigués. Au centre un bon pourcentage est concentré hors des périmètres irrigués, alors que pour l'Est, une occupation appréciable dans les périmètres irrigués de Skikda, Annaba et Guelma (Bellabas, 2012). Ces vergers sont ciblés d'attaques de plusieurs ravageurs qui peuvent détruire complètement les arbres contaminés, s'ils ne sont pas contrôlés.

De tous les insectes ravageurs des agrumes, les pucerons constituent le groupe qui cause le plus des problèmes. De nombreuses espèces sont classées comme des ennemis très redoutables des cultures, des forêts et des plantes ornementales (Sullivan, 2008). Il y a environ 4000 espèces à travers le monde, dont environ 250 espèces sont inféodées aux cultures (Bhatia *et al.*, 2011). Lors de la prise alimentaire à partir de la sève des plantes, les pucerons injectent des toxines salivaires et des

virus phytopathogènes (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 sont surtout connus pour les pertes économiques qu'ils occasionnent aux cultures et aux essences ligneuses des vergers, conduisant à de sérieux impacts sur la production mondiale de nourriture. Une centaine d'espèces d'Aphididae coûtent des millions de dollars chaque année à l'agriculture avec des pertes variables selon les pays et les espèces de pucerons (Blackman et Eastop 2007).

En milieu cultivé, plusieurs méthodes de lutte sont possibles, en particulier, l'emploi des pesticides. En milieux naturels et forestiers, réputés pour leur fragilité et leur biodiversité, la lutte chimique n'est pas envisageable, notamment, par l'emploi des insecticides conventionnels. En plus de son coût élevé, cette méthode présente un danger potentiel pour l'environnement (Bhatia *et al.*, 2011). Certains pesticides polluent les eaux de surface et les eaux souterraines (Horrigan *et al.*, 2002). Par ailleurs, Sullivan (2008) a mentionné que les pesticides non sélectifs peuvent détruire les auxiliaires. Ces molécules chimiques sont également impliquées chez l'homme dans des cas de cancer, destruction du système immunitaire et la perturbation des sécrétions endocrinienne. Ces risques sont liés à la consommation des résidus des pesticides avec les aliments et l'eau ou à la respiration de l'air pollué (Horrigan *et al.*, 2002). En outre, l'utilisation massive des insecticides a conduit à l'apparition des souches résistantes de pucerons (Harmel *et al.*, 2008).

La lutte biologique est l'un des moyens de protection des cultures contre les phytophages qui, bien qu'ancienne, devient une alternative aux autres méthodes de protection. L'utilisation des parasitoïdes en lutte biologique offre plusieurs avantages : ils ont une bonne capacité de dispersion et de découverte de l'hôte, une bonne capacité à s'établir dans un habitat donné, leurs emplois ne nuisent pas à la santé du consommateur et de l'utilisateur, ils respectent l'environnement et ils ont une grande spécificité vis-à-vis de l'hôte (Boivin, 2001).

Les parasitoïdes des pucerons sont de petits hyménoptères de 4 à 5 mm de long appartenant aux familles des Aphelinidae et des Braconidae (Aphidiinae) (Sullivan,

2005). Avec plus de 600 espèces, la sous-famille des Aphidiinae regroupe le plus grand nombre d'espèces de parasitoïdes des pucerons (Mackauer et Stary, 1967).

C'est dans ce cadre que s'intègre l'objet de notre étude qui s'intéresse à l'étude du cortège de parasitoïdes des pucerons susceptibles d'être présents dans deux vergers d'orangers à la région de Guelma et de fournir des informations de base pour le contrôle des pucerons nuisibles à ce type de culture

Ce mémoire est scindé en 5 parties. Les deux premiers chapitres 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. Dans la cinquième partie, une discussion des résultats obtenus, suivie d'une conclusion et perspectives viennent clôturer le manuscrit.

# Chapitre 1

## Généralités sur les agrumes

### 1. Classification botanique

Selon Nicolosi (2007), la plupart des taxonomistes considèrent que le genre *Citrus* fait partie de l'ordre des Géraniales et de la famille des Rutaceae. 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* (Agustí et al., 2014).

L'oranger *Citrus sinensis* est l'espèce la plus importante tant par le nombre de variétés qu'elle renferme que par l'importance de ses produits. L'arbre est de taille et de vigueur moyenne, ses fruits sont de forme et de coloration variable suivant les variétés. En général, selon Blondel (1959) et Rebour (1966), le fruit est d'une forme globuleuse ou légèrement ovale parfois aplatie aux pôles, de couleur orange, sa pulpe est croquante, bien colorée, juteuse avec une faible acidité.

On trouve aussi dans le genre *Citrus*, le clémentinier : *Citrus clementina* (clément), ses fruits sont de couleur orange très foncée à rougeâtre, bombés du côté du pédoncule. La peau est lisse, brillante et la pulpe est juteuse, de couleur orange foncé, peu acide et d'excellente saveur (Boileau et Giordano, 1980).

### 2. Importance économique des agrumes

#### 2.1. Dans le monde

Selon les dernières statistiques, établies par les services du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, l'agrumiculture occupe une superficie de 733.543 ha, soit 9% de la surface agricole utile (MADR, 2016).

Les agrumes sont les fruits les plus produits dans le monde. Ils sont cultivés sur les cinq continents. Les principaux pays producteurs sont la Chine avec plus de 27 millions de tonnes, le Brésil avec 18,47 millions de tonnes et les États Unis avec plus de 11 millions de tonnes en 2012/2013 (Tableau 1) (FAO, 2016).

Pour la production des oranges, le Brésil est le premier producteur dans le monde avec plus de 16 millions de tonnes. Les États-Unis se classe en deuxième position avec plus 7,5 millions de tonnes suivie par la Chine et l'Inde avec 7 millions et 5 millions de tonnes respectivement en 2012/2013 (FAO, 2016).

**Tableau 1** : Production mondiale des agrumes dans les principaux pays producteurs (FAO, 2016).

Pays	Production 2012/2013 (× 1000 tons)
	<b>27770</b>
Chine	7400
Inde	18477
Brésil	7375
Mexique	<b>11069</b>
États-Unis	5530,5
Espagne	2007
Pakistan	4150,5
Egypte	3597,6
Italie	4570,7
Iran	2332
Argentine	3678
Turque	1500,5
Maroc	703
Viet Nam	1268
Thaïlande	2512
Afrique du Sud	265
Colombie	1087
Pérou	

## 2.2. En Algérie

En Algérie, l'arboriculture fruitière constitue un intérêt social, économique et alimentaire (Abd-Elhamid, 2009). Durant la campagne 2006/2007, la superficie réservée aux agrumes au niveau national est estimée à 62 606 ha (Biche, 2012). Les orangers, en particulier, les variétés précoces (Washington Navel et Thomson Navel), occupent 50 % de cette superficie (Kerboua, 2002). La superficie et la production de certaines espèces d'agrumes produites en Algérie sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 2** : Productions des agrumes en Algérie en 2013 (FAO, 2016).

<b>Agrumes</b>	<b>Production (Tonnes)</b>
Oranges	69000
Tangerines	111000
Citrons et limes	41000

Par ailleurs, l'Algérie, possède une collection composée de 158 variétés d'agrumes au niveau de la station de l'ITAF à Tessala El Merdja. Cette collection renferme un patrimoine génétique important, composé de 65 variétés d'orangers, 40 variétés de mandariniers, 11 variétés de tangerines, 24 variétés de citronniers/cédratiers, 13 variétés de pomelos/ pamplemoussiers et 5 variétés de limes et limettes (Kerboua, 2002).

## 3. Contraintes

Les agrumes sont soumis à divers stress abiotiques et biotiques, qui peuvent limiter leur production (Peña *et al.*, 2007). Dans le bassin méditerranéen, le manque d'eau est l'une des contraintes majeures qui entrave le développement de cette culture. En plus de la sécheresse, les agrumes supportent mal les sols salins et alcalins (Dambier *et al.*, 2011).

Par ailleurs, les agrumes sont exposés à plusieurs bio-agresseurs. Parmi ceux-ci, les maladies virales (tristeza), bactériennes (chancre citrique) et cryptogamiques (gommoses), occupent la première position (Bénaouf, 2005). Ils sont également affectés par de nombreux ravageurs (Peña *et al.*, 2007). Selon Lebbal (2017), les pucerons (Aphididae) sont parmi les groupes d'insectes ravageurs de cette culture.

## Chapitre 2

### Généralités sur les pucerons et leurs parasitoïdes

#### 1. Les pucerons

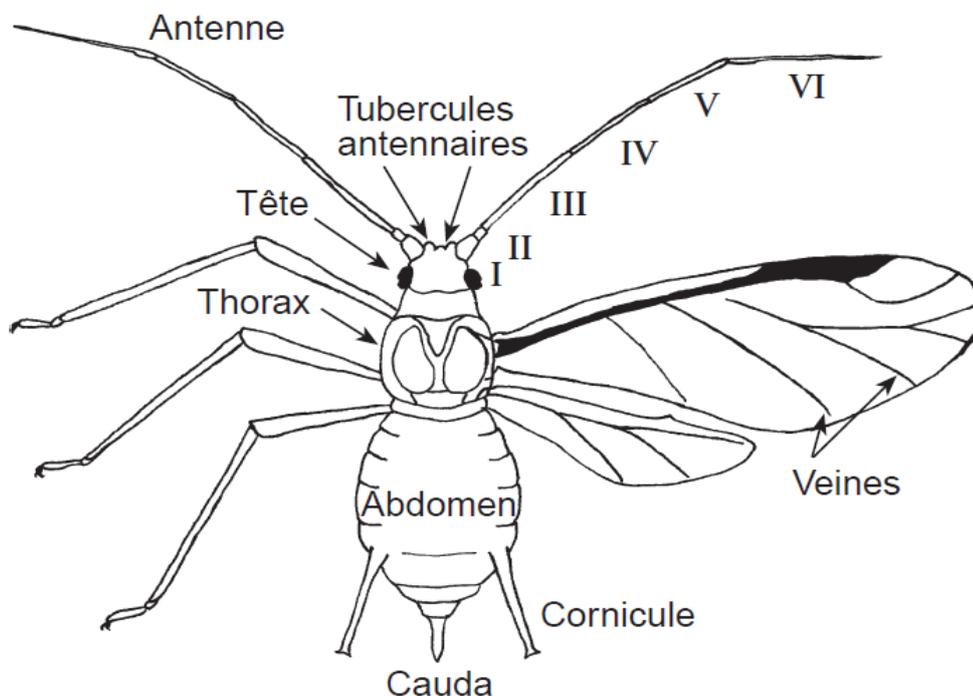
##### 1.1. Identification et morphologie

Les pucerons appartiennent à l'ordre des Hémiptères et au sous-ordre des Sternorrhynches. Près de 4 700 espèces de pucerons ont été décrites dans le monde, dont 900 se rencontrent en Europe.

Ils ont colonisé la plupart des plantes mais aussi les résineux, quelques fougères et mousses.

Ce sont de petits insectes de quelques millimètres seulement. Ils comportent quatre stades larvaires qui ressemblent à des adultes aptères en miniature, ont le même mode de vie et provoquent les mêmes dégâts.

L'identification des espèces repose essentiellement sur des critères morphologiques des adultes ailés (Figure 1) (Turpeau-Ait Ighil *et al.* 2011).



**Figure 1** : Morphologie d'un puceron ailé (Godin et Boivin, 2002)

Sur la tête sont insérées les antennes. Elles sont formées généralement de six articles dont le dernier comprend une partie basale renflée et une partie terminale plus fine souvent plus longue appelée le fouet. Les antennes sont insérées directement sur le front ou sur des protubérances, appelées tubercules frontaux. Certains articles antennaires possèdent des organes olfactifs : les rhinaries, dont le nombre et la forme sont un critère d'identification.

Le thorax comprend trois segments : le thorax, 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 d'identification (Turpeau-Ait Ighil *et al.* 2011).

L'abdomen comporte dix segments difficiles à différencier. Le cinquième ou le sixième porte une paire de cornicules qui sont des organes d'excrétion de phéromones d'alarmes que les pucerons émettent lorsqu'ils ressentent un danger. Leur longueur et leur forme sont très utiles pour séparer les espèces. Le dernier segment constitue la cauda. Sur l'abdomen, la pigmentation due aux stries, bandes, plaques, sclérites est également un critère d'identification (Turpeau-Ait Ighil *et al.* 2011).

## **1.2. Cycle biologique des pucerons et le choix de la plante hôte**

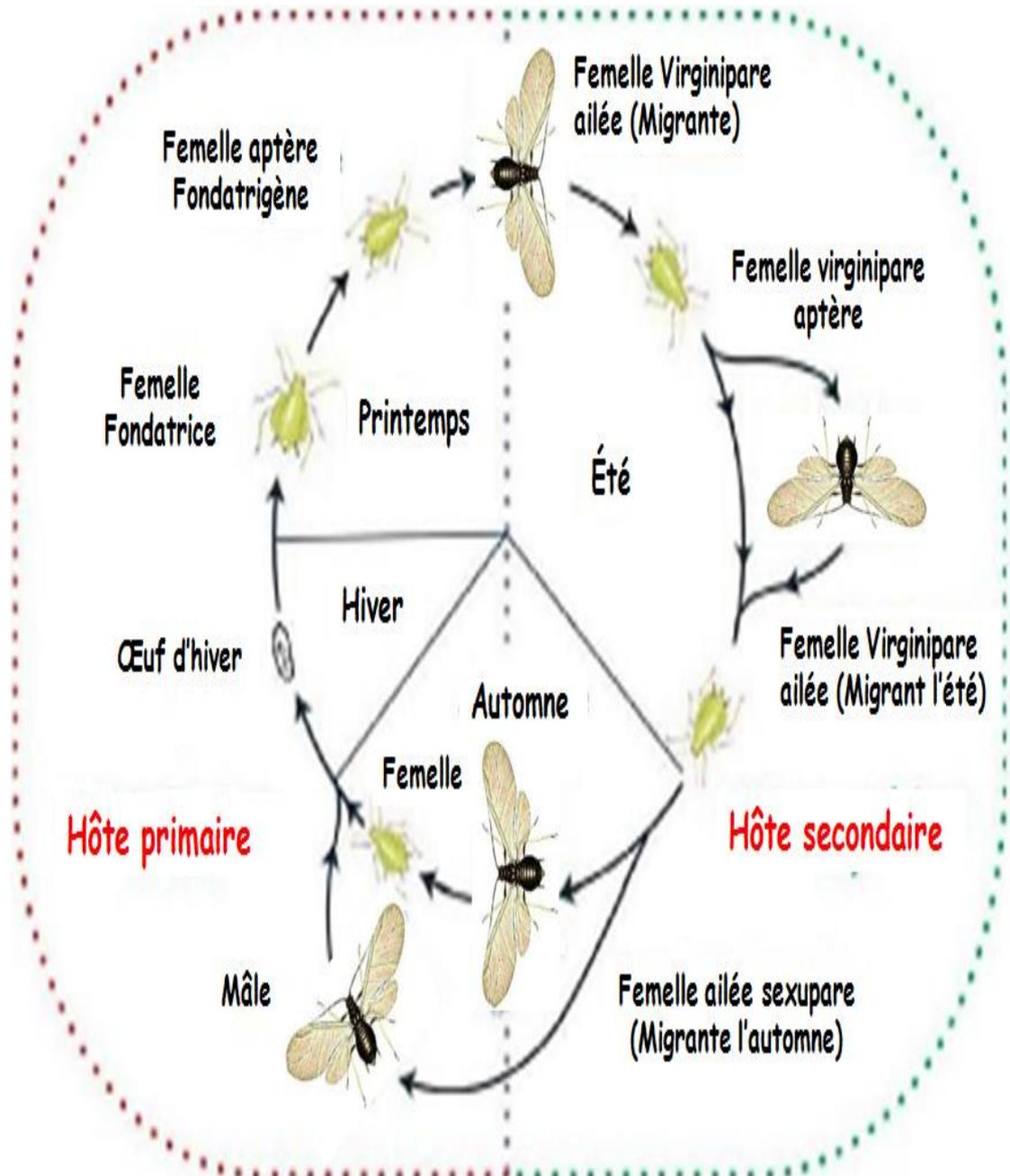
La plupart des espèces de pucerons présentent un cycle hétérogonique, c'est-à-dire qu'il est caractérisé par l'alternance des modes de reproduction selon les générations : une génération amphi-sexuelle comportant des mâles et des femelles fécondables alterne, en général, avec plusieurs générations qui ne comportent que des femelles parthénogénétiques qui se reproduisent sans fécondation en présentant le plus souvent une viviparité (Deguine et Leclant, 1997).

À l'automne, des mâles et femelles fécondables s'accouplent sur leur plante hôte. Les œufs produits et déposés sur ces mêmes plantes, y resteront tout l'hiver. Dans le courant de l'hiver ou au début du printemps, selon les espèces, les œufs éclosent généralement en même temps que le débourrement des bourgeons. Ils donnent naissance à une femelle parthénogénétique aptère, la fondatrice. Celle-ci est à l'origine d'une succession de générations composées de femelles

parthénogénétiques appelées fondatrigènes qui se développent au cours du printemps et jusqu'au début de l'été. Au sein de ces générations de fondatrigènes, la proportion d'ailées augmentera petit à petit. Au cours du printemps et au début de l'été, les fondatrigènes ailées quittent la plante sur laquelle elles se sont développées et vont s'alimenter sur d'autres végétaux de la même espèce ou d'espèce différente, sur lesquels elles engendrent plusieurs générations d'aptères et d'ailés parthénogénétiques, les virginogènes. Au début de l'automne suivant, apparaissent des femelles parthénogénétiques particulières, les sexupares. Dans le cas de certaines espèces restant sur les arbres, les sexupares donnent naissance à des mâles et des femelles ovipares qui s'accoupleront. Dans le cas des espèces s'étant développées l'été sur d'autres plantes que les arbres, les sexupares sont soit des gynopares ailées soit des andropares qui donneront naissance à des mâles ailés (Figure 2) (Turpeau-Ait Ighil *et al.* 2011).

Certaines espèces accomplissent la totalité de leur cycle sur les plantes de la même espèce ou d'espèce très voisines et apparentées sur le plan botanique. Ces espèces sont dites monoéciques. D'autres espèces nécessitent deux plantes hôtes de familles botaniques différentes pour accomplir tout leur cycle.

Un hôte primaire sur lequel a lieu la reproduction sexuée et le développement des colonies jusqu'au départ des fondatrigènes ailées et un ou des hôtes secondaires sur lesquels se développent les générations de virginogènes durant l'été. Ces espèces sont dites hétéroéciques ou diéciques. C'est le cas des pucerons des arbres fruitiers (Hullé *et al.*, 1998).



**Figure 2:** Cycle biologique complet d'un puceron (Hullé *et al*, 1998)

### 1.3. Quelques espèces de pucerons ravageurs des agrumes

D'après Barbagallo *et al* (2007), on trouve plusieurs espèces qui peuvent endommager les agrumes. Le tableau 3 présente les principales espèces rencontrées sur agrumes.

**Tableau3** : Quelques espèces de pucerons et leurs dégâts sur agrumes (Barbagallo *et al.*, 2007)

Pucerons	Dégâts
<i>Aphis spiraecola</i> (Patch, 1914)	Forte déformation des jeunes pousses de l'oranger, le clémentinier et le pomel mais négligeable sur le citronnier.
<i>Aphis gossypii</i> (Glover, 1877)	Infeste les jeunes pousses (sans déformation) de l'oranger, le clémentinier et le pomelo.
<i>Toxoptera aurantii</i> (Boyer de Fonscolombe, 1841)	Infeste les jeunes pousses de toutes les espèces.
<i>Toxoptera citricida</i> (Kirkaldy, 1907)	Infeste les jeunes pousses de toutes les espèces.
<i>Aulacorthum magnoliae</i> (Essig & Kuwana 1918)	Infeste les jeunes pousses
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas, 1878)	Sporadiquement sur les pousses tendres
<i>Aphis fabae</i> (Scopoli, 1763)	Sporadiquement sur les jeunes tendres
<i>Aphis craccivora</i> (Koch, 1854)	Sporadiquement sur les jeunes pousses

Selon Leclant (2000), il y a d'autres espèces de pucerons des agrumes dont *Aphis nerii* (Boyer de Fonscolombe, 1841), *Brachycaudus (Acudus) cardui* (Linnaeus, 1758), *Brachycaudus helichrysi* (Kaltenbach, 1843), *Myzus persicae* (Sulzer, 1776), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856).

#### **1.4. Dégâts**

Les pucerons sont des ravageurs potentiels des plantes (Eastop, 1977). Ils agissent à la fois sur la quantité et la qualité de la production végétale. Bien que pas très féconds (40-100 descendants / femelle en moyenne), les pucerons ont un potentiel de reproduction élevé en raison de leur longue période de parthénogenèse combinée à un temps de génération court (Dedryver *et al.*, 2010).

Les pucerons causent des dégâts directs par la prise de sève et la déformation de l'hôte et indirects par la transmission des virus et le dépôt de miellat sur feuilles (Cœur d'acier *et al.*, 2010). Les dégâts sont en fonction de la durée de présence et du nombre de pucerons sur la plante, et du degré de sensibilité des végétaux aux pucerons (Dedryver, 2010).

Les dommages indirects peuvent dépasser les dégâts directs (Dedryver *et al.*, 2010) ou inversement (Gibson et Plumb, 1977). Ils ingèrent la sève 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. Les fleurs attaquées, avortent et tombent. Les fortes attaques entravent même le bon développement de la plante, surtout lorsqu'elle est jeune (Praloran, 1971). Après l'exploitation des acides aminés de la sève, les pucerons, rejettent le sucre qui se trouve en excès, sous forme de gouttelettes, appelées miellat (Fraval, 2006). Ce miellat attire les fourmis et provoque la formation de fumagine. Cette dernière est une sorte de pellicule noire, qui non seulement empêche la photosynthèse mais déprécie énormément la qualité de la récolte (Roth, 1980).

Par ailleurs, les pucerons sont considérés comme des vecteurs potentiels des virus (Hill, 1997 ; Fraval, 2006). Près de la moitié des virus phytopathogènes, est transmise par les pucerons (275 virus sur environ 600) (Dedryver, 2010). A titre d'exemple, le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae*, peut transmettre à lui seul plus de 100 maladies virales (Gillott, 2005).

#### **2. Interaction puceron - plante hôte**

Les pucerons forment un groupe relativement homogène, présentant de nombreuses particularités biologiques et écologiques, notamment, dans leurs relations avec la plante-hôte (Herrbach, 1985a). D'une manière générale, la colonisation d'une plante par un puceron s'effectue en deux étapes. Le puceron doit d'abord localiser la plante

puis, il entre en contact avec elle, afin de décider de l'accepter ou de la refuser (Harmel *et al.*, 2008). La sélection de l'hôte est réalisée par des ailées. Ce choix est déterminé sur la base de plusieurs facteurs abiotiques, entre autres, la luminosité, la température, l'humidité relative, la pression atmosphérique et le vent. Des facteurs biotiques liés à la plante hôte, notamment, la couleur, l'odeur, la texture de la surface, sont également impliqués (Pollard, 1977).

Les insectes sont capables de détecter les ressources alimentaires sur des distances considérables (Schowalter, 2006). Il est maintenant évident que des signaux olfactifs jouent un rôle dans la sélection de la plante hôte avant leur atterrissage (Pickett *et al.*, 1992 cités par Hartlie et Anderson, 1999). La perception des signaux chimiques, qui indiquent la disponibilité des hôtes, est déterminée par leur concentration dans l'air, les facteurs environnementaux qui affectent leur dispersion et la sensibilité du puceron à ces substances chimiques (Schowalter, 2006). Chez le puceron noir de la fève *Aphis fabae* par exemple, certains composés émis par la plante non-hôte (salicylate de méthyle), sont répulsifs et empêchent cet aphide de s'installer (Hartlie et Anderson, 1999). Le comportement de sélection de l'hôte et d'alimentation se déroule en passant par les étapes suivantes : atterrissage des ailés - contact tactile - piqûre (s)d'épreuve - pénétration des stylets - ingestion de sève (Herrbach, 1985b). Lorsque le puceron se déplace sur la surface de la feuille, il se trouve en contact avec un grand nombre de stimuli, d'ordre visuel, tactile, olfactif et gustatif (Derridj et Wu, 1996). Après l'atterrissage sur une plante, les pucerons marchent sur la surface tout en testant avec leurs antennes et en explorant avec leurs pièces buccales. De cette façon, ils obtiennent des informations sur les propriétés physiques et chimiques de la surface. Cette investigation initiale, qui implique peu ou pas la pénétration du stylet, elle permet souvent au puceron de détecter l'adéquation d'une plante dans 60 secondes (Dixon, 1998). Une fois toutes les propriétés physico-chimiques de surface, sont perçues et analysées, les aphides insèrent leurs stylets dans les tissus de la plante qui progressent entre les cellules jusqu'au phloème (Harmel *et al.*, 2008).

Pour se défendre contre les différents bioagresseurs, les plantes utilisent un arsenal de mécanismes qui regroupent les composés organiques biogéniques volatils (Trowbridge et Stoy, 2013). La présence des trichomes glandulaires à la surface de l'épiderme est l'une des stratégies de résistance des plantes aux aphides (Harmel *et*

*al.*, 2008). Les défenses chimiques des plantes sont généralement classées comme : non azotée, azotée et élémentaire. Par ailleurs, la défense des plantes peut être assurée par l'accumulation de certains toxiques, tels que, les phénols, les terpénoïdes, les photo-oxydants, les analogues des phéromones d'insectes, les pyréthroïdes et les aflatoxines (Schowalter, 2006). Ainsi, certaines plantes produisent des phéromones d'alarme, qui provoquent le départ rapide des insectes attaquants (Gibson et Pickett, 1983 cités par Schowalter, 2006).

D'une façon générale, il existe trois catégories de résistance des plantes vis-à-vis des insectes, à savoir l'antixénose, l'antibiose et la tolérance. L'antixénose est une résistance à la colonisation par les pucerons. Après l'arrivée d'une proportion importante d'ailés immigrants, ces derniers quittent en quelques heures cette plante. Par contre, l'antibiose, affecte négativement la multiplication des pucerons qui ont colonisé la plante, par la réduction de leur survie, leur croissance et leur fécondité, et la prolongation du temps de développement. Dans le cas de la tolérance, il est remarqué que malgré que la plante ne s'oppose pas à l'installation des pucerons, sa croissance et sa production ne sont pas affectées (Van Emden *et al.*, 2007).

### **3. Lutte**

Plusieurs méthodes de lutte ont été appliquées contre ce groupe de ravageurs (les pucerons), Un aperçu sur les différentes techniques permet de constater qu'il n'y a pas de méthodes miracles pour éradiquer complètement les pucerons, car chaque méthode présente des avantages et des inconvénients (Hulle *et al.*, 1999). Les différentes approches sont souvent complémentaires.

Les aphides sont généralement très difficiles à combattre, en agriculture biologique comme en protection raisonnée (Devonshire et Moores, 1982).

La lutte chimique est le moyen le plus utilisé pour le contrôle des infestations des pucerons. En plus de son coût élevé, cette méthode présente un danger potentiel pour l'environnement (Bhatia *et al.*, 2011). Certains pesticides polluent les eaux de surface et les eaux souterraines (Horrigan *et al.*, 2002). Par ailleurs, Sullivan (2008) a mentionné que les pesticides non sélectifs peuvent détruire les auxiliaires. Par conséquent, les scientifiques ont commencé à chercher d'autres moyens pour lutter contre ces insectes.

Pour cette raison, il convient de développer des méthodes de lutte alternatives. Parmi celles-ci, figure l'exploitation de la résistance naturelle chez les plantes. En

outre, la lutte biologique, par l'utilisation d'insectes aphidiphages, tels que, les prédateurs et les parasitoïdes, est envisageable (Harmel *et al.*, 2008). D'après Powell et Pell (2007), des résultats très encourageants ont été obtenus après l'utilisation des Hyménoptères parasitoïdes et des prédateurs.

### **3.1. Lutte biologique**

Le concept de la lutte biologique sous sa forme « scientifique » contre les ravageurs est connu pratiquement depuis plus d'un siècle. Pendant cette période, des efforts considérables ont été réalisés pour développer cette méthode de la lutte contre les ravageurs (Hoffmann *et al.*, 1994). Il existe de nombreuses définitions de la lutte biologique mais nous en tiendrons à une définition générale telle que celle proposée par Bosch et Messenger en 1973, qui l'ont défini comme étant l'usage d'organismes vivants ou de leurs produits pour empêcher ou réduire les pertes ou les dommages causés par les organismes nuisibles.

Elle s'appuie sur une stratégie de défense écologique et durable pour corriger les lacunes des autres méthodes de lutte. Les organismes vivants utilisés, alors s'appelés auxiliaires, antagonistes ou agents de lutte, peuvent être des parasitoïdes, des prédateurs (insectes, acariens, nématodes), ou des pathogènes (virus, bactéries, champignons), ou des compétiteurs qui occupent la niche écologique plus vite que l'espèce nuisible à juguler, tout en maintenant un équilibre naturel (Maisonhaute, 2009).

#### **3.1.1. Parasitoïdes**

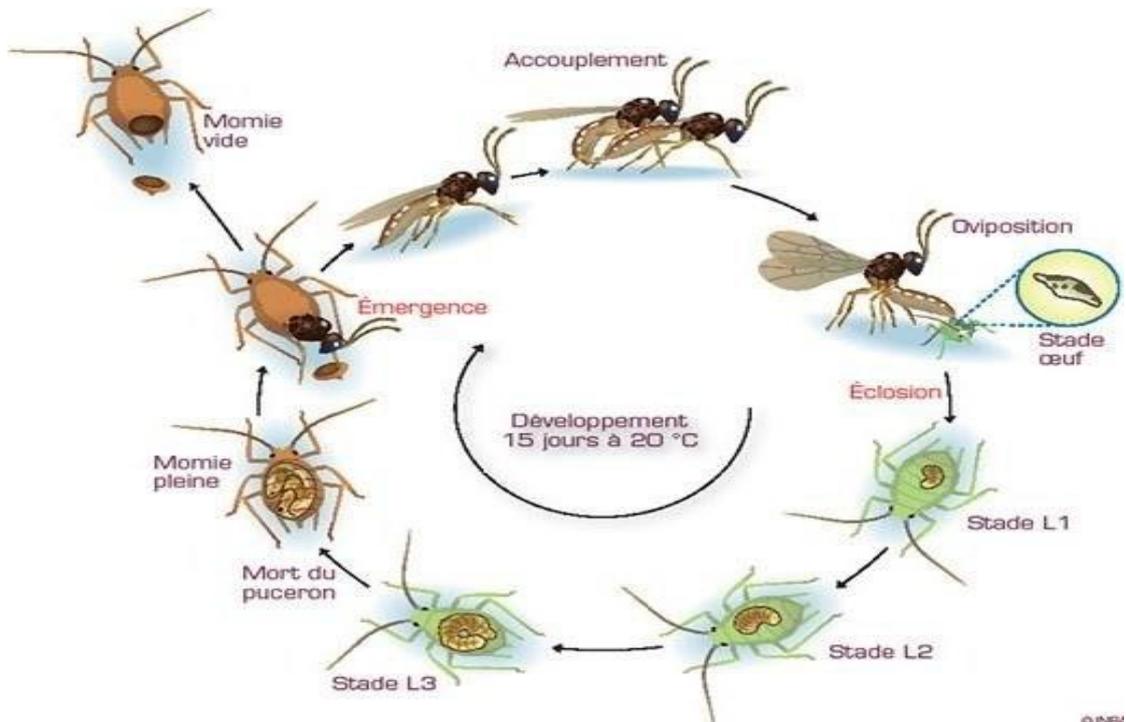
Les parasitoïdes représentent une classe d'auxiliaires qui se développent sur ou dans un autre organisme « hôte » dont ils tirent leur moyen de subsistance et le tuent comme résultat direct ou indirect de leur développement. Quand l'insecte parasitoïde émerge de sa nymphe en tant qu'adulte, il se nourrit habituellement sur le miellat, le nectar ou le pollen, bien que quelques adultes se nourrissent des fluides du corps des hôtes et que d'autres exigent de l'eau additionnelle (Altieri *et al.*, 2005). Les parasitoïdes sont plus petits de leurs proies et s'attaquent à un stade particulier de développement. Ils laissent souvent des traces de leur activité (par exemple, les momies des pucerons).

Selon Godfray (1994), ce mode représente 5 à 20% des espèces d'insectes, dont des hyménoptères (67000 espèces, environ 75% des parasitoïdes), des diptères (16000 espèces), des coléoptères (4000 espèces), des neuroptères (50 espèces), des lépidoptères (11 espèces) et des trichoptères (une espèce) (Boivin, 2001).

### 3.1.1.1. Hyménoptères parasitoïdes

C'est un ordre d'insecte immense : abeilles, bourdons, guêpes, fourmis, etc. 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 des pucerons les plus utilisés dans les programmes de lutte biologique sont des *Brachonidae* et des *Aphelinidae*. Ces Hyménoptères insèrent un œuf dans le corps de puceron. La larve se développe à l'intérieur, ce qui entraîne sa mort. La nymphose a lieu dans la momie du puceron, puis l'adulte s'en échappe en y forant un trou (Figure 3 et 4) (Reboulet, 1999 ; Powell et Pell, 2007).

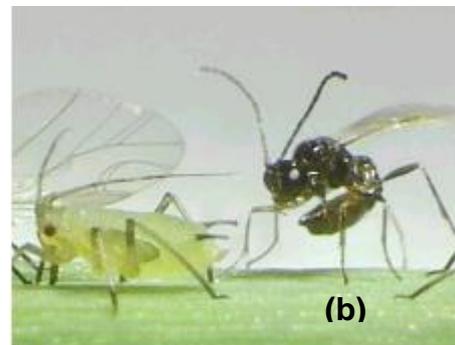


**Figure 3:** Mode de vie d'un parasitoïde (Goubault, 2003).



**Figure 4 :** Pucerons momifiés (Ronzon, 2006)

Une spécificité d'hôte élevée, une durée de génération courte, une bonne synchronisation avec son hôte et enfin une fertilité élevée leur confèrent une efficacité potentielle intéressante en lutte biologique (Freuler *et al.*, 2001). Les plus connus sont : *Aphelinus abdominalis* (Dalman, 1820), (Hymenoptera ; Aphelinidae), *Aphidius colemani* (Viereck, 1912 ) et *Aphidius ervi* (Haliday, 1834) (Hymenoptera ; Braconidae) (Figure 5).



**Figure 5 :** Hyménoptères parasitoïdes des pucerons (Ronzon, 2006)

a : *Aphelinus abdominalis* b : *Aphidius colemani*

### 3.1.2. Différents modes de vie possibles

Les parasitoïdes se sont adaptés à une très grande variété d'hôtes (Godfray, 1994) et peuvent avoir un spectre d'hôtes plus ou moins large. On distingue les parasitoïdes spécialistes, qui s'attaquent à un nombre restreint d'espèces d'hôtes (quelques espèces d'un même genre, voire une seule espèce), et des parasitoïdes

généralistes, qui s'attaquent à un plus grand nombre d'espèces de taxa variés. Les hôtes peuvent être parasités à tous les stades de leur développement. En effet, il existe des parasitoïdes d'œufs, de larves, de nymphes ou encore d'adultes, bien que ce dernier cas soit plus rare. Les parasitoïdes peuvent se développer à l'extérieur de l'hôte, on parle d'ectoparasitoïdes, ou à l'intérieur de l'hôte, on parle alors d'endoparasitoïdes. Ils peuvent également se développer de façon solitaire (un seul individu peut émerger par hôte) ou de façon grégaire (plusieurs individus peuvent émerger d'un même hôte). Certains parasitoïdes paralysent leur hôte, entraînant l'arrêt de son développement, il s'agit des parasitoïdes idiobiontes; alors que d'autres maintiennent leur hôte en vie pendant une grande partie de son développement et ne le tuent qu'ensuite, il s'agit des parasitoïdes koïnobiontes (Goubault, 2003).

### **3.1.3. Les différentes étapes du parasitisme**

#### **a. Étape pré-ovipositionnelle**

C'est au cours de ces étapes qu'une femelle parasitoïde adulte partira à la recherche d'hôte pour y déposer une descendance. Les mécanismes impliqués dans ces étapes pré-ovipositionnelles reposent sur les caractéristiques écologiques des niches occupées et les caractéristiques comportementales des deux partenaires. Ces mécanismes vont déterminer la capacité des femelles parasitoïdes à découvrir et à attaquer leurs hôtes et vont donc conditionner l'impact parasitaire sur la dynamique des populations hôtes (Wajnberg et Ris, 2007).

#### **b. Recherche de l'habitat de l'hôte**

Une femelle parasitoïde adulte récemment émergée ne se trouve généralement pas à proximité d'hôtes à attaquer. Elle doit, dans un premier temps, partir à la recherche d'habitats potentiellement colonisés par des hôtes. De nombreux travaux démontrent le rôle important joué par les caractéristiques visuelles, acoustiques et surtout olfactives de l'habitat des hôtes dans sa détection par les femelles parasitoïdes (Vinson, 1976). Certains hôtes sont attaqués non pas parce qu'ils sont préférés, mais simplement parce qu'ils vivent dans un habitat accessible et activement recherché par les femelles parasitoïde (Boulétreau et David, 1980).

#### **c. Choix du nombre de descendants par hôte**

Selon Schmidt et Smith (1986), on trouve des parasitoïdes solitaires et des parasitoïdes grégaires. Chez ce dernier type, les informations recueillies lors de

l'examen interne et externe des hôtes peuvent permettre aux femelles d'ajuster précisément le nombre de descendants qu'elles doivent déposer par hôte. Des hôtes plus gros pourront en effet permettre le développement d'un nombre plus élevé de descendants. Plusieurs travaux expérimentaux ont montré que les femelles parasitoïdes sont effectivement capables d'estimer la taille de leurs hôtes pour y pondre un nombre adéquat d'œufs.

#### **d. Étapes post-ovipositionnelles**

Une fois un hôte attaqué avec succès, l'œuf puis la larve du parasitoïde se retrouvent dans un environnement dont les caractéristiques sont particulières. En effet, l'hôte constitue avant tout un milieu de vie que le parasitoïde doit préserver jusqu'à la fin de son développement mais cet hôte représente également une ressource nutritionnelle qu'il doit exploiter et un milieu hostile qui dispose de mécanismes de défense contre lesquels il doit se protéger. Face à cette triple contrainte, les parasitoïdes ont développé différentes stratégies faisant intervenir soit des molécules injectées par la femelle au cours de l'oviposition, soit des adaptations particulières de l'œuf ou de la larve parasitoïde pour aboutir à un développement complet et réussi. La disponibilité et les modes d'action de ces différents mécanismes varient considérablement suivant l'origine phylogénétique et le mode de vie du parasitoïde (Wajnberg et Ris, 2007).

#### **3.1.4. Parasitoïdes primaires**

Parmi les Hyménoptères parasitoïdes primaires des pucerons, il existe ceux qui sont désignés par des endoparasitoïdes. Ces auxiliaires ne se développent que dans le corps de leurs hôtes et se nourrissent exclusivement de son contenu. Par contre l'ectoparasitoïdes, se nourrissent de l'hôte tout en restant à l'extérieur de sa cavité (Segoli *et al.*, 2010). Certains parasitoïdes se comportent comme des généralistes et dans ce cas, ils peuvent s'installer sur des hôtes très variés. Tandis que les parasitoïdes spécialistes, sont ceux qui ne peuvent vivre que sur un nombre très réduit d'hôtes (Stireman *et al.*, 2006).

D'après Takada (1968); Sary (1976) et Pike et Sary (1996), les Hyménoptères parasitoïdes primaires des pucerons peuvent être divisés en 2 groupes. Il y a ceux

qui sont spécifiques aux pucerons inféodés au milieu naturel et notamment les essences forestières. C'est le cas des parasitoïdes des genres *Pauesia* et *Monoctonia*. Le deuxième groupe, englobe des parasitoïdes qui ne sont pas spécifiques (généralistes) et qui peuvent se développer au dépens des aphides des plantes cultivées et spontanées. C'est le cas des parasitoïdes appartenant aux genres *Aphidius*, *Diaeretiella*, *Lysiphlebus* et *Praon*.

### **3.1.5. Hyper-parasitoïdes**

Les Hyménoptères désignés par des hyper-parasitoïdes, sont ceux attirés uniquement par des pucerons ayant déjà été parasités par un parasitoïde primaire. En absence des parasitoïdes primaires, certains hyper-parasitoïdes, désignés par facultatifs, se transforment en parasitoïdes primaires et s'installent même sur des pucerons non parasités (Sullivan, 1987 et 1999).

## **Chapitre 3**

### **Matériel et Méthodes**

Dans ce chapitre nous allons présenter la région expérimentale, les techniques d'échantillonnage et le matériel utilisé pour réaliser cette étude.

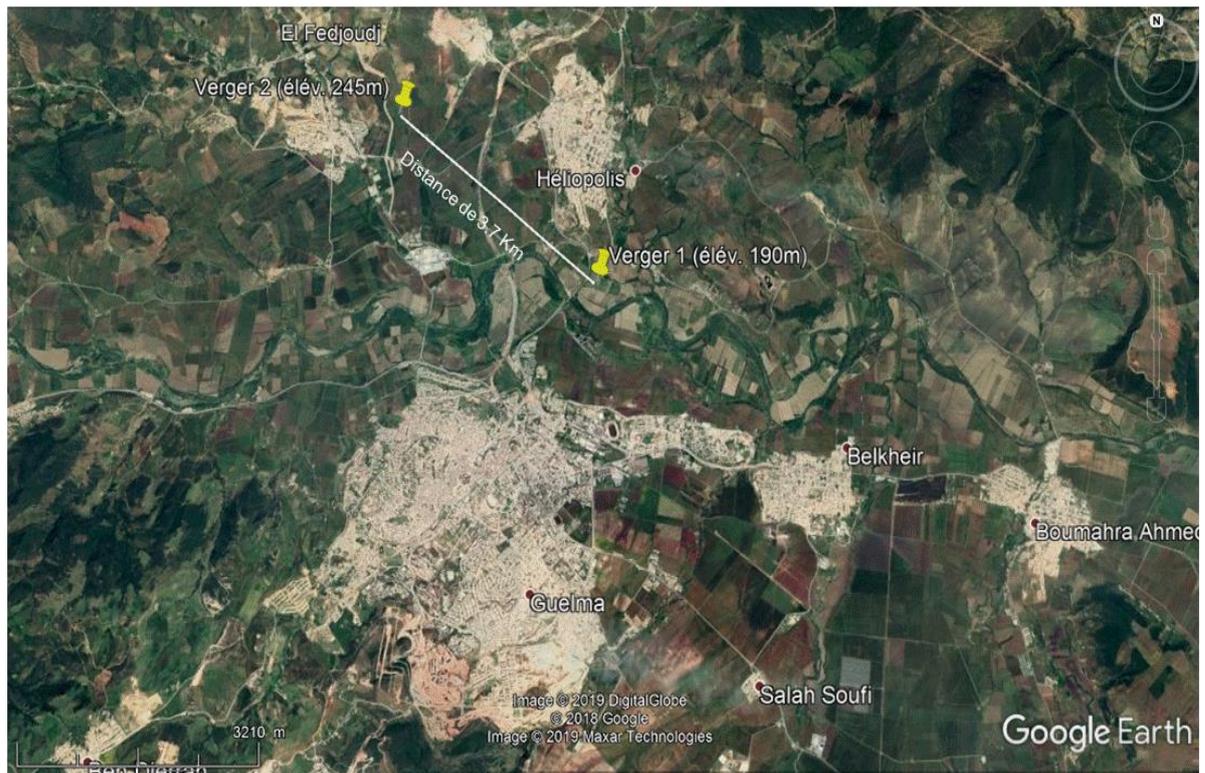
#### **1. Présentation de la région d'étude**

La Wilaya de Guelma se situe au nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire 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, et elle s'étend sur une superficie de 3.686,84 km<sup>2</sup>.

La géographie de la Wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau.

##### **1.1. Présentation des vergers d'étude**

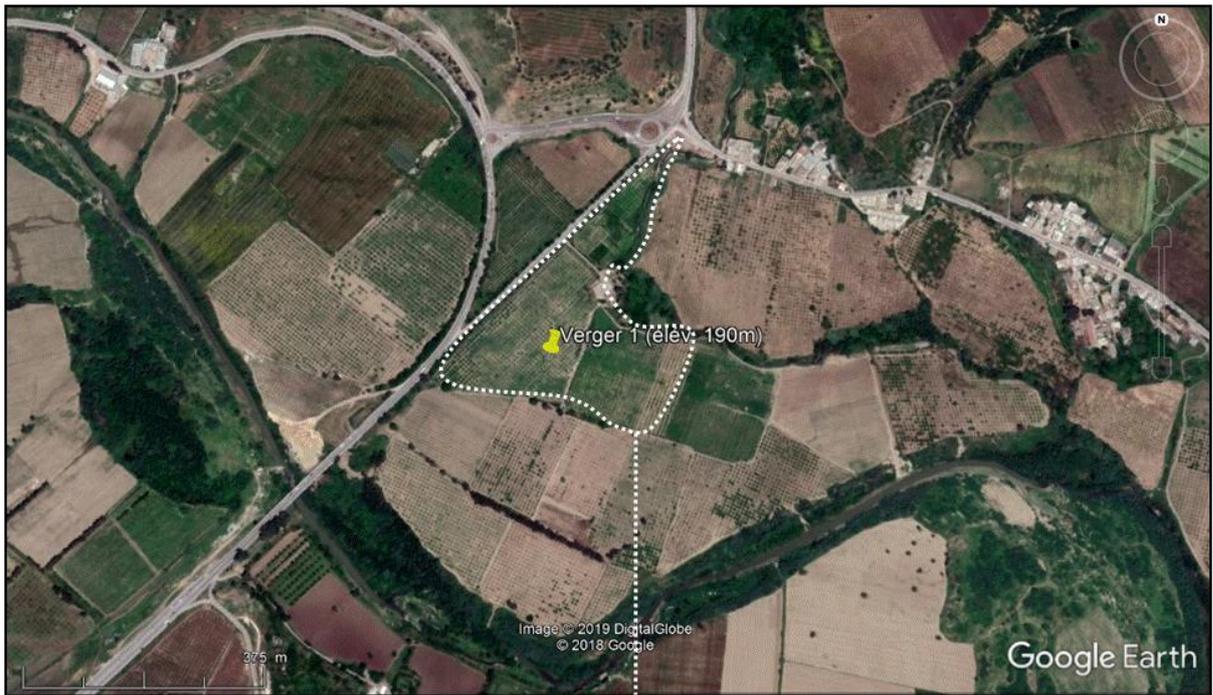
Lors de cette étude relative aux parasitoïdes des pucerons, les échantillons sont prélevés à partir de deux vergers d'agrumes (variété Thomson Navel), qui se situent dans la région de Guelma (Figure 6).



**Figure 6:** Position des vergers d'études dans la wilaya de Guelma (Photo satellite, 2019)

#### **a. Vergers 1**

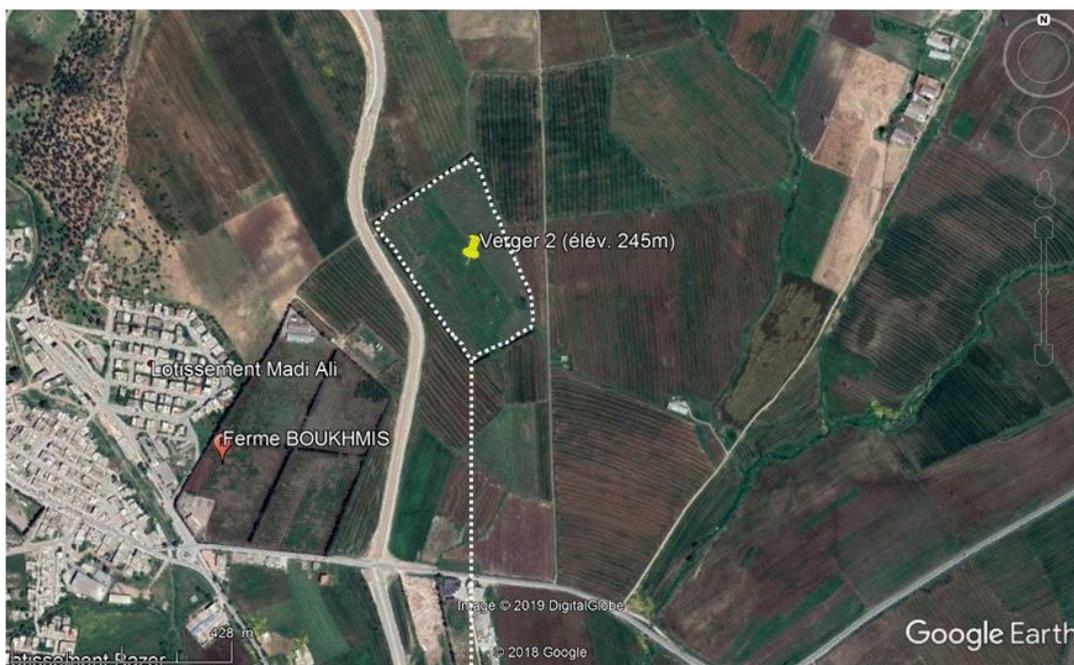
L'expérimentation a été menée dans un verger d'oranger qui se trouve à la rentrée de la Daïra de l'Héliopolis (Figure 7). Il s'agit d'un verger âgé de 17 ans, qui s'étend sur une superficie de 6 ha. Il est moyennement entretenu ; dont un traitement insecticide et acaricide ont été fait avec le produit MOSPILAN (20 SP) vers la fin décembre 2018 et un autre en mi-mai 2019 avec le même produit. En hiver, une taille de formation a été faite.



**Figure 7** : Présentation du verger (1) de l'Héliopolis (photo satellite et personnelle)

## b. Verger 2

Ce verger se situe dans la région d'El Fedjoudj à la ferme BOUKHMIS. Il s'agit d'un jeune verger de la variété Thomson âgé 17 ans (Figure 8). Il s'étend sur une superficie de 6 ha. Le verger est moyennement entretenu, dont un traitement insecticide et acaricide a été fait avec le produit MOSPILAN (20 SP) en mi-mai 2019 et avec le produit MECTIN (18 EC) vers la fin du même moi. En hiver, une taille de formation a été faite.



**Figure 8** : Présentation du verger 2 d'El Fedjoudj (photo satellite et personnelle)

## 1.2. Caractéristiques climatiques de la région d'étude

Les facteurs climatiques essentiellement la température, la pluviométrie, contribuent au développement de la végétation et influent la croissance et la durée de développement des ravageurs et leurs ennemis naturels (Aroun, 2015)

### 1.2.1. La température

La température conditionne l'existence et la répartition des insectes. Elle demeure l'élément le plus important à étudier. Les valeurs thermiques représentées par les températures moyennes minimales (m), maximales (M) et moyennes mensuelles  $[(M+m)/2]$  du juin 2018 au mai 2019 sont illustrées dans le tableau (4).

**Tableau 4:**Températures moyennes, minimales et maximales mensuelles de la région de Guelma durant la campagne juin 2018 - mai 2019 [1]

	2018							2019				
	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai
T. max moy (C°)	29,3	35,81	32,77	31,9	24,91	20	17,4	13,6	15,2	18,7	21,6	23,9
T. min moy (C°)	13,92	19,4	18,95	18,51	14,45	9	6,15	5,1	3,6	5,1	8	9,6
T. moy (C°)	21,61	27,6	25,86	25,2	19,68	14,5	11,77	9,35	9,4	11,9	14,8	16,75

### 1.2.2. La pluviométrie

La pluviométrie contribue en étroite collaboration avec la température au développement des cultures, à l'apparition de certaines maladies cryptogamiques et à la pullulation de ravageurs. La pluviométrie est un facteur climatique essentiel pour déterminer les mois secs et humides au cours de l'année (Aroun, 2015). Les relevés pluviométriques de la campagne d'étude sont présentés dans le tableau (5).

**Tableau 5:** Précipitations mensuelles durant la campagne juin 2018-mai 2019 dans la région de Guelma [2]

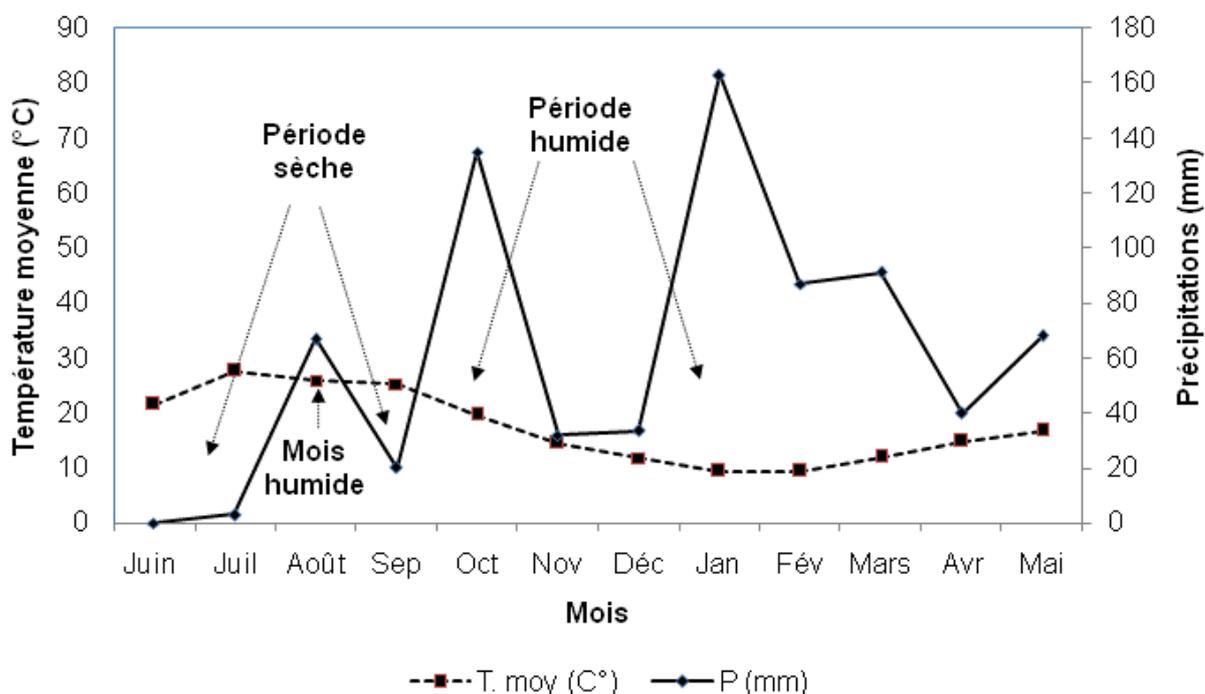
2018								2019				
Mois	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai
P (mm)	0	3	67	20	135	32	33,5	163	87	91	40	68

### 1.2.3. Synthèse climatique

A l'aide du diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et du climagramme pluviométrique d'Emberger, nous allons essayer de dégager certaines caractéristiques du climat de notre région d'étude, comme la période sèche et humide durant la campagne d'étude et l'étage bioclimatique.

#### a. Diagrammes Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).

Le mois sec est défini lorsque la somme des précipitations moyennes exprimées en millimètre (mm) sont inférieures au double de la température de ce mois ( $P/2T$ ) (Dajoz, 1985). Pour mettre en valeur cette définition, Bagnouls et Gaussen (1953) ont proposé un modèle de présentation graphique où on juxtapose les précipitations et les températures. Lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière, nous avons une période sèche. La figure (9) met en valeur cette définition.



**Figure 9 :** Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен relatif à la région d'étude (juin 2018 - Mai 2019).

Ce diagramme met en évidence que la période humide de cette campagne s'étend du fin septembre 2018 jusqu'au mois de mai 2019 avec des précipitations importantes durant le mois d'octobre et janvier (135 mm et 163 mm respectivement). Alors que les mois secs étaient le mois de juin, juillet et septembre.

### b. Étage bioclimatique (Climagramme d'Emberger)

L'indice d'Emberger permet la caractérisation des climats et leurs classifications dans l'étage bioclimatique méditerranéen. Le coefficient pluviométrique est calculé par la formule  $Q2 = 3.43 (P / (M - m))$  (Stewart, 1969), avec P étant la pluviométrie annuelle (mm), M est la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud, et m la moyenne des températures minimales du mois le plus froid

La température moyenne minimale du mois le plus froid, placée en abscisse et la valeur du coefficient pluviométrique Q2 placée en ordonnée, donnent la localisation de l'étage bioclimatique de notre région d'étude durant la campagne choisie. D'après le calcul du Q2, l'étage bioclimatique de notre région d'étude était sub-humide à hiver doux (Figure 10)

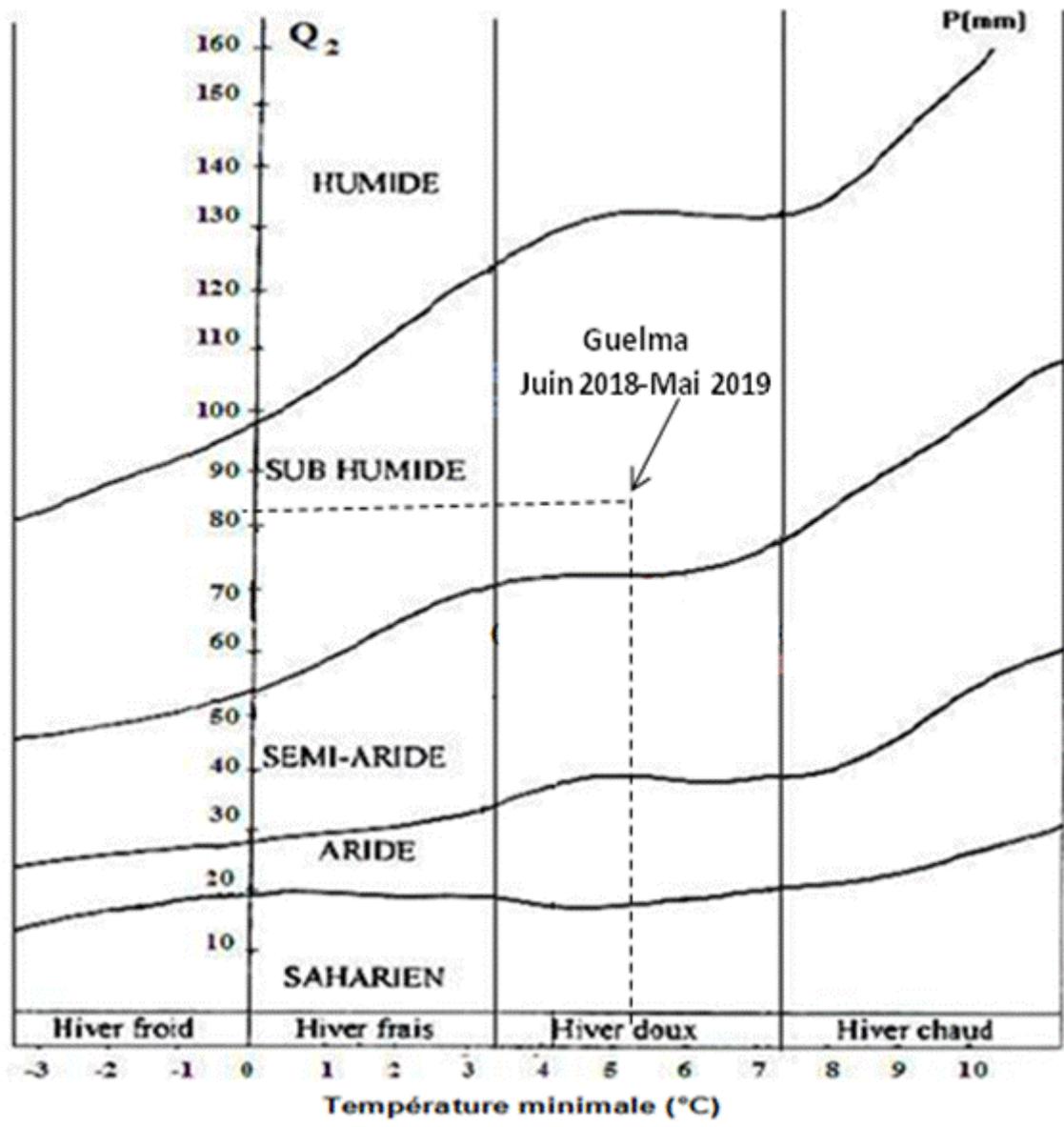


Figure 10 : Localisation de la région d'étude dans le climagramme d'Emberger (campagne juin 2018- mai 2019)

## 2. Matériels et méthodes de travail

### 2.1. Matériels utilisés

La réalisation de nos relevés d'échantillonnages sur terrain a été basée sur des captures d'insectes par l'utilisation des pièges à eau et des prélèvements des organes végétaux (jeunes feuilles).

#### 2.1.1. Pièges jaunes à eau

Ce sont des récipients en forme de bac, rempli d'eau additionnée de détergent (produit à vaisselle). Le plan d'eau et la couleur attirent ainsi beaucoup d'insectes y compris les hyménoptères parasitoïdes qui s'y noient (Figure 11). Le comptage régulier des captures renseigne sur la présence et l'évolution des populations d'insectes (Benkhelil, 1992)



**Figure 11:** Pièges jaunes utilisés pour la capture des hyménoptères dans les deux vergers d'études ((photo personnelle)

## **2.2. Méthodologie d'étude sur terrain**

Au niveau des 2 vergers d'études, notre échantillonnage a consisté en deux étapes essentielles et a débuté en décembre 2018 pour s'achever en mai 2019.

### **2.2.1. Echantillonnage des pucerons**

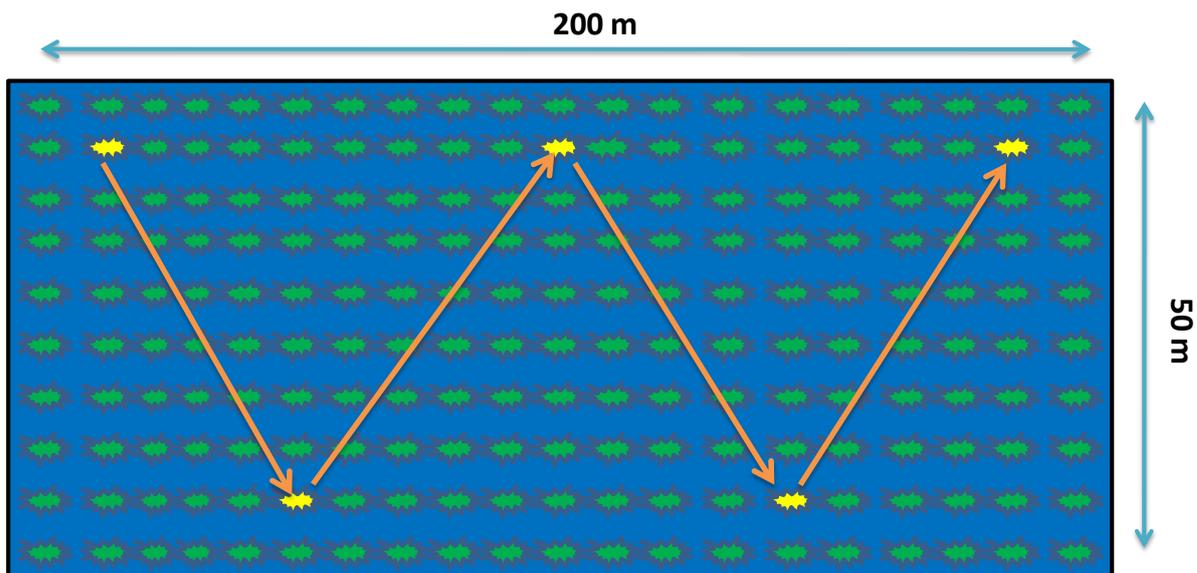
Tout au long de la période d'échantillonnage, nous avons délimité une surface d'un hectare dans chaque verger où nous avons choisi 10 arbres sur lesquels 5 rameaux avec leurs jeunes feuilles infestées de pucerons ont été prélevés. La surface délimitée a été changée d'une sortie à l'autre.

Les échantillons prélevés sont placés différemment dans des sachets en plastique, sur lesquels sont mentionnées la date et le site du verger.

### **2.2.2. Capture des insectes par piégeage**

Sur la même surface délimitée dans chaque sortie, nous avons installé 05 pièges jaunes à eau sur des arbres infestés par des pucerons. Ils sont placés dans les directions les plus ensoleillées de l'arbre (Est et Sud-est) tout en effectuant des déplacements sur des transects en zig zag (Figure 12).

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 contenant de l'alcool à 75% pour une conservation et une identification ultérieure.



**Figure 12** : Plan de disposition des pièges jaunes à eau dans les vergers d'étude.

### 2.3. Méthode d'étude au laboratoire

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

#### 2.3.1. Examen des feuilles infestées par les pucerons

Les rameaux avec leurs feuilles sont ramenés au laboratoire pour l'identification des pucerons vivants et la séparation des momies 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 de parasitoïdes primaires ou d'hyperparasites (température 25 °C).

L'identification des pucerons passe par l'observation de certains caractères morphologiques, tels que, la nervation des ailes, les tubercules frontaux, la longueur des antennes et de leur fouet, la forme et la couleur des cornicules et de la cauda et le nombre de soies sur cette dernière. Pour cela plusieurs guides ont été utilisés, comme celui de Taylor (1980), Blackman et Eastop (1992) et Leclant (2000) et aussi le site web de l'INRA de France [2].

### 2.3.2. Identification des parasitoïdes et des hyperparasitoïdes

Dans cette partie, nous avons deux types de collections, la première est celle des parasitoïdes et d'hyperparasitoïdes émergés des momies des pucerons, et la deuxième concerne les hyménoptères capturés par pièges jaunes.

Pour l'identification, nous avons utilisé plusieurs guides et clés d'identifications, par exemple pour les familles d'hyménoptères, nous avons utilisé un livre édité par Delvare et Aberlenc en 1989, et un autre livre édité par Goulet et Huber en 1993 et pour les genres et les espèces, nous avons utilisé plusieurs guides à savoir: Boucek et Rasplus (1991); Gibson et Vikberg (1998) ; Japoshvili et Abrantes (2006); Rakhshani *et al.* (2012) ; Ferrer-Suay *et al.* (2013) ; et aussi le guide de Kavallieratos *et al.* (2013).

### 2.4. Identification des stades phénologiques des arbres

Nous avons noté aussi les stades phénologiques de vergers d'étude tout au long de la période d'échantillonnage, en utilisant le guide BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt et Chemische industrie) établie par Agusti *et al* (1995). (Tableau 6)

**Tableau 6:** Stades phénologiques par sortie

Date	Photo	Stade principal	Code	Définition
12/12/2018		Maturation du fruit et de a graine	85	La maturation est avancée: intensification de la coloration spécifique à la variété
19/12/2018		Maturation du fruit et de a graine	85	

26/12/2018		Maturation du fruit et de a graine	89	Le fruit a atteint la maturité demandé pour la consommation avec son goût et sa consistance caractéristiques
07/01/2019		Sénescence, début de la dormance	97	Période de repos hivernal
11/01/2019		Sénescence, début de la dormance	97	Période de repos hivernal
09/02/2019		Développement des bourgeons	00	Dormance, les bourgeons des feuilles et des inflorescences sont indifférenciés, fermés et recouverts d'écailles vertes
23/02/2019		Développement des bourgeons	01	Début du gonflement des bourgeons.
09/03/2019		Développement des feuilles	01	Début du gonflement des bourgeons.
16/03/2019		Développement des feuilles	10	Les premières feuilles se séparent, les écailles vertes s'ouvrent légèrement et les feuilles sortent. Les premières feuilles sont visibles

25/03/2019		Développement des pousses et de l'inflorescence	31	
30/03/2019		Développement de l'inflorescence	56	
06/04/2019		Développement de l'inflorescence	59	
14/04/2019		La floraison	60	Les premières fleurs sont ouvertes
21/04/2019		Floraison	61	Début de la floraison: environ 10% des fleurs sont ouvertes
28/04/2019		Floraison	65	Pleine floraison environ 50% des fleurs sont ouvertes. Les premiers pétales sont tombés
05/05/2019		Développement du fruit	71	Nouaison du fruit : début du grossissement de l'ovaire ; début de la chute de jeunes fruits

12/05/2019		Développement du fruit	72	Le fruit vert est entouré par les sépales en forme d'une couronne
19/05/2019			72	Le fruit vert est entouré par les sépales en forme d'une couronne
27/05/2019		Développement du fruit	73	Quelques fruits jaunissent début de la chute physiologique des fruits, le fruit de couleur vert foncé.

### 3. Traitement des données et exploitation des résultats

#### 3.1. Indices écologiques

Les indices écologiques notamment l'abondance relative, la constance, la richesse spécifique, l'indice de Shannon et l'équitabilité ont été utilisées pour l'exploitation des résultats de la diversité des parasitoïdes trouvés.

##### 3.1.1. Abondance relative

C'est le pourcentage des individus de l'espèce ( $n_i$ ) par rapport au total des individus  $N$  de toutes espèces confondues (Dajoz, 1971). La formule est donnée comme suit :

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

Avec:

**ni** = Nombre des individus d'une espèce.

**N**= Nombre total des individus toutes espèces confondues. L'abondance relative renseigne sur l'importance de chaque espèce.

### 3.1.2. Constance

La constance est le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre total de relevés (Dajoz, 1985). La constance est calculée par la formule suivante:

$$C \% = P_i \times 100 / P$$

Avec:

**P<sub>i</sub>** = Nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

**P** = Nombre total de relevés effectués.

On considère qu'une espèce est:

- Accidentelle: si  $C\% < 25\%$ : dans ce cas l'espèce arrive par accident ou par hasard. Elle n'a aucun rôle dans le peuplement.
- Accessoire: si  $25\% \leq C\% \leq 50\%$ . Celle-ci n'appartient pas au peuplement mais sert à son fonctionnement.
- Régulière: si  $50\% \leq C\% \leq 75\%$ .
- Constante: si  $75\% \leq C\% \leq 100\%$ .
- Omniprésente: si  $C\% = 100\%$ .

Les espèces constantes et omniprésentes sont les plus dominantes, car elles ont plus de nourriture (Dajoz, 1985).

**3.1.3. Richesse spécifique (S)** ; est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré effectivement présent sur un site d'étude et d'un moment donné (Boulinier *et al.*, 1998) .

**3.1.4. Indice H' de Shannon- Weaver** ; cet indice renseigne sur la diversité des espèces d'un milieu étudié. Il varie de 0,5 à 4,5. Cet indice est indépendant de la taille de l'échantillon et tient compte de la distribution du nombre d'individus par espèce (Dajoz, 1975) . La formule utilisée de l'indice de Shannon est comme suite :

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

Où : **P<sub>i</sub>** représente le nombre d'individus de l'espèce **i** par rapport au nombre total d'individus recensés (**N**).

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

**3.1.5. Équitabilité de Piélou (J')** ; accompagne l'indice de Shannon, 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 max** avec **H max = ln S** ; c'est-à-dire **J' = H'/ln S** (Magurran, 2004) .

Cet indice se varie entre 0 et 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 tend vers 1 lorsque les individus considérés sont équitablement répartis dans le milieu d'étude.

## **3.2. Analyse statistique**

### **3.2.1. Analyse de la variance**

Afin de comparer entre le taux de parasitisme des pucerons trouvés, nous avons eu recours au test non paramétrique de Kruskal-Wallis réalisé à l'aide du logiciel Past version 3.10 (Hammer *et al.*, 2001)

### **3.2.2. Test *t* de Student modifié**

Nous avons appliqué ce test pour comparer les indices de Shannon des deux vergers d'étude à l'aide du logiciel Past version 3.10 (Hammer *et al.*, 2001)

## Chapitre 4

### Résultats

#### 1. Résultats de l'inventaire des pucerons dans les deux vergers

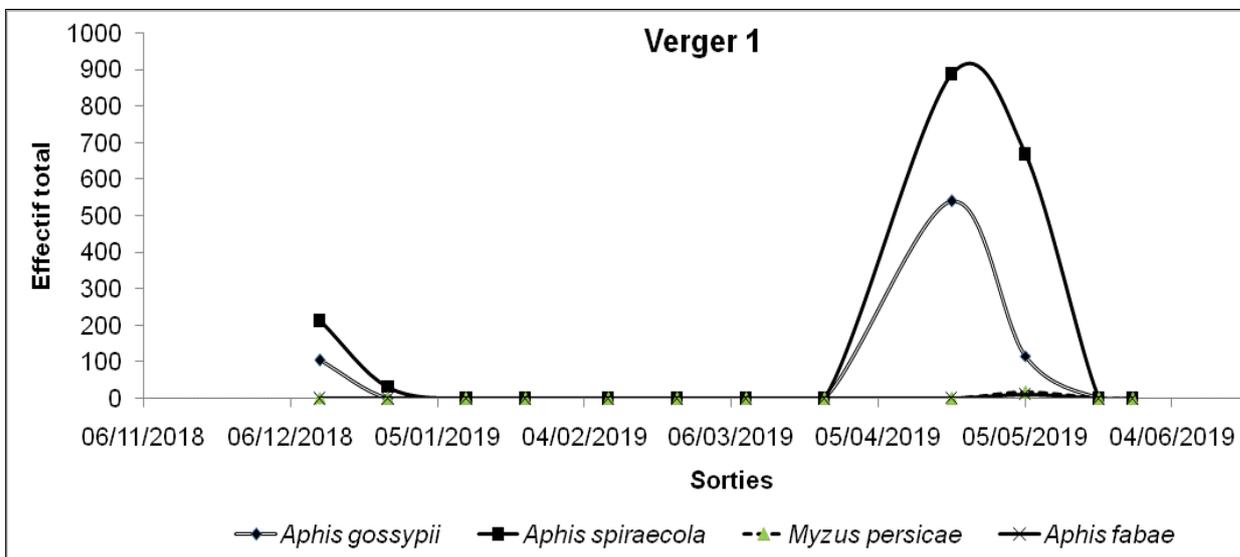
Tout au long de la période d'échantillonnage, nous avons pu identifier quatre espèces de pucerons dans les deux vergers. Il s'agit d'*Aphis gossypii* (Glover, 1877), *Aphis spiraecola* (Patch, 1914), *Aphis fabae* (Scopoli, 1763) et *Myzus persicae* (Sulzer, 1776). Leurs effectifs étaient différents d'une sortie à l'autre, le plus abondant a été *Aphis spiraecola* avec une abondance relative qui dépasse 69% au total dans le premier verger et plus de 95% dans le deuxième verger, suivi par *Aphis gossypii*, *Myzus persicae* puis *Aphis fabae* (Tableau 7).

**Tableau 7:** Abondances relatives des différentes espèces de pucerons dans les deux vergers d'étude

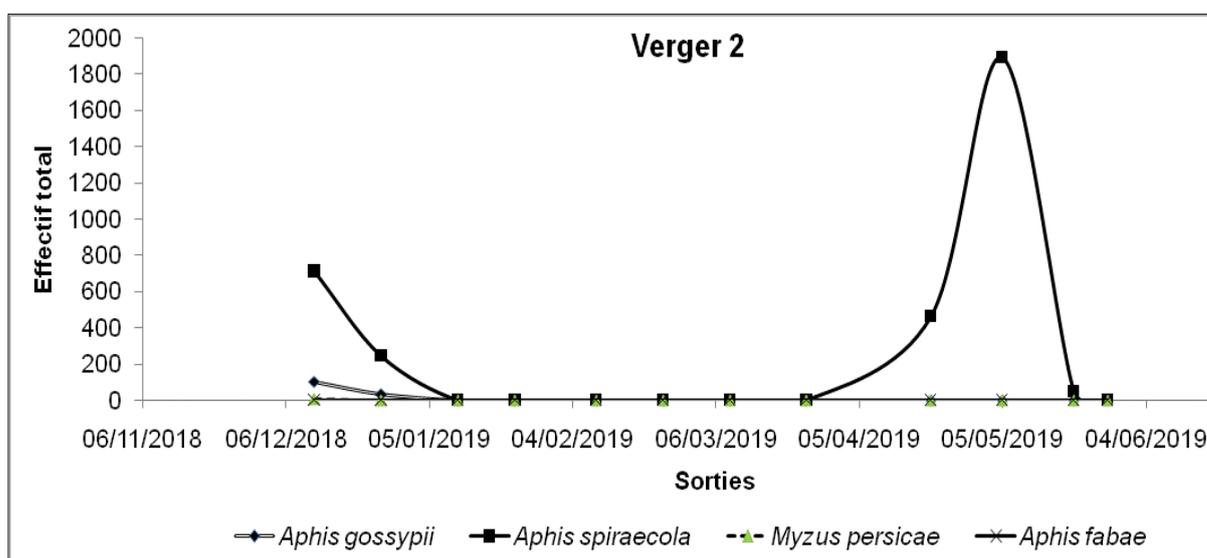
	Abondance relative (%) <b>verger 1</b>	Abondance relative (%) <b>verger 2</b>
<i>Aphis gossypii</i>	29.36	4.06
<i>Aphis spiraecola</i>	69.44	95.65
<i>Myzuspersicae</i>	0.69	0.20
<i>Aphis fabae</i>	0.50	0.09

### 1.1. Évolution temporelle des effectifs des pucerons

Les effectifs totaux qui ont été évalué durant les six mois d'expérimentation sont présentés dans les figures (13 et 14).



**Figure 13:** Évolution temporelle des effectifs totaux des pucerons dans le premier verger (Héliopolis)



**Figure 14 :** Évolution temporelle des effectifs totaux des pucerons dans le deuxième verger (El Fedjoudj)

D'après ces deux figures, nous remarquons que l'activité la plus importante a été enregistré durant la période printanière où le nombre d'*Aphis spiraecola* a dépassé les 800 individus dans l'échantillon du mois d'avril du verger 1 alors que dans le deuxième verger, la même espèce atteignant les 1 892 individus au début du moi de mai. Une autre activité moins importante a été remarquée avant cette période durant le mois de décembre avant la cueillette. L'espèce *Myzus persicae* et *Aphis fabae* étaient presque absentes, dans les deux vergers, où nous avons trouvé 18 et 7 individus au total de *M. persicae* dans le verger 1 et 2 respectivement, alors que *A. fabae*, 13 et 3 individus ont été compté dans le verger 1 et 2 respectivement.

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

### 2.1. Verger 1

#### 2.1.1. Parasitoïde émergés des momies

Dans cette partie et après la collecte des momies des pucerons parasités et les mettre dans une température de 25°C, nous avons remarqué l'émergence de certains parasitoïdes. Les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant :

**Tableau 8** : Parasitoïdes primaires et hyperparasitoïdes émergés des momies du premier verger (Héliopolis)

Famille	Genre	Espèce	Catégorie
Braconidae	<i>Lysiphlebus</i>	<i>L. testaceipes</i> (Cresson, 1880)	Parasitoïdes primaires
		<i>B. angelicae</i> (Haliday, 1833)	
	<i>Binodoxys</i>	<i>Binodoxys</i> sp.	
Pteromalidae	<i>Pachyneuron</i>	<i>P. aphidis</i> (Bouché, 1834)	Hyperparasitoïdes
		<i>Pachyneuron</i> sp.	
	<i>Asaphes</i>	<i>A. vulgaris</i> (Walker, 1834)	
<i>A. suspensus</i> (Nees, 1834)			
<i>A. californicus</i> (Girault, 1917)			
Figitidae	<i>Alloxysta</i>	<i>A. brevis</i> (Thomson, 1862)	
		<i>A. arcuata</i> (Kieffer, 1902)	
	<i>Phaenoglyphis</i>	<i>P. villosa</i> (Hartig, 1841)	
Megaspilidae	<i>Dendrocerus</i>	<i>D. aphidum</i> (Rondani, 1877)	

D'après le tableau 8, nous remarquons que la majorité des espèces émergées sont des hyperparasitoïdes avec 09 espèces différentes, alors que les parasitoïdes primaires sont représentés que par trois espèces.

Les effectifs détaillés de ces espèces sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 9:** Effectifs et abondances relatives des différentes espèces parasitoïdes émergés des momies du verger 1

	<b>Effectif total verger 1</b>	<b>Abondance relative (%)</b>
<i>L. testaceipes</i>	117	31.12
<i>B. angelicae</i>	2	0.53
<i>Binodoxys</i> sp.	1	0.27
<i>P. aphidis</i>	126	33.51
<i>Pachyneuron</i> sp.	7	1.86
<i>A. vulgaris</i>	89	23.67
<i>A. suspensus</i>	3	0.80
<i>A. californicus</i>	5	1.33
<i>A. brevis</i>	2	0.53
<i>A. arcuata</i>	1	0.27
<i>P. villosa</i>	22	5.85
<i>D. aphidum</i>	1	0.27
<b>Total</b>	<b>376</b>	<b>100</b>

D'après le tableau 9, nous constatons que l'hyperparasitoïde *Pachyneuron aphidis* est le plus abondant avec une part de 33.51% du nombre total émergé, suivi par le parasitoïde primaire *Lysiphlebus testaceipes* avec 31.12% puis l'hyperparasitoïde *Asaphes vulgaris* et *Phaenoglyphis villosa*. Donc 68.09% des momies ont été hyperparasités contre 31.91% de parasitoïdes primaires.

### 2.1.1.1. Disponibilité des parasitoïdes émergés des momies dans le verger 1

Le statut écologique des différents parasitoïdes émergés a été évalué en fonction des relevés qui ont présenté des pucerons momifiés. Il s'agit de deux sorties en décembre 2018, une sortie dans le mois d'avril 2019 et deux sorties dans le mois de mai 2019. Les résultats de ce test sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 10:** Statut écologique des parasitoïdes émergés des momies du premier verger

	12/12/2018	26/12/2018	20/04/2019	05/05/2019	19/05/2019	C%	Statut écologique
<i>L. testaceipes</i>	1	1	1	1	1	100	Omniprésente
<i>B. angelicae</i>	1	0	0	1	0	40	Accessoire
<i>Binodoxysp.</i>	0	1	0	0	0	20	Accidentelle
<i>P. aphidis</i>	1	1	1	1	1	100	Omniprésente
<i>Pachyneuronsp.</i>	0	1	1	0	0	40	Accessoire
<i>A. vulgaris</i>	0	1	1	1	1	80	Constante
<i>A. suspensus</i>	0	0	0	1	1	40	Accessoire
<i>A. californicus</i>	0	0	0	1	0	20	Accidentelle
<i>A. brevis</i>	0	1	0	0	0	20	Accidentelle
<i>A. arcuata</i>	0	0	1	0	0	20	Accidentelle
<i>P. villosa</i>	0	1	1	1	1	80	Constante
<i>D. aphidum</i>	0	0	0	1	0	20	Accidentelle

0 : absence de l'espèce ; 1 : présence de l'espèce

D'après le tableau 10, nous remarquons que le statut écologique varié d'une espèce à l'autre. On trouve des espèces omniprésentes comme le parasitoïde primaire *Lysiphlebus testaceipes* et l'hyperparasitoïde *Pachyneuron aphidis*. Les espèces *Phaenoglyphis villosa* et *Asaphes vulgaris* ont présenté un statut constant, alors que les autres espèces sont des parasitoïdes accessoires ou accidentelles dans le verger d'étude.

### 2.1.1.2. Relation parasitoïdes - aphides hôtes dans le verger 1

Après l'émergence des adultes parasitoïdes, les pucerons momifiés ont été identifiés jusqu'à l'espèce, afin de connaître l'hôte parasité et le pourcentage du choix entre les pucerons trouvés. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 11:** Relation parasitoïdes-pucerons dans le verger 1

Parasitoïde	Effectif total	Puceron hôte
<i>L. testaceipes</i>	111	<i>Aphis gossypii</i>
	6	<i>Aphis spiraecola</i>
<i>B. angelicae</i>	2	<i>Aphis gossypii</i>
<i>Binodoxys</i> sp.	1	<i>Aphis gossypii</i>
<i>P. aphidis</i>	124	<i>Aphis gossypii</i>
	2	<i>Aphis spiraecola</i>
<i>Pachyneuron</i> sp.	6	<i>Aphis gossypii</i>
	1	<i>Aphis fabae</i>
<i>A. vulgaris</i>	82	<i>Aphis gossypii</i>
	7	<i>Aphis fabae</i>
<i>A. suspensus</i>	1	<i>Aphis gossypii</i>
	2	<i>Aphis fabae</i>
<i>A. californicus</i>	5	<i>Aphis spiraecola</i>
<i>A. brevis</i>	2	<i>Aphis gossypii</i>
<i>A. arcuata</i>	1	<i>Aphis fabae</i>
<i>P. villosa</i>	22	<i>Aphis gossypii</i>
<i>D. aphidum</i>	1	<i>Aphis fabae</i>

D'après le tableau 11; nous constatons que les espèces omniprésentes ont deux pucerons hôtes qui sont *Aphis gossypii* et *Aphis spiraecola*. Alors que l'espèce constante *P. villosa*, tous ses individus sont émergés d'*A.gossypii*. La même remarque pour les individus d'*A. vulgaris* qui sont émergés aussi de 82 *Aphis gossypii* et 07 *A. fabae*.

D'une manière générale, les parasitoïdes trouvés ont présenté une préférence de 93.15% pour parasiter *A. gossypii*, alors que 3.56% et 3.29% seulement pour *A. spiraecola* et *A. fabae* respectivement. Cette différence a été confirmée par le test non paramétrique de Kruskal-Wallis où la probabilité  $p = 0.026 < 0.05$  et la valeur du test  $H = 7.314$ .

### 2.1.2. Parasitoïdes capturés par pièges jaunes à eau dans le verger 1

Les pièges installés dans ce verger tout au long de la période d'échantillonnage ont capturés plusieurs hyménoptères parasitoïdes des pucerons.

Dans cette partie, on va présenter toutes les familles capturées y compris les familles des parasitoïdes des pucerons. Les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant :

**Tableau 12:** Liste des hyménoptères capturés par pièges jaunes dans le verger 1

Famille	Sous famille	Genre	Espèce
Aphelinidae	Aphelininae	<i>Aphelinus</i>	<i>A. flaviventris</i> (Kurdjumov, 1913)
Mymaridae		<i>Anaphes</i>	<i>Anaphes</i> sp.
Pteromalidae	Asaphinae	<i>Asaphes</i>	<i>A. vulgaris</i> (Walker, 1834)
			<i>A. californicus</i> (Girault, 1917)
	Pteromalinae	<i>Pachyneuron</i>	<i>Pachyneuron</i> sp.
			<i>P. aphidis</i> (Bouché, 1834)
			<i>Coruna</i>
			Espèces non identifiées
Scelionidae		<i>Trissolcus</i>	<i>T. basalis</i> (Wollaston, 1858)
			Espèces non identifiées
Platygasteridae			Espèces non identifiées
Eulophidae	Entedentinae		Espèces non identifiées
Ceraphronidae		<i>Aphanogmus</i>	<i>Aphanogmus</i> sp.
Braconidae			Espèces non identifiées
	Alysiinae		Espèces non identifiées
	Aphidiinae	<i>Aphidius</i>	<i>A. matricariae</i> (Haliday, 1834)

	<i>Binodoxys</i>	<i>B. angelica</i> (Haliday, 1833) <i>B. acalephae</i> (Marshall, 1896)
	<i>Lysiphlebus</i>	<i>L. testaceipes</i> (Cresson, 1880)
Ichneumonidae		Espèces non identifiées
Serphidae		Espèces non identifiées
Diapriidae	Diapriinae	Espèces non identifiées
	Belytinae	Espèces non identifiées
Figitidae	<i>Kleidotoma</i>	<i>Kleidotoma</i> sp. <i>A. mullensis</i> (Cameron, 1883)
	<i>Alloxysta</i>	<i>A. arcuata</i> (Kieffer, 1902) <i>A. pallidicornis</i> (Curtis, 1838)
	<i>Apocharips</i>	<i>Apocharips</i> sp. Espèces non identifiées
		Espèces non identifiées
		Espèces non identifiées
Megaspilidae		Espèces non identifiées
Torymidae		Espèces non identifiées

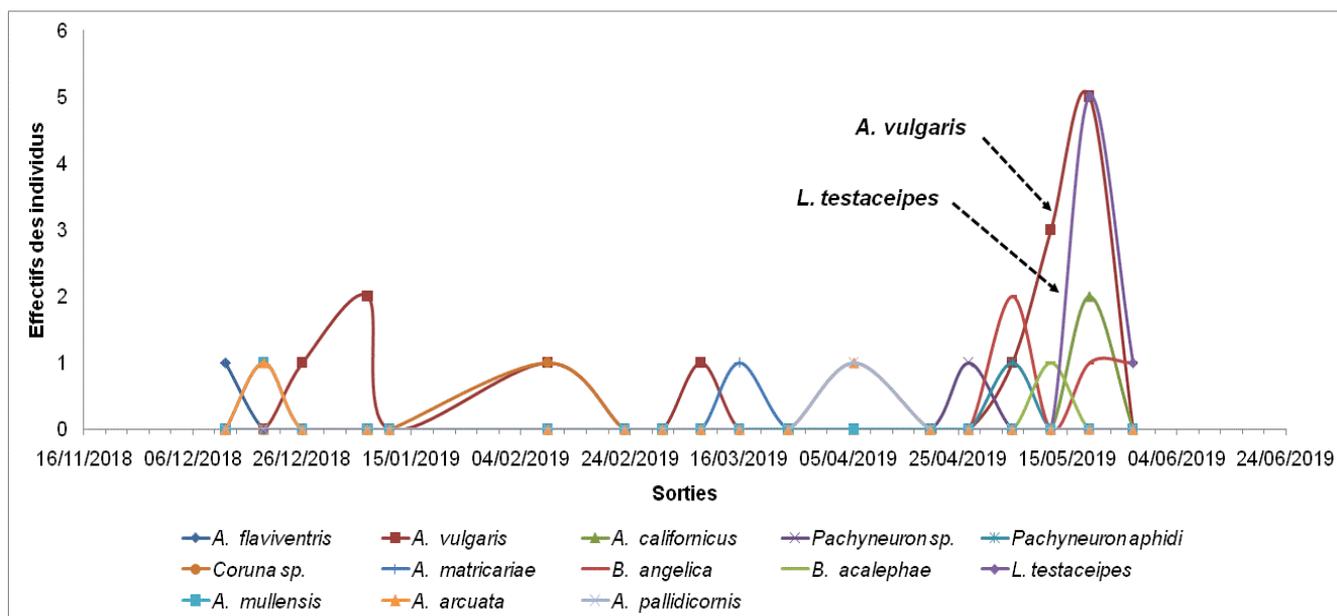
Parmi ces espèces trouvées, nous avons compté 13 espèces parasitoïdes des pucerons, appartenant à quatre familles différentes. Le détail de ces résultats est mentionné dans le tableau suivant:

**Tableau 13:** Liste des espèces parasitoïdes des pucerons capturés par pièges jaunes dans le verger 1

Famille	Genre	Espèces	Catégorie
Aphelinidae	<i>Aphelinus</i>	<i>A. flaviventris</i> <i>A. vulgaris</i>	Parasitoïde primaire
	<i>Asaphes</i>	<i>A. californicus</i>	
	Pteromalidae	<i>Pachyneuron</i>	
<i>Pachyneuron</i>		<i>Pachyneuron aphidis</i>	
<i>Coruna</i>		<i>Coruna</i> sp.	
Braconidae	<i>Aphidius</i>	<i>A. matricariae</i>	Parasitoïde primaire
	<i>Binodoxys</i>	<i>B. angelica</i> <i>B. acalephae</i>	
	<i>Lysiphlebus</i>	<i>L. testaceipes</i> <i>A. mullensis</i>	
Figitidae	<i>Alloxysta</i>	<i>A. arcuata</i> <i>A. pallidicornis</i>	Hyperparasitoïdes

Le tableau 13 montre que cette méthode de piégeage a permis de capturer six autres espèces parasitoïdes des pucerons dans le premier verger et qui sont : *A. flaviventris*, *Coruna* sp., *A. matricariae*, *B. acalephae*, *A. mullensis* et *A. pallidicornis*.

L'évolution temporelle de ces espèces parasitoïdes est présentée dans la figure suivante :



**Figure 15:** Évolution temporelle des parasitoïdes des pucerons capturés par pièges jaunes dans le verger 1

D'après la figure 15, nous remarquons que l'activité la plus importante de ces parasitoïdes a été enregistrée durant la période printanière durant le mois de mai 2019 ; c'est-à-dire avec l'activité des pucerons.

### 2.1.3. Évaluation de la diversité dans le verger 1

#### 2.1.3.1. Richesse spécifique

Nous avons trouvé par la première méthode de collecte, (les momies), 12 espèces de parasitoïdes, et par la deuxième méthode de piégeage, qui est complémentaire à la première, 6 parasitoïdes en plus. Donc le total des espèces capturées est 18 dont 6 sont des parasitoïdes primaires et 12 des hyperparasitoïdes (voir tableau 8 et 12).

#### 2.1.3.2. Indice de Shannon-Weaver et de l'équitabilité :

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 14:** Indice de Shannon-Weaver et d'équitabilité des parasitoïdes trouvés dans le verger 1

	Valeur du test H' (bits)	Intervalle de confiance (Bootstrap N = 9999)		H. max de Shannon
		limite supérieure	limite inférieure	
<b>Indice de Shannon H'</b>	1.65	1.77	1.58	2.89
<b>Equitabilité (J')</b>	0.57	0.61	0.55	-

D'après ce tableau, on remarque que la valeur de l'indice de Shannon « 1.65 bits » n'est pas loin de sa valeur maximale « 2.89 bits », ce qui explique que notre verger 1 est moyennement diversifié avec une répartition équitable entre les espèces qui dépasse 50% ( $J' = 57\%$ ).

## 2.2. Verger 2

### 2.2.1. Parasitoïde émergés des momies

Dans ce verger, nous avons trouvé des momies de pucerons que dans les deux premières sorties, i.e., le 12/12/2018 et 26/12/2018. Les résultats de l'émergence sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 15:** Parasitoïdes primaires et hyperparasitoïdes émergés des momies du deuxième verger (El Fedjoudj)

Famille	Genre	Espèce	Catégorie
Braconidae	<i>Binodoxys</i>	<i>B. angelicae</i>	Parasitoïdes primaires
Pteromalidae	<i>Asaphes</i>	<i>A. vulgaris</i>	
Figitidae	<i>Alloxysta</i>	<i>A. brevis</i>	Hyperparasitoïdes
		<i>A. pallidicornis</i>	

Nous remarquons que le nombre d'espèces des hyperparasitoïdes dépasse toujours le nombre des parasitoïdes primaires (comme le premier verger).

Le nombre des parasitoïdes dans ce verger était très faible par rapport au premier verger avec seulement 3 individus de parasitoïdes primaires et 8 hyperparasitoïdes. Les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant.

**Tableau 16:** Effectifs et abondances relatives des différentes espèces parasitoïdes émergés des momies du verger 2

	Effectif total verger 2	Abondance relative (%)
<i>B. angelicae</i>	3	25
<i>A. vulgaris</i>	1	8.33
<i>A. brevis</i>	3	25
<i>A. pallidicornis</i>	5	41.67
Total	12	100

D'après le tableau 16 ; l'hyperparasitoïde *Alloxysta pallidicornis* est l'espèce dominante avec 41.67% du total suivi par *A. brevis* et *B. angelica* puis *A. vulgaris*.

### 2.2.1.1. Relation parasitoïdes et aphides hôtes dans le verger 2

Les pucerons momifiés de chaque parasitoïde émergé ont été identifiés (Tableau 17).

**Tableau 17:** Relation parasitoïdes-pucerons dans le verger 2

Parasitoïde	Effectif total	Puceron hôte
<i>B. angelicae</i>	3	<i>Aphis gossypii</i>
<i>A. vulgaris</i>	1	<i>Aphis gossypii</i>
<i>A. brevis</i>	3	<i>Aphis gossypii</i>
<i>A. pallidicornis</i>	4	<i>Aphis gossypii</i>
	1	<i>Aphis fabae</i>

D'après ce tableau, nous remarquons que *A. gossypii* est toujours l'hôte préféré pour les parasitoïdes, suivi par *A. fabae*.

### 2.2.2. Parasitoïdes capturés par pièges jaunes à eau dans le verger 2

Les pièges installés dans ce verger ont capturé plusieurs hyménoptères y compris des parasitoïdes de pucerons (Tableau 18).

**Tableau 18:** Liste des hyménoptères capturés par pièges jaunes dans le verger 2

Famille	Sous famille	Genre	Espèce
Mymaridae		<i>Alaptus</i>	<i>Alaptus</i> sp.
			Espèces non identifiées
Pteromalidae	Asaphinae	<i>Miscogaster</i>	<i>Miscogaster</i> sp.
			<i>A. vulgaris</i>
		<i>Asaphes</i>	<i>A. suspensus</i>
			<i>A. californicus</i>
			Espèces non identifiées

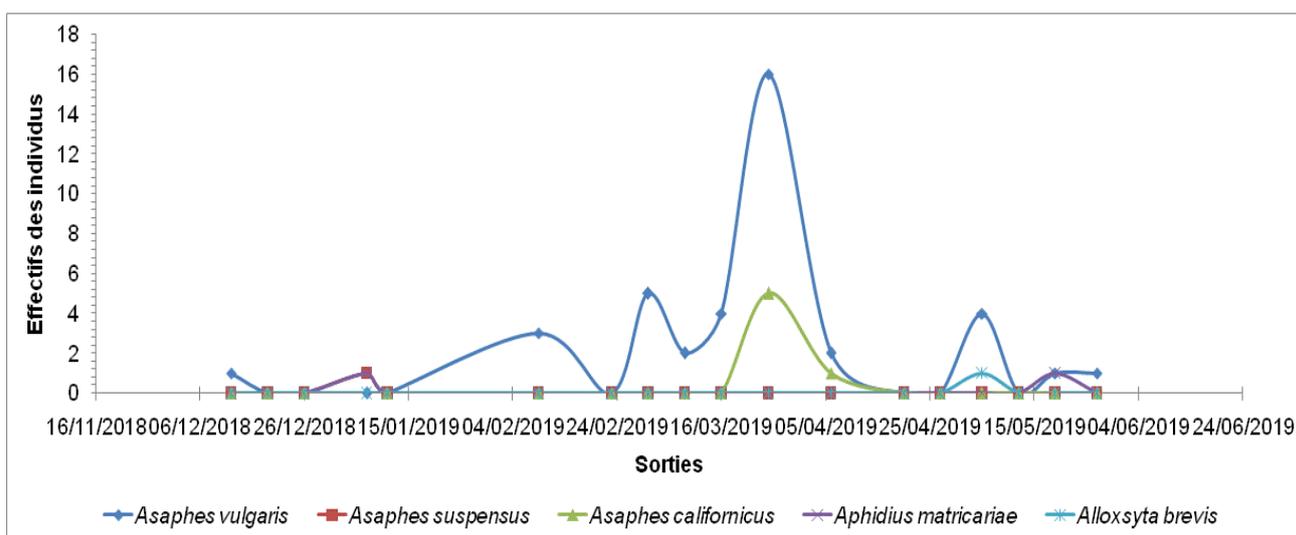
Encyrtidae			Espèces non identifiées
Scelionidae			Espèces non identifiées
		<i>Trissolcus</i>	<i>T. basalis</i>
Platygasteridae			Espèces non identifiées
Eulophidae			Espèces non identifiées
	Entedentinae		Espèces non identifiées
Ceraphronidae		<i>Aphanogmus</i>	<i>Aphanogmus</i> sp.
			Espèces non identifiées
Braconidae	Aphidiinae	<i>Aphidius</i>	<i>A. matricariae</i>
	Alysiinae		Espèces non identifiées
			Espèces non identifiées
Ichneumonidae			Espèces non identifiées
Serphidae			Espèces non identifiées
Diapriidae	Belytinae		Espèces non identifiées
	Diapriinae		Espèces non identifiées
Figitidae	Charipinae	<i>Apocharips</i>	<i>Apocharips</i> sp.
		<i>Alloxysta</i>	<i>A. brevis</i>
	Eucoilinae	<i>Kleidotoma</i>	<i>Kleidotoma</i> sp.
Megaspilidae			Espèces non identifiées
Torymidae			Espèces non identifiées
Drynidae	Aphelopinae		Espèces non identifiées
Mymaromatidae			Espèces non identifiées

Dans le tableau (18), on trouve 5 espèces parasitoïdes de pucerons dont une espèce parasitoïde primaire et quatre sont des hyperparasitoïdes. Ces espèces sont résumées dans Tableau 19.

**Tableau 19:** Liste des espèces parasitoïdes des pucerons capturés par pièges jaunes dans le verger 2

Famille	Genre	Espèces	Catégorie
Pteromalidae	<i>Asaphes</i>	<i>A. vulgaris</i>	Hyperparasitoïdes
		<i>A. californicus</i>	
		<i>A. suspensus</i>	
Figitidae	<i>Alloxysta</i>	<i>A. brevis</i>	Parasitoïde primaire
Braconidae	<i>Aphidius</i>	<i>A. matricariae</i>	

L'évolution temporelle de ces espèces a été évaluée durant toute la période expérimentale (Figure 16).



**Figure 16:** Évolution temporelle des parasitoïdes des pucerons capturés par pièges jaunes dans le verger 2

D'après cette figure, nous remarquons que l'espèce la plus dominante est l'hyperparasitoïde *A. vulgaris* surtout durant la sortie 25/03/2019, suivi par *A. californicus*.

## 2.2.3. Évaluation de la diversité dans le verger 2

### 2.2.3.1. Richesse spécifique

Dans ce verger nous avons trouvé 4 espèces par la méthode de collecte des momies et 3 autres parasitoïdes par la méthode des pièges jaunes, donc au total 7 espèces dont 2 sont des parasitoïdes primaires (*B. angelica* et *A. matricariae*) et 5 sont des hyperparasitoïdes (3 espèces d'*Asaphes* et 2 espèces d'*Alloxysta*).

### 2.2.3.2. Indice de Shannon-Weaver et de l'équitabilité

Nous avons appliqué ces deux indices sur les espèces trouvées dans ce verger. Les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant :

**Tableau 20:** Indice de Shannon-Weaver et d'équitabilité des parasitoïdes trouvés dans le verger 2

	Valeur du test H' (bits)	Intervalle de confiance (Bootstrap = 9999)		H. max de Shannon
		Limite supérieure	limite inférieure	
<b>Indice de Shannon H'</b>	1.22	1.45	0.91	1.94
<b>Équitabilité (J')</b>	0.62	0.75	0.47	-

D'après ces résultats et quoique le nombre d'espèces dans ce verger est faible (7 espèces), l'indice de Shannon,  $H' = 1.22$  bits, est proche de sa valeur maximale (1.94 bits). L'équitabilité aussi a montré que les espèces sont équitablement réparties dans le verger 2.

## 2.3. Comparaison entre la diversité des deux vergers

Nous avons comparé les indices de Shannon des deux vergers. Pour cela, nous avons eu recours au test *t* de Student modifié à l'aide du logiciel Past (version 3.10) (Hammer *et al.*, 2001).

Les résultats de ce test ont montré qu'il y a une différence entre les diversités des deux sites avec une probabilité très significative  $p = 0.007 < 0.01$ .

## Discussions

### 1. Diversité des pucerons et des parasitoïdes

Les pucerons sont des déprédateurs majeurs des plantes, d'une part, en raison de leur action spoliatrice sur le végétal et, d'autre part, par leur pouvoir de vecteur de nombre de virus phytopathogènes. La connaissance de l'inventaire des aphides dans les différentes régions et milieux devient une nécessité à prendre en considération pour l'élaboration des stratégies de lutte anti-aphidienne (Aroun, 2015).

Dans cette étude, les prospections effectuées entre décembre 2018 et mai 2019, ont permis de dresser une liste des aphides dans deux vergers agrumicoles à Guelma et aussi une liste de leurs parasitoïdes.

Les méthodes d'échantillonnage adoptées ont permis d'identifier 4 espèces de pucerons qui sont : *Aphis spiraecola*, *Aphis gossypii*, *Aphis fabae* et *Myzus persicae*. L'espèce la plus abondante est *A. spiraecola*, suivi par *A. gossypii* puis *A. fabae* et *M. persicae*.

Au niveau Maghrébin, *A. spiraecola*, *T. aurantii*, *M. persicae*, *A. fabae*, *A. gossypii* et *A. craccivora*, sont déjà mentionnées sur les agrumes au Maroc (Smaili *et al.*, 2014)

En Algérie, Mostefaoui *et al.* (2014), Lebbal et Laamari (2016) et Labdaoui et Guenaoui (2018) ont signalé la présence de ces espèces de pucerons dans des vergers d'agrumes.

La collecte des parasitoïdes a permis d'identifier 18 espèces parasitoïdes différentes, dont six sont des parasitoïdes primaires (*Aphelinus flaviventris* ; *Aphidius matricariae*, *Lysiphlebus testaceipes*, *Binodoxys angelicae*, *Binodoxys acalephae*, *Binodoxys* sp.) et 12 des hyperparasitoïdes (*Pachyneuron aphidis*, *Pachyneuron* sp., *Asaphes vulgaris*, *A. suspensus*, *A. californicus*, *Coruna* sp., *Alloxysta brevis* , *A. arcuata*, *A. mullensis*, *A. pallidicornis*, *Phaenoglyphis villosa* et *Dendrocerus aphidum*), et ce, dans les deux vergers confondus. L'espèce la plus abondante des parasitoïdes primaires est *L. testaceipes* suivi par *B. angelicae*, alors que

l'hyperparasitoïde *A. vulgaris* et *P. aphidis* sont les plus dominantes dans les deux vergers d'études confondus. Labdaoui et Guenaoui (2018) ont trouvé *L. testaceipes*, *B. angelica*, *A. vulgaris* et *P. aphidis* dans leur investigation sur les parasitoïdes des pucerons. Ces mêmes auteurs ont trouvé aussi les deux genres *Phaenoglyphis* et *Alloxysta*.

En Tunisie, Ben halima-kamel *et al* (1994) ont signalé dans des vergers d'agrumes la présence des espèces *Lysiphlebus confusus* Tremblay & Eady, 1978, *Aphidius matricariae*, *Praon volucre* Haliday, 1833 et *Trioxys angelicae* Haliday, 1833. Dans le même pays en 2011, Boukhris-Bouhachem a trouvé *Aphidius matricariae*, *A. colemani* Viereck, 1912, *Ephedrus persicae* Froggatt, 1904, *Lysiphlebus fabarum* Marshall, 1896, *L. testaceipes*, *Praon volucre*, *Trioxys angelicae*, et *Diaeretiella rapae* McIntosh, 1855. Il a trouvé aussi deux hyperparasitoïdes appartenant aux genres *Pachyneuron* et *Phaenoglyphis*. En Turquie, Yoldaş et ses collaborateurs en 2011, ont déclaré, dans leur investigation, la présence de cinq parasitoïdes de pucerons sur mandarinier, il s'agit d'*Aphidius colemani*, *Binodoxys angelicae*, *Ephedrus persicae*, *Lysiphlebus testaceipes* et *Praon volucre*. D'après ces travaux, nous constatons que les genres trouvés dans notre inventaire et par ces auteurs sont presque les mêmes.

## **2. Relation parasitoïdes-pucerons hôtes**

Les parasitoïdes inventoriés dans les deux vergers d'études ont été émergés de trois espèces de pucerons qui sont *Aphis gossypii*, *A. spiraecola* et *A. fabae*, avec une préférence remarquable sur le parasitisme d'*A. gossypii*. Nous avons trouvé que le parasitoïde *L. testaceipes* est le plus abondant parmi les parasitoïdes primaires émergés, et *P. aphidis* est le plus abondant parmi les hyperparasitoïdes. Ces deux espèces ont présenté un statut écologique omniprésent, c'est-à-dire qu'elles étaient présentes dans tous les relevés des momies.

Le parasitoïde *L. testaceipes* s'est largement implanté dans la région méditerranéenne. En outre, il a été classé comme une espèce envahissante (Žikić *et al.*, 2015). Il a été introduit de Cuba en Europe en 1973 dans la partie méditerranéenne de la France, en tant qu'agent de lutte biologique contre deux

pucerons d'agrumes, *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe, 1841 et *Aphis spiraecola* Patch, 1914 (Stary *et al.* 1988).

Au Portugal, l'espèce *L. testaceipes* est une espèce active ; parasitant les pucerons du genre *Aphis* et d'autres pucerons d'agrumes (Cecilío, 1994). D'après Stary *et al.* (2007), cette espèce est l'une des espèces d'Aphidiinae les plus communes en Amérique du Sud. En Algérie, Laamari et ses collaborateurs en 2011 et en 2012 ont trouvé le parasitoïde *L. testaceipes* dans le puceron *A. gossypii* sur des plantes herbacées. Le même résultat a été prouvé en Tunisie par les travaux de Boukhris-Bouhachem (2011) sur agrumes. Ce dernier auteur a trouvé aussi les genres *Pachyneuron* et *Phaenoglyphis* émergés d'*A. gossypii*.

Le nombre des hyperparasitoïdes a dépassé le nombre des parasitoïdes primaires, ce résultat a été trouvé aussi en Tunisie par Boukhris-Bouhachem (2011).

Le taux de parasitisme d'*A. spiraecola* était très faible par rapport à *A. gossypii* malgré le nombre important de la première espèce, et surtout dans le verger d'EL Fedjoudj.

En Italie, Tremblay *et al.* (1983) ont déclaré que *A. spiraecola* n'était pas parasité et qu'il était l'un des plus importants ravageurs des vergers d'agrumes.

Ce faible pourcentage de parasitisme peut être dû à la présence des endosymbiontes (Bactéries) qui se trouvent souvent à l'intérieur du corps des pucerons et qui le protège contre les attaques des parasitoïdes, comme le cas du puceron de pois *Acyrtosiphon pisum* Harris, 1776 qui abrite la bactérie *Hamiltonella defensa*. Cette dernière bloque le développement de l'œuf de parasitoïde par la sécrétion des toxines (Leclair *et al.*, 2016).

## Conclusion

Au terme de ce travail réalisé dans deux vergers d'orangers (variété Thomson) à la région de Guelma, nous avons pu dégager les résultats suivants :

Durant la période qui s'étale entre le mois de décembre 2018 et mai 2019, nous avons mis en évidence la présence de quatre espèces de pucerons, qui sont *A. spiraecola*, *A. gossypii*, *A. fabae*, *M. persicae*. Plusieurs hyménoptères parasitoïdes de ces pucerons ont été capturés aussi dans les deux vergers.

Dans le verger d'Héliopolis, 18 parasitoïdes ont été capturés par les deux techniques d'étude utilisées, dont six sont des parasitoïdes primaires; il s'agit d'*Aphelinus flaviventris* (Aphelinidae, Aphelininae) et *Aphidius matricariae*, *Lysiphlebus testaceipes*, *Binodoxys angelicae*, *Binodoxys acalephae*, *Binodoxys* sp (Braconidae, Aphidiinae) et 12 hyperparasitoïdes qui sont *Pachyneuron aphidis*, *Pachyneuron* sp, *Asaphes vulgaris*, *A. suspensus*, *A. californicus* et *Coruna* sp., *Alloxysta brevis*, *A. arcuata*, *A. mullensis*, *A. pallidicornis*, *Phaenoglyphis villosa* et *Dendrocerus aphidum*

Dans le verger d'El Fedjoudj, nous avons capturé sept parasitoïdes, dont deux sont des parasitoïdes primaires (*B. angelicae* et *A. matricariae*), et cinq hyperparasitoïdes (*Asaphes vulgaris*, *A. suspensus*, *A. californicus*, *Alloxysta brevis* et *A. pallidicornis*).

Nous avons remarqué que l'espèce *L. testaceipes* était la plus abondante parmi les parasitoïdes primaires, alors que *Pachyneuron aphidis* et *Asaphes vulgaris* puis *Phaenoglyphis villosa* sont les plus abondantes parmi les hyperparasitoïdes trouvées dans la région de Guelma.

Les résultats de cette étude montrent également que le puceron le plus parasité est *Aphis gossypii* suivi par *A. spiraecola* puis *A. fabae*.

Les résultats de cet inventaire complètent l'inventaire du complexe ennemi naturel des pucerons en Algérie. Mais, il reste cependant très peu représenté en espèces, par rapport au nombre d'espèces signalées dans d'autres régions.

Il serait intéressant de compléter cet inventaire dans d'autres sites et vergers dans la région de Guelma, qui n'a pas connu une étude de ce genre auparavant. Ainsi que d'étudier l'effet des symbiontes digestifs et de l'association fourmis et aphides dans la défense contre les ennemis naturels.

## RÉFÉRENCES

- Abd-Elhamid A., 2009. *Quelle agriculture pour l'Algérie*. Ed: Office des Publications Universitaires (Alger), 183 p.
- Agarwala B. K. et Das J., 2012. Weed host specificity of the 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* : 24p.
- Agustí M., Mesejo C., Reig C. et Martínez-Fuentes A., 2014. *Citrus production, Dixon G. R. et Aldous D. E. Horticulture : Plants for People and Place*, Volume 1 : *Production Horticulture*. Ed: Springer (Dordrecht) :159 - 195.
- Agusti, M., zaragoza, S., bleiholder, H., buhr, L., hack, H., kloose, R., and Stauss, R. (1995). Échelle BBCH des stades phénologiques des agrumes. In "Stades phénologiques des mono-et dicotylédones Cultivées ; BBCH monographie." (U. Meier, ed.), pp. 86. Centre Fédéral de Recherches Biologiques pour l'Agriculture et les Forêts.
- Altieri, M.A., Ponti, L., Nicholls, C.I., 2005. Manipulating vineyard biodiversity for improved insect pest management: case studies from northern California. *International Journal of Biodiversity Science & Management* 1 : 191–203p.
- Aroun, M.E.F. 2015. *Le complexe aphides et ennemis naturels en milieux cultivé et forestier en Algérie*. Doctorat es sciences, École Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach- Alger, 169 p.
- Bagnouls et Gaussen., 1953 in Dajozr. 1985. Précis d'écologie. Ed. Bordas, paris, 505p.
- Barbagallo S., Cocuzza G., Cravedi P., Komazaki S., 2007. *IPM case studies: Deciduous fruit trees (29). Aphis as crop pests*. ed: CAB international 2007 : 663-675.
- Bellabas, A., 2012. Rapport de mission : Étude de base sur les agrumes en Algérie
- Ben halima-Kamel, M., Rabasse J.M. and Ben-Hamouda M.H., 1994. Les pucerons des agrumes et leurs ennemis en Tunisie. *Tropicultura*, 12(4): 145-147.
- Ben halima-Kamel, M., Rabasse J.M. and Ben-Hamouda M.H., 1994. Les pucerons des agrumes et leurs ennemis en Tunisie. *Tropicultura*, 12(4): 145-147.
- Bénaouf G., 2005. *Produire des agrumes en agriculture biologique*. Ed: ITAB (Paris), 4 p.

- Benkhelil ML., 1992- Les techniques de récoltes et de piégeages utilisées en entomologie terrestre. Ed.OPU.Alger, 68p.
- Benmansour B. et Gaour A., 2008. Changements climatiques entre les deux périodes 1913-1936 et 1975-2006 à Tlemcen (ouest algérien). These de doc, p.1.
- Benoufella-Kitous K., 2005. Les pucerons des agrumes et leurs ennemis naturels à Oued Aïssi (Tizi-Ouzou). Mémoire de magister en Protection des Végétaux, INA El Harrach : 222p.
- Bhatia V., Uniyal P. L., Bhattacharya R., 2011. Aphid resistance in Brassica crops: challenges, biotechnological progress and emerging possibilities. *Biotechnology Advances* : 879 - 888.
- Biche M., 2012. Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Ed. FAO (Algérie), 36 p.
- Blackman R.L. et Eastop V.F., 2007, Aphids on the worlds. Herbaceous plants and shrubs Vol1: Host lists and keys. Vol2: The aphids, 1493p.
- Blondel L., 1959, La culture des agrumes en Algérie, Station expérimentale d'arboriculture de Boufarique. Ed: Bull, 25p.
- Boileau C. et Giordano L., 1980, La culture des agrumes, 174p.
- Boivin G. 2001. Parasitoïdes et lutte biologique : paradigme ou panacée.Ed : *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement.VOL.2.*
- Boucek, Z., et Rasplus, J.-Y. (1991). *Illustrated key to west palearctic genera of Pteromalidae (Hymenoptera: Chalcididae)*: INRA, Paris.
- Boukhris-Bouhachem, S., 2011. Aphid enemies reported from tunisian citrus orchards. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 6: 21-27.
- Boukhris-Bouhachem, S., 2011. Aphid enemies reported from tunisian citrus orchards. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 6: 21-27.
- Boulétreau M. et David J.R., 1980. *Sexually dimorphic response to host habitat toxicity . Drosophila parasitic wasps*. *Evolution* 35 : 395-399
- Boulfekhar-Ramdani H., 1998. Inventaire des acariens des citrus en Mitidja. *Annales del'Institut National Agronomique El Harrach* **19**, 30 - 39.
- Boulinier, T., Nichols, J.D., Sauer, J.R., Hines, J.E. and Pollock, K.H., 1998. Estimating species richness: The importance of heterogeneity in species detectability. *Ecology*, 79(3): 1018–1028.
- Cecilfo, A., 1994. Evolução faunística após a introdução de lysiphlebus testaceipes (cresson) (hymenoptera; aphidiidae) em portugal, e o seu interesse na limitação de pragas de afideos. *Bol. San. Veg. Plagas*, 20(2): 471-476.

- Chrzanowski G., Leszczyński B., Sempruch C., Sytykiewicz H. & Sprawka I., 2009. Effect of phenolics from woody plants on activity of grain aphid oxidases. *Pestycydy.Pesticides* . 63 - 70.
- Cœur d'acier A., Hidalgo N. P. et Petrović-Obradović O., 2010. *Aphids (Hemiptera, Aphididae)* : 435 - 474.
- Dajoz R., 1971 *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434.
- Dajoz R., 1985- *Précis d'écologie*. Ed. Bordas. Paris, 505p.
- Dajoz, R., 1975. *Précis d'écologie*. 3 Ed.: Dunod, Paris, 549 p.
- Dambier D., Benyahia H., Pensabene-Bellavia G., Kaçar Y.A., Froelicher Y., Belfalah Z et al., 2011. *Somatic hybridization for citrus rootstock breeding: An effective tool to solve some important issues of the Mediterranean citrus industry*. *Plant Cell Reports* : 883 – 900.
- Dedryver C. A., Ralec A. L. & Fabre F., 2010. *The conflicting relationships between aphids and men: A review of aphid damage and control strategies*. Ed: *Comptes Rendus Biologies* : 539 - 553.
- Dedryver C.A., 2010. *Les pucerons : Biologie, nuisibilité, résistance des plantes* : 23-26.
- Deguine J.P. et Leclant F., 1997. *Aphids as crop pests, taxonomic issues*,Ed: CAB, International 2007, 674P.
- Delvare, G., & Aberlenc, H. P. (1989). *Les insectes d'afrique et d'amérique tropicale ; clé pour la reconnaissance des familles* (Quae Ed.). CIRAD-GERDAT (Montpellier).
- Derridj S. et Wu B. R., 1996, *Interaction insecte-plantes*, Ed: Orstom et CIRAD 1996, 100p.
- Devenshir Alan L. et Moores Graham D., 1982. Vol 18: *Une carboxylestérase avec une grande spécificité de substrat provoque une résistance à l'organophosphore, au carbamate et aux pyréthroides chez les pucerons de la pomme de terre ( Myzus persicae )*. Ed : Elsevier Inc : 235-246.
- Dixon A. F. G., 1998. *Aphid ecology: An optimization approach*. Ed: Springer (New York). 300 p.
- Eastop V. F., 1977. *Worldwide importance of aphids as virus vectors*, Harris K. F. et Maramorosch K. *Aphids as Virus Vectors*, Ed: Academic Press (New York) : 3 - 62.
- F.A.O., 2016. Citrus fruits statistics. Consulté le 28/05/2019 sur site web : <http://www.fao.org/3/a-i5558e.pdf>

Ferrer-Suay, M., Selfa, J., & Pujade-Villar, J. 2013. A Review of *Alloxysta* Species (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae: Charipinae) from Africa. *African Entomology*, 21(2), 255-266. doi:10.4001/003.021.0222

Fraval A., 2006. Les pucerons – 2eme partie. Insectes N° 142. Office pour les insectes et leur environnement, France 2006 : 27-30

Gibson R.W. et Plumb R.T., 1977, Aphids as crop pests, breeding plants for resistance to aphid infestation. Ed : CAB? International 2017.

Gibson, G. A. P., et Vikberg, V. 1998. The species of *Asaphes* Walker from America North of Mexico, with remarks on extralimital distribution and taxa (Hymenoptera: Chalcidoidea, Pteromalidae). *Journal of Hymenoptera Research*, 7(2), 209-256.

Gillott C., 2005. Entomology. Ed: Canada, Springer, 831p.

Godfray H.C.J., 1994. *Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology*, Ed: JR. Krebs et T. Clutton-Brock. Princeton University Press, Princeton.

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* : 399 - 408.

Goubault M., 2003. *Exploitation des hôtes chez un hyménoptère parasitoïde solitaire: conséquences adaptatives de la compétition intraspécifique sur les Stratégies comportementales des femelles*. L'Université de rennes 1. 194p.

Goulet, H., & Huber, J. T. (1993). *Hymenoptera of the world: An identification guide to families*. Canada, Ottawa: Research Branch, Agriculture.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T. and Ryan, P.D., 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis, *palaeont. Electron*, 4(1): 9, [http://palaeoelectronica.org/2001\\_2001/past/issue2001\\_2001.htm](http://palaeoelectronica.org/2001_2001/past/issue2001_2001.htm).

Hance T., Baaren J.V., Vernon P. et Boivin G., 2007. *Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective*.

Harmel N., Francis F., Haubruge E. & 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. 395 - 400.

Hartlieb et Anderson, 1999. *Olfactory-released behaviours, Insect olfaction*, Ed: Springer-verlag Berlin Heidelberg.

Herrbach E., 1985a. *Rôle des sémiouchimiques dans les relations pucerons-plantes : Généralités et phéromones d'alarme* : 283 – 286.

- Herrbach E., 1985b. *Rôle des sémiochimiques dans les relations pucerons-plantes : II- Les substances allélochimiques* : 375 - 384.
- Hill D. S., 1997. *The economic importance of insects*. Ed: Springer (London), 395 p.
- Hill D. S., 2008. *Pests of crops in warmer climates and their control*. Ed. Springer (Netherlands), 704 p.
- Hill D. S., 2008. *Pests of crops in warmer climates and their control*. Ed. Springer (Netherlands), 704 p
- Horrigan L., Lawrence R. S. & 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., Tureau E., Leclant F. et Rahn M.J., 1998, *Les pucerons des arbres fruitiers (cycles biologiques et activité de vol)*, Ed : ACTA paris 1998, INRA paris 1998, 80p.
- Hullé. M., Turpeau-Ait Ighil. E., Robert. Y., & Monet. Y., 1999. *Les pucerons des plantes maraichères. Cycle biologique et activités de vol*. Ed: A.C.T.A. I.N.R.A. Paris.
- Japoshvili, G., & 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. doi:10.1080/00222930600790737
- Kavallieratos, N. G., Tomanović, Ž., Petrović, A., Janković, M., Starý, P., Yovkova, M., & 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. doi:10.1603/an12090
- Kerboua M., 2002. *L'agrumiculture en Algérie* : 21 – 26
- Laamari, M., Chaouche, S.T., benferhat S., Abbès S.B., Merouani H., Ghodbane S., Khenissa N. and Starý 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.
- Laamari, M., Chaouche, S.T., Halimi, C.W., Benferhat, S., Abbes, S.B., Khenissa, N. and Starý, P., 2012. A review of aphid parasitoids and their associations in Algeria (hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae; hemiptera: Aphidoidea). *African Entomology*, 20(1): 161-170.
- Labdaoui, Z.E. et Guenaoui Y., 2018. Some observations on the predominance of aphis spiraecola on citrus in northwestern Algeria. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 13: 147-157.

- Lebbal S., 2017. *Etude bioécologique des pucerons inféodés aux agrumes dans la région de SKIKDA*. Thèse : Université BATNA 1.
- 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.
- Leclant F., 2000. Les pucerons des plantes cultivées, clefs d'identification. Cultures fruitières. Ed: Institute National de la Recherche Agronomique. 128p.
- Leclair, M., Pons, I., Mahéo, F., Morlière, S., Simon, J. C. et Outreman, Y., 2016. Diversity in symbiont consortia in the pea aphid complex is associated with large phenotypic variation in the insect host. *Evolutionary Ecology*, 30(5): 925-941. DOI 10.1007/s10682-016-9856-1.
- Loussert R., 1989. Les Agrumes. Tome 2 : Production. Ed. Technique et Documentation - Lavoisier (Paris), 158 p.
- M.A.D.R., 2003. statistique agricole série B. Ed. Mini. agri. déve. rur., Alger, 59p
- Mackauer M. & Stary P. 1967. World Aphidiidae. Le François, Paris, 195 p.
- MADR (2016). Ministère de l'Agriculture et Développement Rural.
- MAGURRAN, A.E., 2004. Measuring biological diversity. Blackwell science Ltd, 215 p.
- Maisonhaute J.E., 2009. *Quand le paysage influence les ennemis naturels*. *Bulletin de la Société d'entomologie du Québec*. Vol. 16 : 3-5.
- 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. DOI 10.1016/j.crv.2013.11.008.
- Nicolosi E., 2007. *Citrus genetics breeding and biotechnology, origin and taxonomy*. Ed: CAB, International 2007.
- Peña L., Cervera M., Fagago C., Romero J., Juarez J., Pina J. et al., 2007, Citrus, tree fruits, Fruit Breeding, Badenes M.L., Byrne D.A., Springer science, Business Media, LLC 2012.
- Pike K.S. et Stary P., 1996. *New species of Pauesia (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) parasitoids on Cinara (Homoptera: Aphididae: Lachninae) associated with conifers in the pacific north-west*. : 324-331.
- Pollard D.G., 1977. *Aphid penetration of plant tissues. Aphids as virus vectors*. Ed: Academic press, INC.
- Powell W. et Pell J. K., 2007. *Biological control, van Emden H. F. & Harrington R., Aphids as Crop Pests*. Ed: CAB International (UK): 469 - 513.

Praloran J.-C., 1971. *Les agrumes*. Ed : G.-P. Maisonneuve et La rose (Paris), 565 p.

Rakhshani, E., Kazemzadeh, S., Starý, P., Barahoei, H., Kavallieratos, N. G., Četković, A., Popović, A., Bodlah, I., & Tomanović, Ž., 2012. Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of northeastern Iran: Aphidiine-aphid-plant associations, key and description of a new species. *Journal of Insect Science*, 12(143), 1-26.

Reboulet J.N., 1999. *Les auxiliaires entomophages – reconnaissance, méthodes d'observation, intérêt agronomique*. Ed: ACTA, 136p.

Rebour A., 1966. *Les agrumes manuele de culture de citrus pour le bassin méditerranéen*. Ed: J.B. Bailliere et fils, paris, 278p.

REVATHI, P. and HEMALATHA, M., 2012. Homogenous segmentation based edge detection techniques for proficient identification of the cotton leaf spot diseases. *International Journal of Computer Applications* (0975 – 888), 47(2): 18-21.

Ronzon B., 2006. *Biodiversité et lutte biologique comprendre quelques fonctionnements écologiques dans une parcelle cultivée, pour prévenir contre les pucerons de la salade*. Ed: Agriculture Biologique, ENITAC.

Roth M. 1980. *Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes*. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Ed: (ORSTOM): Bondy, 260p.

Saubry A., 1992. Les agrumes en méditerranéen, CIHEAM : 193-199.

Schmidt J.M., et Smith J. J. B., 1986. Correlations between body angles and substrate curvature on the parasitoid wasp *Trichogramma minutum*: a possible mechanism of host radius measurements. *Journal of Experimental Biology* 125: 271-285.

Schowalter T. D., 2006. *Insect ecology: An ecosystem approach*. Ed: Elsevier Inc. (USA), 572 p.

Segoli M., Harari A.R., Rosenheim J.A., Bouskila A. et Keasar T., 2010. *The evolution of poly-embryony in parasitoid wasps*.

Smaili M. C., El Ghadraoui L., Gaboun F., Benkirane R. et 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, <https://doi.org/10.1007/s12600-013-0379-9>

Starý P., 1976. *Aphid parasites (Hymenoptera, Aphidiidae) of the Mediterranean Area*. Dr. W. Junk b.v. The Hague. Ed : Czechoslovak, 93 p.

- Starý, P., Lyon, J.P. and Leclant, F., 1988. Biocontrol of aphids by the introduced *Lysiphlebus testaceipes* (cress.) (Hym., Aphidiidae) in mediterranean france. *Journal of Applied Entomology*, 105: 74-78.
- Stary, P., Sampaio, M.V. and Bueno, V.H.P., 2007. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(1): 107-118.
- Stewart P., 1969. Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique : quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. Agri. Afri du Nord*. PP.24-25.
- Stireman J.O., O'Hara J.E. et Wood D.M, 2006. Tachinidae: evolution, behavior and ecology.
- Sullivan D.G., 2008, Aphids, springer science, Business Media B.V.
- Sullivan D.J., 1999- Hyper-parasitism: Multitrophic Ecology and Behavior. Ed: *Ann. Rev.* : 291-315.
- Sullivan D.J., 2005. Aphids. *Encyclopedia of Entomologie* : 127-146.
- Sullivan, D.J., 1987- Insect hyper-parasitism. Eds: *Ann. Rev.*: 49-70.
- Takada H., 1968. Aphidiidae of japan (Hymenoptera). Ed: *Ins. Mat.* : 67-124.
- Tremblay, E.& Barbagallo, S. & Cavalloro, R 1983: *Lysiphlebus testaceipes* (Cr.), a special case of eccesis in Italy. Aphid antagonists. Proceedings of a meeting of the EC Experts Group, Portici, Italy, 23-24 November 1982 (ed.) Cavalloro, R. Rotterdam, Netherlands; A. A. Balkema.
- Trowbridge A. M. et Stoy P. C., 2013. BVOC-mediated plant-herbivore interactions, Niinemets Ü. & Monson R. K., *Biology, Controls and Models of Tree Volatile Organic Compound Emissions*, Ed: Springer (Dordrecht): 21 - 46.
- Turpeau-Ait Lghil E. , Dedryver C., Chaubet B. et Hullé M., 2001. *Les pucerons des grandes cultures (cycles biologique et activités de vol)*. Ed : Quae, ACTA. 136p.
- USDA (United States Department of Agriculture), 2018. Citrus: World markets and trade. Foreign agricultural service /office of global analysis
- Van Emden, Helmut E. et Richard H., 2007. Aphids as crop pests, Host plante resistance 22, Ed: CAB, International 20017.
- Villemant, C., Haxaire, J. et Streito, J.-C. (2006). Premier bilan de l'invasion de *Vespa velutina* Lepeletier en France (Hymenoptera, Vespidae). Ed : *Bull. Soc. Entomol. France* 111: 535-538.
- Vinson S. B., 1976. Host selection by insect parasitoids. *Annual Review of Entomology* 21: 109-1.

Wajnberg E. et Ris N., 2007. *Ecologie et evolution des systeme parasité. Parasitisme et lutte biologique (8)*.Ed: INRA : 259-289.

Yoldaş, Z., Günçan A. and Koçlu T., 2011. Seasonal occurrence of aphids and their natural enemies in satsuma mandarin orchards in izmir, turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35(1): 59-74.

Žikić, V., Stanković, S.S., Petrović-Obradović, O., Starý, P., Milošević, M.I., Petrović, A. and Tomanović, Ž., 2015. First detection of *Lysiphlebus testaceipes* (cresson) (Hymenoptera: Aphidiinae) in Serbia: An introduced species invading Europe?. *North-western journal of zoology*, 11(1): 97-101.

**Sites web :**

[1] Donnée climatique pour Guelma (juin 2018-mai 2019). Consulté le 25/juin 2019 sur le site web : <https://www.infoclimat.fr/climatologie-mensuelle/60403/juin/2018/guelma.html>

[2] Consulter le 6/Janvier 2019 INRA de France sur site web : [www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Especes/Pucerons](http://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Especes/Pucerons)