



**RÉPUBLIQUE ALGERIENNE  
DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ DE BLIDA 1  
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DÉPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES**

**Projet de fin d'étude en vue de l'obtention  
du diplôme de Master 2 en Sciences de la nature et de la vie  
Spécialité : Phytoprotection durable**

**Thème**

**Abondance saisonnière des Aphidiinae parasitoïdes d'aphides  
infestant les citrus en Mitidja et hyper parasitoïdes associés**

**Présenté par : M<sup>elle</sup> SALMA AHLEM**

**Devant le jury composé de :**

<b>M<sup>r</sup> FELLAG M.</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Blida 1</b>	<b>Président du jury</b>
<b>M<sup>me</sup> ALLAL-BENFEKIH L.</b>	<b>Professeur</b>	<b>Blida 1</b>	<b>Promotrice</b>
<b>M<sup>r</sup> MAHDJOUBI D.</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Blida 1</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> YAHIYA N.</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Blida 1</b>	<b>Examinatrice</b>

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2014/20015**

## **REMERCIEMEN**

*J'exprime d'abord mes profonds remerciements à mon Dieu qui m'a donné le courage et la volonté d'achever ce travail.*

*Je tiens à exprimer ma gratitude, mes sincères remerciements, ma Reconnaissance et mes respects à ma promotrice Mme. **ALLAL BENFEKIH L**, Professeur au département de Biotechnologies à l'université de Blida.*

*J'exprime mes profonds remerciements à Mr. **FELLAG M** pour nous avoir acceptés d'assurer la présidence du jury.*

*Je remercie vivement Mme **YAHIA N** et Mr **MAHDJOUBI DJ** qui me font l'honneur d'accepter de juger mon travail.*

*Je tiens à remercier Mlle **Djemai Amina** pour ses qualités humaines, sa patience; pour ses aides et pour sa disponibilité pendant l'expérimentation ainsi que tout le personnel du laboratoire de **zoologie** qui était toujours disponible.*

*Je tien enfin à remercier tout le corps d'enseignements qui ont participé à ma formation et plus particulierement les enseignants de l'option **PHYTOPROTECTION DURABLE**.*

*Mes sentiments de reconnaissances et mes remerciements vont également à tous mes amis : **HAMIDA, AMINA, RADHIA, KHADIDJA, SABRINE, KHALIDA** et tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la Réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à ma très chère,*

*Douce et tendre Maman.*

*Mon très cher père*

*Mes sœurs et frères*

*Toute ma famille proche et lointaine.*

*À tous mes amis qui m'ont aidé*

*Moralement.*

*AHLEM*

## TABLE DES MATIERES

Dédicace	
Remerciement	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des abréviations	
Liste des illustrations	
Table des matières	
<b>Introduction générale</b> .....	<b>01</b>
<b>Chapitre I : Généralité sur les aphides.</b>	
1.1. Systématique.....	4
1.2. Morphologie et détermination.....	5
1.2.1. La tête.....	6
1.2.2. Le thorax.....	6
1.2.3. L'abdomen.....	6
1.2. Détermination.....	7
1.2.1. Détermination sur plante Hôte.....	7
1.2.2. Détermination après piégeage.....	7
1.3. Stades de développement.....	8
1.4. Cycle de vie.....	9
1.5. Le polymorphisme.....	10
1.6. Interaction plante-puceron.....	11
1.7. Les facteurs agissant sur la dynamique des populations aphidiennes.....	11
1.7.1. Les facteurs abiotiques.....	11
1.7.1.1. Température.....	11
1.7.1.2. Pluviométrie.....	11
1.7.1.3. Vent.....	11
1.7.1.4. Lumière.....	11
1.7.1.5. L'humidité.....	12

1.7.2. Les facteurs biotiques.....	12
1.7.2.1. Les prédateurs.....	12
1.7.2.2. Les parasitoïdes.....	13
1.7.2.3. Les champignons.....	13
1.8. Les dégâts liés aux pucerons.....	13
1.8.1. Les dégâts directs.....	13
1.8.2. Les dégâts indirects.....	15
1.9. La lutte contre les pucerons.....	16
1.9.1. La lutte chimique.....	16
1.9.2. La lutte biologique.....	16
1.9.3. La lutte variétale.....	16
1.9.4. La lutte préventive .....	16

**Chapitre 2 : Régulation naturelle et contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes.**

2.1. Introduction sur la lutte biologique.....	17
2.2. Bref aperçu historique.....	17
2.2.1. Dans le monde.....	17
2.2.2. En Algérie.....	18
2.3. Intérêt, avantages, bienfaits et commodité.....	18
2.4. Inconvénients, risques et limites.....	19
2.5. Stratégies de la lutte biologique.....	19
2.5.1. Stratégie d'acclimatation.....	19
2.5.2. Stratégie des lâchers inondatifs.....	20
2.5.3. Stérilisation.....	20
2.5.4. Perturbation du développement.....	20
2.5.5. La confusion des mâles.....	20
2.6. Les auxiliaires de la lutte biologique.....	21
2.6.1. Les prédateurs.....	21
2.6.2. Les parasitoïdes.....	21
2.6.3. Inconvénients de l'utilisation des auxiliaires en lutte biologique.....	22
2.7. Cas d'utilisation en lutte biologique contre les pucerons.....	23
2.7.1. Aperçu sur l'ordre des Hyménoptères.....	23

2.7.1.1.	Caractères morphologiques.....	23
2.7.2.2.	Généralités sur la super famille de Ichneumonoïdea.....	24
2.7.2.3.	Les Braconidae.....	24
2.7.2.4.	Caractères morphologiques.....	25
2.7.2.5.	Les Aphidiinae.....	25
2.7.2.6.	Caractères morphologiques d'un Aphidiinae.....	26
2.7.2.7.	Biologie des Aphidiinae.....	28
2.7.2.8.	L'utilisation des Aphidiinae en lutte biologique.....	28
2.7.3.	Les hyper parasitoïdes des pucerons.....	28
2.7.3.1	Les Pteromalidae.....	29
2.7.3.2.	Les Megaspilidae.....	29
2.7.3.3.	Les Cynipidae .....	29

### **Chapitre 3 : Matériels et Méthodes.**

3.1.	Présentation de la région d'étude la Mitidja.....	31
3.1.1.	Situation géographique.....	31
3.2.	Caractéristiques climatiques.....	32
3.2.1.	La pluviométrie.....	32
3.2.2.	La température.....	32
3.2.3.	Les Vents et gelée.....	33
3.2.4.	Hygrométrie.....	33
3.3.	Synthèse climatique.....	33
3.3.1.	Variations des quantités de pluies et des températures.....	33
3.3.2.	Diagrammes Ombrothermique de Bagnouls et Gaussens (1953) .....	35
3.3.3.	Étage bioclimatique (Climagramme d'EMBERGER).....	37
3.4.	Présentation des stations d'études.....	37
3.4.1.	Station de Guerouaou (verger 1).....	39
3.4.2.	Station de Boufarik (verger 2).....	40
3.5.	Matériel utilisé sur le terrain.....	41
3.6.	Méthode d'échantillonnage sur le terrain.....	41
3.6.1.	Par l'observation directe.....	41
3.6.2.	Par le piégeage des parasitoïdes primaires et secondaires.....	42
3.6.3.	Prélèvement de la flore herbacée.....	42
3.7.	Matériel utilisé au laboratoire.....	43

3.8.	Méthode d'étude au laboratoire.....	43
3.8.1.	Méthode de conservation des insectes.....	43
3.8.2.	Conservation des Plantes.....	43
3.9.	Identification.....	44
3.9.1.	Pucerons.....	44
3.9.2.	Parasitoïdes.....	45
3.10.	Exploitation des résultats.....	45

## **Chapitre 4 : Résultats et discussion**

4.1.	Analyse des observations au niveau des canopées des deux vergers étudiés.....	46
4.1.1.	Variation temporelle du parasitisme dans le verger de Boufarik.....	46
4.1.2.	Evolution des principales espèces de parasitoïdes observées à partir des pucerons momifiés des canopées.....	47
4.2.	Analyse des observations au niveau de la strate herbacée dans les deux vergers étudiés.....	48
4.2.1.	Pourcentage de parasitisme des pucerons de la strate herbacée.....	48
4.2.1.1.	Pourcentage de parasitisme dans le Verger de « Guerouaou ».....	49
4.2.1.2.	Pourcentage de parasitisme dans le Verger de « Boufarik ».....	50
4.2.1.3.	Pourcentage des momies écloses dans le verger de Guerouaou.....	51
4.2.1.4.	Pourcentage des momies écloses dans le verger de Boufarik.....	52
4.2.2.	Abondance des parasites et hyper parasitoïdes capturés dans les deux vergers.....	52
4.2.2.1.	Abondance relative totale comparée des parasitoïdes.....	52
4.2.2.2.	Abondance relative totale comparée des hyper parasitoïdes.....	53
4.2.2.3.	Abondance relative mensuelle comparée des parasitoïdes à l'issu des captures par les plaques engluées dans les deux vergers.....	54
4.2.2.4.	Abondance relative mensuelle comparée des hyper parasitoïdes dans les deux vergers.....	55
4.2.3.	Biodiversité comparée du complexe parasitoïde des pucerons dans les deux vergers.....	57
4.3.	Discussion générale.....	58

**Conclusion générale.....63**

**Annexe**

**Références bibliographiques**

## **Abondance saisonnière des Aphidiinae parasitoïdes d'aphides infestant les citrus en Mitidja et hyper parasitoïdes associés.**

### **Résumé**

L'importance des dégâts occasionnés par les pucerons en agrume nous a stimulés à réaliser, en Mitidja, la biodiversité des parasitoïdes (hyménoptère, Braconidae , Aphidiinae) de ces pucerons dans un verger d 'agrume et son milieu naturel propre à Mitidja Cette étude a permis de recenser 3 espèces aphidiennes : *Aphis gossypii*, *Aphis spiraecola*, *toxoptera aurantii* sur agrume et 9 espèces d'aphides sur le milieu naturel : *Aphis fabae*, *Aphis gossypii*, *Aphis malva*, *Aphis umbrella*, *Dactynotus sp*, *Brachycaudus cardui*, *Sitobion avenae* , *Sipha maidis* , *Rhopalosiphum maidis*. Les différentes prospections effectuées ont permis d'inventorier 7 dont 4 sont à la famille des Braconidae et à la sous famille des Aphidiinae. Le genre *Lysiphlebus* est le plus représenté et surtout l'espèce *Lysiphlebus testaciepes* Les 3 autres espèces d'hyménoptères appartient aux familles des Pteromalidae, Megaspilidae et les Cynipidae avec l'espèce de *Phaenoglyphis sp*. Les espèces appartenant à ces dernières familles sont soit des parasitoïdes secondaires ou des hyper parasitoïdes.

**Mots clés** : hyménoptères, Braconidae, Aphidiinae, milieu naturel, Mitidja, parasitoïdes, hyper parasitoïdes.

## Seasonal abundance of the Aphidiinae parasitoids of aphides infesting citrus in Mitidja and hyper associated parasitoids

### Abstract

The importance of the damage caused by the citrus fruits plant louses stimulated us to realize , in Mitidja, the biodiversity of the parasitoids (hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) of these plant louses in an orchard D ` citrus fruits and its natural environment suitable for Mitidja This study made it possible to count 3 species aphidiennes: *Aphid gossypii*, *Aphid spiraecola*, *will toxoptera aurantii* on citrus fruits and 9 species of aphides on the natural environment: *Aphid fabae*, *Aphid gossypii*, *Aphid malva*, *Aphid umbrella*, *Dactynotus sp*, *Brachycaudus cardui*, *Sitobion avenae* , *Sipha maidis* , *Rhopalosiphum maidis*. The various prospections carried out made it possible to inventory 7 of which 4 are to the family of Braconidae and with under family of Aphidiinae . *The Lysiphlebus kind* is represented the most and especially the species *Lysiphlebus testaceipes* the 3 other species of hyménoptères belongs to the families of Pteromalidae , Megaspilidae et les Cynipidae avec l'espèce de *Phaenoglyphis sp*. Les espèces appartenant à ces dernières familles sont soit des parasitoïdes secondaires ou des hyper parasitoïdes.

**Key Word:** hyménoptères, Braconidae, Aphidiinae, Natural environment, Mitidja, parasitoïdes, hyperparasitoids.

الوفرة الموسمية من Aphidiinae parasitoïdes aphides يهدد بالاجتياح من الحمضيات في متيجة والحلول المرتبطة Parasitoïdes.

## الملخص

ان اهمية الكوارث التي تسببها حشرات المن في اشجار الحمضيات تحفزنا للتحقيق، في المتيجة، التنوع البيولوجي للطفيليات (hyménoptère, Braconidae , Aphidiinae) لحشرات المن في حقل الحمضيات و مكانه الخاص الطبيعي في المتيجة. هذه الدراسة سمحت لنا بجدد 3 انواع من حشرات المن *Aphis gossypii*, *Aphis fabae*, *Aphis spiraecola*, *toxoptera aurantii* و 9 انواع المن في المكان الطبيعي : *Aphis gossypii*, *Aphis malva*, *Aphis umbrella*, *Dactynotus sp*, *Brachycaudus cardui*, *Sitobion avenae*, *Sipha maidis*, *Rhopalosiphum maidis*. التنقيبات المختلفة المحققة سمحت لنا بجدد 7 بحيث 4 منها تنحدر من عائلة Braconidae و تحت عائلة Aphidiinae النوع *Lysiphlebus* هو الاكثر حضورا و خاصة النوع *Lysiphlebus testaciepes* الانواع 3 الاخرى من غشائيات الاجنحة تتجزأ من عائلة Cynipidae و Pteromalidae, Megaspilidae مع النوع *Phaenoglyphis sp*. انتماء الانواع لهذه العائلات الاخيرة يجعلها يا اما الطفيليات الثانوية او الطفيليات المفرطة .

كلمات المفاتيح : hyménoptères, Braconidae, Aphidiinae, المكان الطبيعي، المتيجة , parasitoïdes, hyperparasitoïdes.

## Liste des abréviations

**Pmne :** Pourcentage des momies non écloses.

**Pme :** Pourcentage des momies écloses.

**Poparas :** Pourcentage de parasitisme.

**P :** Puceron.

**Mo :** momies.

**Ltes :** *Lysiphlebus testaceipes*.

**Lfab:** *Lysiphlebus fabarum*.

**Tang:** *Trioxys angelicae*.

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

### LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Morphologie d'un puceron.....	5
<b>Figure 2</b> : Section transversale d'un rostre de puceron.....	6
<b>Figure 3</b> : Appareil buccal de type piqueur-suceur.....	6
<b>Figure 4</b> : Schéma d'une tête de puceron.....	7
<b>Figure 5</b> : Yeux composés et ocelles d'un puceron.....	7
<b>Figure 6</b> : Schéma d'une antenne de puceron en position de recherche.....	7
<b>Figure 7</b> : cornicules du puceron.....	7
<b>Figure 8</b> : Abdomen d'un puceron Adulte aptère.....	7
<b>Figure 9</b> : Les stades de développement d'un puceron.....	8
<b>Figure 10</b> : Cycle de vie d'un puceron.....	10
<b>Figure 11</b> : Les différents cycles des pucerons.....	10
<b>Figure 12</b> : Adulte et larve de coccinelle.....	14
<b>Figure 13</b> : larve de syrphe avec des pucerons.....	14
<b>Figure 14</b> : les larves de Cécidomyiidae dévorant les pucerons verts de citrus.....	14
<b>Figure 15</b> : Adultes et larves de chrysope et d'hémérobes dévorant des pucerons.....	14
<b>Figure 16</b> : Un puceron parasité (momie).....	14
<b>Figure 17</b> : Dégâts directs d'un puceron sur agrumes .....	15
<b>Figure 18</b> : Morphologie d'un Hyménoptère.....	24
<b>Figure 19</b> : Antenne d'un Aphidiinae.....	27
<b>Figure 20</b> : Nervation alaire d'un Aphidiinae.....	27
<b>Figure 21</b> : Morphologie d'un Aphidiinae.....	27
<b>Figure 22</b> : Aile et adulte d'un Pteromalidae.....	30
<b>Figure 23</b> : Aile et adulte d'un Megaspilidae.....	30
<b>Figure 24</b> : Aile et adulte d'un Cynipidae ( <i>Phaenoglyphis sp.</i> ).....	30
<b>Figure 25</b> : Situation géographique de la région d'étude.....	32

<b>Figure 26</b> : Evolution des températures enregistrées durant la période 1993 à 2014 dans la région de la Mitidja.....	33
<b>Figure 27</b> : Evolution des températures enregistrées durant la période 2014 à 2015 dans la région de la Mitidja.....	34
<b>Figure 28</b> : Evolution des quantités de pluies de 1993 à 2014 dans la région de la Mitidja.....	34
<b>Figure 29</b> : Evolution des pluies de 2014 à 2015 dans la région de la Mitidja.....	35
<b>Figure 30</b> : Diagramme Ombrothermique de la région de Mitidja (Moyennes considérées sur la période (1993 à 2014)).....	36
<b>Figure 31</b> : Diagramme Ombrothermique de la région de Mitidja (Moyennes considérées sur la période (2014 à 2015)).....	36
<b>Figure 32</b> : Localisation de la Mitidja dans le Climagramme D'EMBERGER.....	37
<b>Figure 33</b> : Situation géographique de verger d'étude (Guerouaou).....	38
<b>Figure 34</b> : Situation géographique de verger d'étude (SRPV Boufarik).....	38
<b>Figure 35</b> : Verger de Guerouaou.....	39
<b>Figure 36</b> : Verger de Boufarik (SRPV).....	40
<b>Figure 37</b> : Schéma représentatif de l'échantillonnage des jeunes pousses au sein des canopées d'oranger.....	41
<b>Figure 38</b> : Disposition d'un piège jaune englué au sein d'un arbre d'oranger.....	42
<b>Figure 39</b> : Etapes réalisées pour le montage des aphides d'après la technique de LECLANT (1978).....	44
<b>Figure 40</b> : Evolution du parasitisme des populations aphidiennes dans le verger de Boufarik de mars à juin 2015.....	46
<b>Figure 41</b> : Evolution du taux de parasitisme par les principales espèces issues des pucerons des canopées.....	47
<b>Figure 42</b> : Pourcentage du ratio mâle-femelle de <i>L. testaceipes</i> , <i>L. fabarum</i> et <i>T. angelicae</i> dans le verger d'agrumes de Boufarik durant la période d'étude en 2015.....	48
<b>Figure 43</b> : Distribution et pourcentage du parasitisme des aphides de la strate herbacée dans le verger de Guerouaou.....	49
<b>Figure 44</b> : Distribution et pourcentage du parasitisme des aphides de la strate herbacée dans le verger de Boufarik.....	50

<b>Figure 45</b> : Variation temporelle du taux de momies écloses sur la végétation herbacée dans le verger de Guerouaou.....	51
<b>Figure 46</b> : Variation temporelle du taux de momies écloses sur la végétation herbacée dans le verger de Boufarik.....	52
<b>Figure 47</b> : Principales espèces de parasitoïdes et leur abondance relative dans le verger de Guerouaou (Oranger var Thomson et var Washington).....	53
<b>Figure 47</b> : Principales espèces de parasitoïdes et leur abondance relative dans le verger de Boufarik (Oranger variétés mixtes).....	53
<b>Figure 48a</b> : Principales espèces d'hyper parasitoïdes et leur abondance relative dans le verger de Guerouaou (Cyni : Cynipidae, Pteromalidae, Megaspilidae).....	54
<b>Figure 48b</b> : Principales espèces d'hyper parasitoïdes et leur abondance relative dans le verger de Boufarik (Cyni : Cynipidae, Pteromalidae, Megaspilidae).....	54
<b>Figure 48b</b> : Principales espèces d'hyper parasitoïdes et leur abondance relative dans le verger de Boufarik (Cyni : Cynipidae, Pteromalidae, Megaspilidae).....	54
<b>Figure 49a</b> : Variation mensuelle des abondances relatives des principales espèces de parasitoïdes capturées dans le verger de Guerouaou.....	55
<b>Figure 49b</b> : Variation mensuelle des abondances relatives des principales espèces de parasitoïdes dans le verger de Boufarik.....	55
<b>Figure 50a</b> : Variation mensuelle des abondances relatives des principales espèces de parasitoïdes secondaires dans le verger de Guerouaou (Cyni : Cynipidae, Pteromalidae, Megaspilidae).....	56
<b>Figure 50b</b> : Variation mensuelle des abondances relatives des principales espèces de parasitoïdes secondaires dans le verger de Guerouaou (Oranger var Thomson et var Washington) (Cyni : Cynipidae, Pteromalidae, Megaspilidae).....	56
<b>Figure 51</b> : Projection des variables des abondances temporelles du complexe parasitaire des vergers étudiés sur le plan factoriel de l'AFC et assemblages associés.....	57

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 1</b> : Principaux parasitoïdes secondaires des aphides .....	28
<b>Tableau 2</b> : Richesse floristique de la strate herbacée dans les deux vergers étudiés.....	48

<b>Tableau 3</b> : Richesses et indices de diversités comparées du complexe parasitaire dans les vergers d'étude.....	57
---	----

# **INTRODUCTION GENERALE**

# **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

# **Chapitre 1 :**

## **Généralité sur les aphides**

## **Chapitre 2 :**

**Régulation naturelle et contrôle  
biologique des populations  
aphidiennes sur agrumes**

# **PARTIE EXPERIMENTALE**

# **Chapitre 3 :**

## **Matériels et méthodes**

# **Chapitre 4 :**

## **Résultats et discussion**

# **CONCLUSION GENERALE**

# **ANNEXES**

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## Introduction générale

---

En Algérie, la culture des agrumes a un intérêt économique national, principalement dans les zones où les productions arboricoles sont importantes. En plus du vieillissement des vergers qui datent de l'époque coloniale, la production agrumicole algérienne reste sujette et très sensible aux agressions dues aux ravageurs et maladies entravant les rendements, (ANONYME, 2008).

Les insectes sont en partie responsables des baisses de rendement, dus entre autres aux pucerons. Ces derniers sont un groupe d'homoptères extrêmement répandu dans le monde, capables de s'adapter et d'exploiter les plantes sur lesquelles ils vivent (BICHE, 2012). Non seulement, les dégâts dus à ces phytophages piqueurs suceurs se traduisent par l'affaiblissement de l'arbre en prélevant la sève et en réduisant la surface photosynthétique des feuilles suite à l'installation de champignons du genre *Fumago*. Mais aussi, les pucerons sont des vecteurs de maladies virales, comme la mosaïque et la jaunisse de la Sharka ainsi que le virus de la Tristeza qui ont provoqué pendant une durée de 40 à 50 ans, la destruction de 50 millions d'arbres environ (LECOQ, 1996 et TAHIRI, 2007).

Les pullulations aphidiennes, sont essentiellement contrôlées par des aphicides non sans engendrer des inconvénients à cause de leurs applications répétées, ce qui a pour conséquence l'apparition d'une résistance à l'égard de ces produits chimiques. Aussi, depuis quelques années, s'est développé un moyen de lutte biologique plus en harmonie avec l'environnement et plus convenable pour une agriculture durable, au travers des lâchers d'organismes vivants appelés «auxiliaires » (insectes, champignons, bactéries), qui a donné des régulations des populations plus efficaces (CHEHMA, 2013).

En effet, le développement significatif de la lutte biologique est actuellement le moyen de lutte le plus à préconiser. Ce mode de lutte a pour objet l'utilisation efficace des potentialités de certains auxiliaires entomophages qu'ils soient prédateurs ou parasitoïdes contre les pucerons. (HUFFAKER *et al.*, 1971).

Selon les estimations, les parasitoïdes représentent entre 8 % à 20 % des espèces d'insectes décrites à ce jour. A travers le monde, plus de 400 espèces de parasitoïdes susceptibles d'être utilisées en lutte biologique contre les pucerons sont inventoriées (STARY, 1988 cité par KAVALLIERATOS *et al.*, 2004). La majorité des parasitoïdes appartient soit à l'ordre des Hyménoptères (50 000 espèces) à l'ordre des Diptères (16 000 espèces) (FEENER et BROWN, 1997 cités par WAGNERBERGE et RIS, 2006).

D'après DUBUFFET (2006), les parasitoïdes sont désignés par idiobiontes s'ils paralysent de manière permanente ou tuent leurs hôtes au moment de l'oviposition, ou attaquent un stade qui ne se développera plus. Par contre, les parasitoïdes koinobiontes sont ceux qui permettent à leurs hôtes de continuer à se développer après leur parasitisme.

## Introduction générale

---

Les Hyménoptères parasitoïdes de pucerons se divisent en parasitoïdes primaires (famille des Aphelinidae et Braconidae) et secondaires (voire tertiaires) ou hyperparasitoïdes (familles des Pteromalidae, Encyrtidae, Eulophidae, Megaspilidae, Charipidae).

Dans la famille des Braconidae (Ichneumonoïdea), seule la sous-famille des Aphidiinae, endoparasitoïdes solitaires koinobiontes, est strictement inféodée aux pucerons (TURPEAU *et al.*, 2011).

L'exploitation rationnelle du potentiel des organismes auxiliaires indigènes constitue l'étape préliminaire à toute stratégie phytosanitaire intégrée. Dans le cadre de cette stratégie, les plantes spontanées jouent le rôle de réservoir à la biodiversité et participent dans le renforcement des populations des auxiliaires des cultures avoisinantes.

De ce fait, ce sont surtout les entomologistes rejoints par les malherbologistes, qui attirent l'attention sur le rôle qui peut être joué par la flore spontanée qui se trouve juste à proximité des cultures, par les haies et les brise-vents et par les plantes ornementales dans la préservation de la faune auxiliaire et notamment les parasitoïdes (ALLAIS *et al.*, 2002).

Les associations tritrophiques (plante-puceron-parasitoïde) ont bénéficié de nombreuses études dans plusieurs pays (STARY *et al.*, 1993; KAVALLIERATOS *et al.*, 2001; TOMANOVIC *et al.*, 2003). Au Maghreb, les études réalisées ont pu mettre en évidence une richesse de 11 espèces au Maroc (STARY et SEKKAT, 1987) et 7 espèces en Tunisie (BEN HALIMA-KAMEL et BEN HAMOUDA, 2005). Dans les autres pays du bassin méditerranéen, notamment, ceux de l'Europe, cette faune est mieux connue. Effectivement, 99 espèces sont décrites en France (STARY *et al.*, 1971; STARY *et al.*, 1973), 37 espèces en Grèce (KAVALLIERATOS *et al.*, 2001) et 23 espèces en Espagne (STARY et REMAUDIERE, 1973).

En Algérie, les données disponibles sur ces relations trophiques et en particulier sur les parasitoïdes de pucerons sont très limitées et fragmentaires. La littérature fait état de 17 espèces recensées en Algérie (ABD ESSEMED, 1998; AROUN, 1985; GUENAOUI et GUENAOUI, 2000; LAAMARI *et al.*, 2009).

L'étude des relations tritrophiques contribue dans la connaissance de la biodiversité des écosystèmes et permet d'optimiser les décisions de l'emploi des ennemis naturels dans le contrôle des déprédateurs. C'est pour cette raison que KAVALLIERATOS *et al.*, (2001) ont accordé une importance à l'étude de ces associations tritrophiques, notamment, dans le milieu naturel. Ces auteurs ont montré que la flore spontanée assure la survie de la plupart des insectes auxiliaires en attendant leur passage vers le milieu cultivé.

A notre connaissance, les investigations sur la diversité temporelle de la faune des parasitoïdes de pucerons d'agrumes reste fragmentaires surtout en rapport avec les

## Introduction générale

---

activités anthropiques et les variations climatiques qui demeurent en continuel changement dans les parcelles et milieux environnants depuis les dernières décennies. De ce fait, les potentialités de certaines espèces spécialistes méritent d'être exploitées dans l'initiative de l'application de la lutte biologique associée à l'utilisation d'insecticides compatibles avec ces ennemis naturels. Dans ce contexte, et pour aboutir à des informations de base pour le contrôle des pucerons nuisibles aux agrumes, notre travail s'est focalisé sur l'étude des associations plante-puceron-parasitoïde dans des vergers d'agrumes propres à la région Mitidjéenne. Où en est la situation sur les espèces impliquées, leur variation d'abondance, l'importance u parasitisme?

Notre travail a été scindé en quatre parties. La première partie bibliographique comprend deux chapitres concernant des généralités sur les aphides d'une part et sur la régulation naturelle et le contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes d'autre part. La seconde partie traite de deux chapitres : le matériel et méthode d'étude, les résultats et la discussion. Nous avons terminé par une conclusion générale.

## Introduction

Les pucerons ou aphides constituent un groupe d'insecte extrêmement répandu dans le monde (HULLE *et al.*, 1998). C'est dans les zones tempérées que l'aphidofaune est plus diversifiée (ORTIZ- RIVAS *et al.*, 2004), alors que ces insectes sont rares dans les régions tropicales et subtropicales (DEDRYVER *et al.*, 2010 ; PECCOUD *et al.*, 2010).

Les pucerons sont apparus il y'a environs 280 millions d'années et leur diversification est concomitante avec la radiation des angiospermes (BONNEMIS, 2010). Ils ont colonisés la plupart des plantes à fleurs mais aussi les résineux quelques fougères et mousses (TURPEAU AIT IGHIL *et al.*, 2011). La plupart sont inféodés à une seule espèce végétale mais certains font preuve d'une polyphagie étendue (FRAVAL, 2006).

Les pucerons sont un sérieux problème en agriculture malgré qu'ils forment un petit groupe d'insecte d'environ 4000 espèces dans le monde (DEDRYVER *et al.*, 2010). Près de 250 espèces sont de sérieux ravageurs des cultures et des forêts (ILUZ, 2011).

Les pucerons ont longtemps fait l'objet de recherches intenses pour plusieurs raisons : ils causent d'importantes pertes économiques, ils ont développés un cycle de vie complexe alternant reproduction asexuée, ils ont montrés remarquable plasticité phénotypique et enfin ils transmettent des certaines de virus aux plantes (UZEST *et al.*, 2010).

### 1.1. Systématique

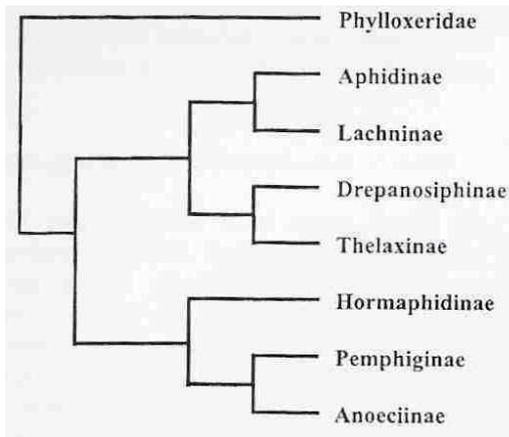
La première classification des Insectes établie date du 18<sup>e</sup> siècle suite aux travaux de BALACHOWSKY et MESNIL (1936). Elle est basée sur les caractères morphologiques de chaque espèce.

Les groupes sont formés à partir de similarités et de points communs observés, (ORTIZ-RIVAS *et al.*, 2004 ; STERN., 1997). Actuellement des remaniements internes à la classification basé sur phylogéniques utilisent des marqueurs génétiques afin de comparer l'enchaînement des séquences d'ADN de chaque espèce (BENJAMIN *et al.*, 2004).

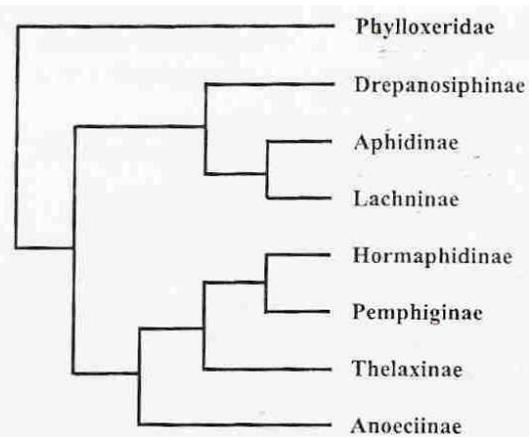
DIERL et RING, (1988) et ROBERT, (2001) présentent la taxonomie des aphides comme suite : Embranchement : *Arthropodes*, Sous-embranchement : *Antennates*, Classe : *Insectes*, Sous-classe : *Ptérygotes*, Division : *Exoptérygotes* = *Hétérométaboles* = *Hémimétaboles*, Super-Ordre : *Hemiptera*, Ordre : *Homoptera*, Sous-Ordre : *Sternorrhyncha*, Super-famille : *Aphidoidea*, Famille : *Aphididae*, Sous-familles : *Anoeciinae*, *Aphidinae*, *Drepanosiphinae*, *Hormaphidinae*, *Lachninae*, *Pemphiginae*, *Thelaxinae*.

Les travaux d'ORTIZ-RIVAS *et al.*, (2004) s'appuient sur les classifications proposées par HEIE (1987) (a) et WOJCIECHOWSKI (1992) (b) et remettent en question la place de chacune de ces sous-familles.

a)



b)



## 1.2. Morphologie et détermination

Les pucerons sont des insectes aux téguments mous, petits (2 à 4 mm en général) avec le corps ovale et peu aplati (FRAVAL, 2006). La surface des pucerons peut être brillante, mate, ou recouverte d'excrétion cireuse, leur cuticule peut être dépourvue de pigmentation ou pigmentée (imprégnée de mélanine) selon les stades, les formes ou les espèces (LECLANT, 1999). Le puceron se forme ailé ou aptère comprend trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen, (Fig. 1).

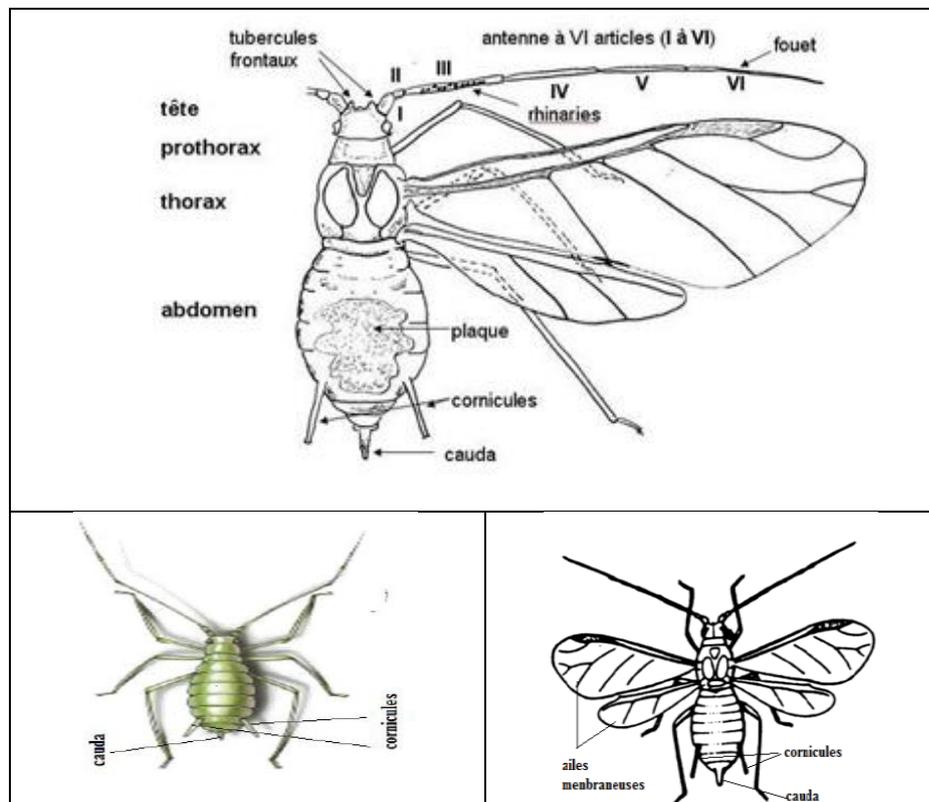
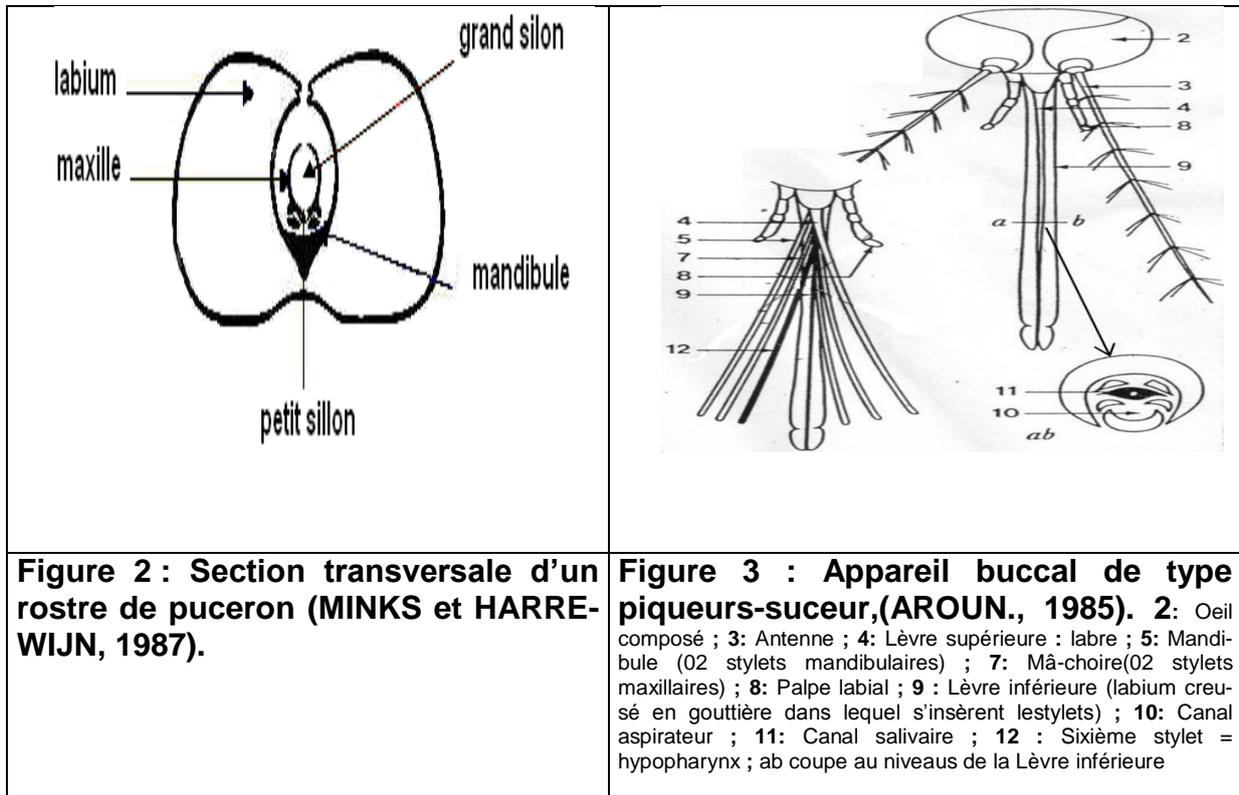


Figure 1 : Morphologie d'un puceron (GODIN et BOIVIN, 2000).

## 1.2.1. La tête

Les pucerons sont des insectes piqueurs-suceurs caractérisés par la présence, à la face inférieure de la tête, d'un rostre segmenté à 4 articles. Ce rostre correspond à la lèvre inférieure ou labium et est replié au repos sous l'animal (**Fig.2 et 3**).



La tête (**Fig.4 à 6**), porte généralement deux yeux composés volumineux et deux antennes. Chez les adultes, les antennes ont 6 articles généralement, quelquefois, 3, 4 ou 5, sur lesquels apparaissent des organes olfactifs : les rhinaries ou sensoria ; le dernier article comporte une partie terminale le plus souvent effilée : le fouet ou flagelle ou processus terminal. Le nombre et la localisation des rhinaries, la longueur des antennes et la longueur du fouet aident à la détermination des espèces ; ainsi que la forme du front et des tubercules frontaux sur lesquels sont insérées les antennes, (HULLE, 1998).

## 1.2.2. Le thorax

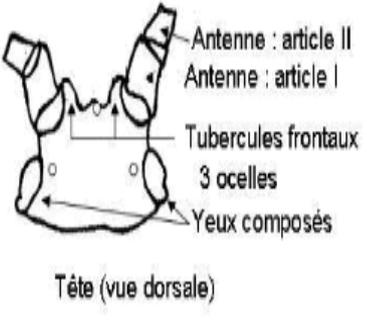
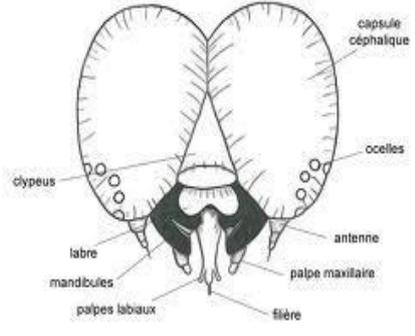
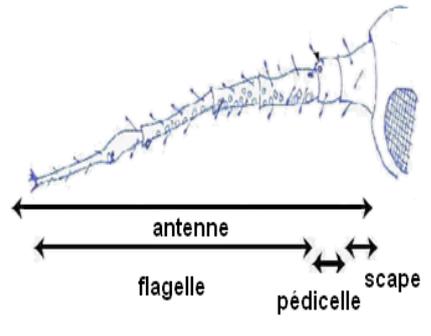
Il est composé de trois segments et porte les trois paires de pattes qui se terminent par des tarsi à deux articles ; le dernier est pourvu d'une paire de griffes. Chez l'ailé, le thorax porte également deux paires d'ailes membraneuses repliées en toit au repos. Chez certaines espèces, la nervation des ailes peut être caractéristique.

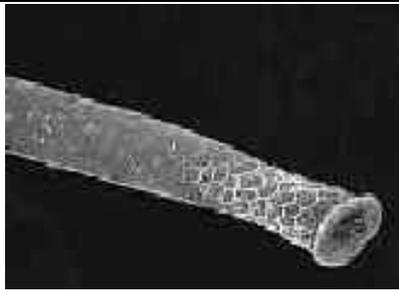
## 1.2.3. L'abdomen

Il comporte des segments difficiles à différencier. La cinquième porte les cornicules (**Fig. 7 et 8**) par où le puceron excrète des gouttes de liquide contenant des hormones d'alarme ou favorisant la rencontre des sexes. Le dernier segment porte le cauda. La forme et la pigmentation des cornicules et de la cauda, ainsi que la présence de

# Chapitre 1 : Généralités sur les aphides

stries, de bande, de plaque ou de sclérites sur l'abdomen sont des critères pour la détermination des espèces. (HULLE, 1998).

 <p style="text-align: center;">Tête (vue dorsale)</p>		
<p><b>Figure 4 : Schéma d'une tête de puceron (FRAVAL <i>et al.</i>, 1999).</b></p>	<p><b>Figure 5 : Yeux composés et ocelles d'un puceron (FRAVAL <i>et al.</i>, 1999).</b></p>	<p><b>Figure 6: Schéma d'une antenne de puceron en position de recherche (MINKS et HARREWIJN., 1987).</b></p>

	
<p><b>Figure 7 : cornicules du puceron (STRONG, 1966 in (FRAVAL <i>et al.</i>, 1999).</b></p>	<p><b>Figure 8 : Abdomen d'un puceron Adulte aptère (GODIN <i>et al.</i>, 2002).</b></p>

## 1.2. Détermination

### 1.2.1. Détermination sur plante Hôte

La reconnaissance des différentes espèces de pucerons sur leurs plantes hôtes est délicate pour les premiers stades larvaires, mais, à un stade plus avancés, les formes, la coloration et les dégâts occasionnés permettent de mieux caractériser l'espèce en présence ; ce qui est indispensable si l'on veut mener une lutte raisonnée contre ces ravageurs. (HULLE, 1998).

### 1.2.2. Détermination après piégeage

D'après HULLE, les critères de détermination sont différents car, d'une part, on a affaire aux formes ailées et, d'autre part, on ne dispose d'aucune connaissance sur les plantes hôtes sur lesquelles les espèces vivent habituellement. Les pièges utilisés, piège à succion, piège jaune à eau, piège à fils... ; capturent en majorité des pucerons mais aussi d'autres insectes.

- Un premier tri doit donc être effectué à l'œil nu ou sous la loupe binoculaire pour séparer les pucerons. Une aile de puceron se distingue des autres insectes par :
  1. Sa taille comprise entre 2 et 4 mm
  2. Ses antennes qui comportent généralement 6 articles dont le dernier est prolongé par un fouet.
  3. Son abdomen qui est souvent pourvu d'une paire de cornicules parfois très réduites, la forme et la nervation de l'aile sont également des critères de reconnaissances.
- Un second tri effectué sous la loupe binoculaire avec un grossissement allant de 10 à 40 fois permet de dénombrer et de déterminer un très grand nombre d'espèce de puceron. Toutefois les espèces appartenant à des genres difficiles ou plus rarement rencontrées exigent parfois un montage du matériel entre lame et lamelle pour un examen microscopique.

### 1.3. Stades de développement

Les pucerons comportent quatre stades larvaires qui ressemblent à des adultes, mais de plus petite taille, ont le même mode de vie et provoquent les mêmes types de dégâts. Les stades larvaires sont séparés par des mues qui permettent la croissance en longueur, (SULLIVAN, 2005). Selon Le TRIONNAIRE *et al.*, (2008), les pucerons peuvent pondre des œufs, allongés, de couleur noir et mesure moins d'un 1mm de long. Ces œufs sont généralement déposés dans les fissures de l'écorce des arbres ou dans les bases des bourgeons à feuille (HALES *et al.*, 1997).

Les larves peuvent devenir des adultes aptères ou ailés (**Fig.9**). Une larve se reconnaît par ses caractères juvéniles : tête large par rapport au corps, cauda plus courte et arrondie (plutôt qu'allongée), antenne et cornicules peut développer, présence de fourreaux alaires (FA) dans le cas des ailés (GODIN et BOIVINI, 2000). Les larves des 3 et 4 stades qui donneront des adultes ailés sont appelées nymphes ou larves à ptérotèques (DEDRYVER, 1982). Le développement larvaire dure en moyenne 8 à 10 jours, mais chez certaines espèces de pucerons, il peut se dérouler en 5 jours, ce sont des insectes au temps de génération court (GOGGIN, 2007).

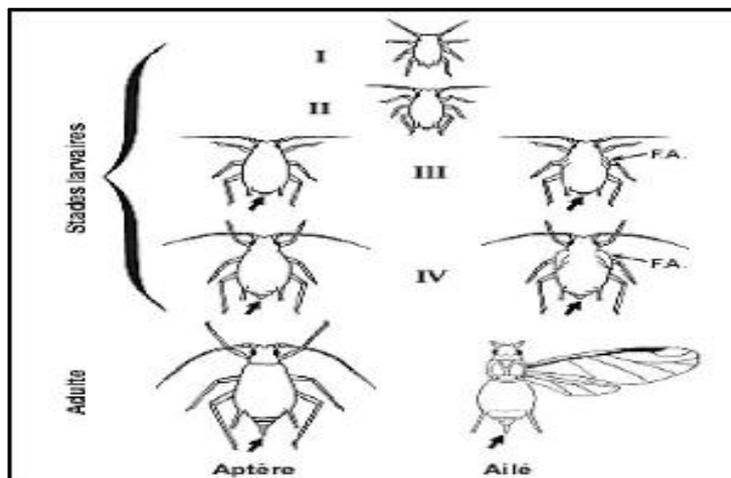


Figure 9: Les stades de développement d'un puceron (GODIN et BOIVIN, 2000).

### 1.4. Cycle de vie

D'après LECLANT (1999), certaines espèces de pucerons présentent un cycle de vie anholocyclique c'est – à – dire qu'elles se reproduisent toute l'année par parthénogénèse. Chez d'autres espèces la phase de multiplication parthénogénétique est interrompue d'une phase de reproduction sexuée on parle alors d'holocyclie (HULLE *et al.*, 1999).

Selon HULLE *et al.*, (1999) ; FRANCIS *et al.*, (2005), les aphides se distinguent également par le nombre et le type de plantes sur lesquelles ils se développent. Certaines espèces dites monoeciques ou autoeciques, qui au cours de leur cycle biologique alternent entre deux types de plantes hôtes. HARDIE et POWELL (2002) signalent qu'environ 10%. Des espèces de pucerons sont dioeciques.

L'hôte sur lequel se réalise la reproduction sexuée et sur lequel est déposé l'œuf d'hiver est appelé hôte primaire. C'est en général un végétal ligneux. Par contre on appelle hôte secondaire, généralement une plante herbacée, celui sur lequel ont émigré les individus ailés (LECLANT, 1999).

Un cycle annuel de puceron se déroule généralement comme suit :

Au printemps, les œufs éclosent et donnent naissance à des femelles (les fondatrices) se reproduisant par parthénogénèse. Les fondatrices sont vivipares et sont à l'origine d'une succession de générations composées de femelle parthénogénétiques appelées fondatrigenes qui se développent au cours du printemps jusqu'au début de l'été (HULLE *et al.*, 1998).

Les descendants d'une seule fondatrice sont génotypiquement identiques et forment un clone (HALES *et al.*, 1997, ZINTZARAS *et al.*, 1999).

SIMON *et al.*, (2002) rapportent que les pucerons parthénogénétiques sont caractérisés en plus de la viviparité par le télescopage de générations c'est – à – dire que les larves portent déjà en elles les futures générations d'embryons qui ont commencé à se développer alors que les larves étaient encore dans l'abdomen de la femelle.

La phase sexuée peut donner jusqu'à 20 générations si les conditions climatiques sont favorables (SIMON *et al.*, 2010).

Au début de l'automne, en réponse à la diminution de la durée des jours et de la température, les femelles parthénogénétiques donnent naissance à des sexupares qui produisent des femelles et des mâles qui vont s'accoupler et les femelles fécondées vont pondre des œufs résistants au froid qui resteront en diapause tout l'hiver jusqu'au printemps prochain et cycle recommence (**Fig.10**). (TAGU *et al.*, 2005 ; ARTACHO *et al.*, 2011). Chez les pucerons ce sont les femelles qui attirent les mâles par la production d'une phéromone sexuelle sécrétée à partir des glandes situées généralement sur le tibia (HALES *et al.*, 1997).

Le trionnaire *et al.*, (2012) notent que la combinaison des deux modes de reproduction au cours du cycle annuel du puceron a des avantages : la parthénogénèse assure une multiplication rapide alors de la belle saison et la reproduction sexuée permet de produire des œufs résistants à la rigueur de l'hiver et générer une fois par an de nouvelle recombinaison génétique.

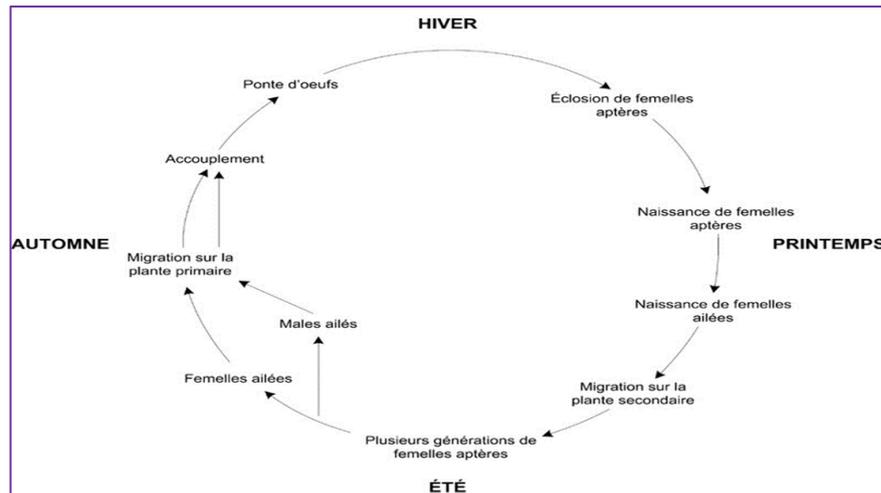


Figure 10 : Cycle de vie d'un puceron (ANONYME , 2014).

## 1.5. Le polymorphisme

Les pucerons affectent des formes ailées ou aptères, très différentes au point de vue l'aspect, de la coloration, et cela suivant la saison, les conditions de climat ou la plante-hôte. (VILLIERS, 1954).

➤ **Les pucerons non migrateurs** : évoluent sur une seule plante-hôte (Fig.11). Le puceron naît d'un œuf, au printemps, sous la forme d'une fondatrice forme, sans ailes, qui va se multiplier en 5 à 10 générations annuelles en moyenne sur la plante-hôte natale pendant toute la saison. Les espèces non migratrices n'éprouvent pas le besoin de changer de plante-hôte en cours d'année. A la fin de l'été apparaissent des pucerons sexués : les femelles, après fécondation, pondent un œuf d'hiver qui donnera la fondatrice de l'année suivante (HADJ MAHMOUD, 2011).

➤ **Les pucerons migrateurs** : évoluent obligatoirement sur plusieurs plantes-hôtes (Fig.11). Le puceron migrateur se multiplie d'abord sur un hôte primaire. A un certain moment apparaissent des individus ailés capables d'aller coloniser un hôte secondaire. A l'automne, d'autres formes ailées effectuent un retour vers l'hôte primaire. Les individus sexués apparaissent à la génération suivante, les femelles pondent les œufs d'hiver, (HADJ MAHMOUD, 2011).

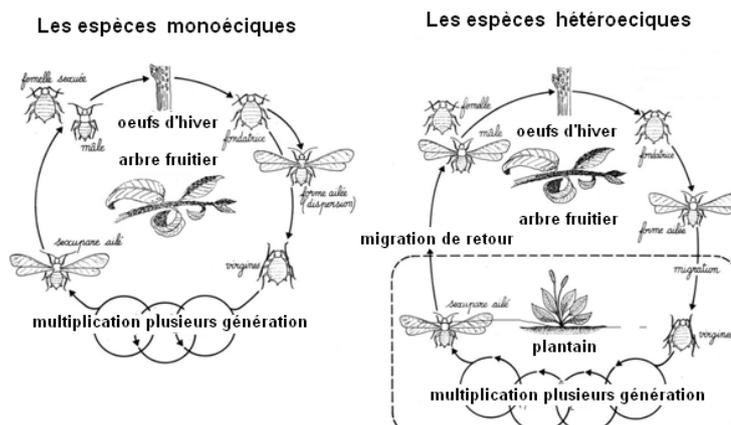


Figure 11 : Les différents cycles des pucerons (HULLÉ et al., 1999).

### 1.6. Interaction plante-puceron

Les pucerons ailés sont capables de localiser leurs plantes hôtes à distance en mettant en jeu des stimuli visuels ; olfactifs et gustatifs (WEBSTER *et al.*, 2008). Les stimuli visuels correspondent à des couleurs, les pucerons sont très sensibles pour la couleur verte et reconnaissent la couleur des feuilles de leur plante hôtes (DORING et CHITTKA, 2007 ; WIWART et SADEJ, 2008).

Les composés chimiques volatils émis par la plantes hôtes induisent chez les pucerons des mouvements orientés vers la source de l'odeur ainsi les virginipares ailés utilise l'olfacte pour localiser leur plantes hôtes. (WEBSTER *et al.*, 2008 ; WEBSTER *et al.*, 2010). Une fois au contact de la plante, les pucerons font appel à la gustation en introduisant leurs stylet dans la plante hôte jusqu'à ce que la composition de la sève soit reconnue la gustation joue un rôle dans l'acceptation ou la non acceptation de la plante par le puceron. (WILL et VAN BEL ; 2006 ; GUERRIERI et DIGILIO ; 2008).

### 1.7. Les facteurs agissant sur la dynamique des populations aphidiennes

Le taux de croissance et de reproduction des pucerons sont modifiés par des facteurs abiotiques et biotiques :

#### 1.7.1. Les facteurs abiotiques

##### 1.7.1.1. Température

Les pucerons peuvent se développer sur ses hôtes à partir de 9,5°C, avec un optimum de développement et de reproduction entre 25 et 27°C au laboratoire (HIRANO *et al.*, 1996; MCCORNACK *et al.*, 2004) et entre 22 et 25°C en conditions naturelles. Moins de 20°C cause une diminution de l'accroissement d'une population du puceron de soya. (WU *et al.*, 2004).

##### 1.7.1.2. Pluviométrie

Les précipitations peuvent empêcher le vol des pucerons, si elles sont trop abondantes et violentes et elles peuvent déloger les aptères des feuilles sur lesquelles ils se trouvent, Les pluies interviennent par leur durée, leur intensité et le moment où elles se produisent en empêchant ou en favorisant le vol (ROBERT et COL., 1978 cité par ROBERT., 1982). Les augmentations rapides des populations du puceron sont observées lorsque les précipitations sont faibles (MCCORNACK *et al.*, 2004).

##### 1.7.1.3. Vent

La vitesse et la direction de vent agit, sur la dispersion des ailés. La vitesse propre d'un puceron étant inférieure à 1m/s. En général celui-ci n'aura que peu de possibilités de voler activement contre un courant aérien (ROBERT, 1982).

##### 1.7.1.4. Lumière

WYATT et BROWN (1977) ont mesuré l'influence de l'intensité de la lumière (la photopériode) sur les taux d'accroissement de pucerons, les mesures expérimentales ont montré que le taux de croissance *Aphis gossypii*, augmente avec l'intensité

lumineuse et la photopériode, la durée d'insolation favorise l'augmentation des pucerons ailés (HODGSON *et al.*, 2005).

### 1.7.1.5. L'humidité

Une humidité relative inférieure à 78% favorable au vol des formes ailées, avec une faible précipitation (MICHELE, 2003).

### 1.7.2. Les facteurs biotiques

Les pucerons peuvent réguler eux même leurs population de deux manières d'une part par l'apparition d'ailes qui quittent les plantes d'où une régression naturelle des population et d'autre part une surpopulation entraînant une réduction du poids et de la fécondité des adultes aptères, un phénomène qui est réversible lorsque les densité de population est redevenue faible (ROBERT, 1982).

Le même auteur signale que la plante hôte peut jouer un rôle dans la dynamique des populations aphidiennes ainsi une plante jeunes est plus sensible à la contamination par les ailés et les aptères y sont plus féconds, cette sensibilité diminue quand la plantes acquiert une certaine maturité.

Plusieurs familles d'insectes prédateurs et parasitoïdes ainsi que des champignons peuvent contrôler les populations de pucerons :

#### 1.7.2.1. Les prédateurs

Les prédateurs incluent :

##### ❖ Les coccinelles (Coleoptera ; Coccinellidae)

Chez les coccinelles (**Fig.12**); les larves et les adultes peuvent réduire la densité des populations de pucerons ou ralentir leur croissance durant une partie de la saison culturale et contribuer ainsi au contrôle de ces ravageurs (LOPES *et al.*; 2011).

##### ❖ Les syrphes (Diptera : Syrphidae)

Si les adultes de Syrphidae (**Fig.13**) pollinisent de nombreuses plantes cultivées, plus de 40% des espèces de cette famille de Diptères sont également des prédateurs entomophages efficaces aux stades larvaires (FRANCIS *et al.*, 2003). Les larves des espèces *Episyrphus balteatus* et *Syrphus ribesii* peuvent s'alimenter d'une large gamme d'espèces de pucerons et d'une seule larve d'*E. Balteatus* peut consommer jusqu'à 400 pucerons durant son développement (LOPES *et al.*, 2011).

##### ❖ Les cécidomyies (Diptera : Cécidomyiidae) Fig.14.

Les femelles peuvent déposer environ 100 œufs parmi les colonies de pucerons, les larves à leur éclosion saisissent les pucerons par leur pièces buccales et en aspirent le contenu. Les adultes, par contre ne se nourrissent pas de pucerons (SULLIVAN, 2005).

##### ❖ Les chrysopes (Neuroptera : Chrysopidae) Fig.15

Les chrysopes sont des prédateurs poly phages, les larves sont très voraces, les adultes de certaines espèces, telle que *Chrysoperla carnea* se nourrissent de miellat,

de nectar et de pollen collecter sur diverses plantes, tandis que d'autres espèces appartenant au genre *Chrysopa* sont prédatrices de pucerons (LOPES *et al.*, 2011).

- ❖ **Les hémérobès (Neuroptera : Hémerobiidae) Fig.15** Les hémérobès sont des insectes de couleurs marron qui ressemblent fortement aux chrysopes dont les larves et les adultes sont d'importants prédateurs des pucerons (DIDIER, 2012).
- ❖ **Les punaises (Hemiptera : Anthacoridae)**

Selon SULLIVAN (2005), les genres *Anthocoris* et *Orius* sont des prédateurs de pucerons. Les adultes tout comme les larves sont aphidiphages.

### 1.7.2.2. Les parasitoïdes

Les principaux parasitoïdes de puceron sont représentés par la sous famille des Aphidiinae (Hymenoptera : Braconidae) et le genre *Aphelinus* (Hymenoptera : Aphelinidae), ces deux groupes pondent leurs œufs à l'intérieur du corps des larves et des adultes de leur hôte et dans le développement entraîne la mort de l'hôte (Le RALEC *et al.*, 2010).

LAAMARI *et al.*, (2010) rapportent que la sous famille des *Aphidiinae* renferme environ 400 espèces à travers le monde, certaines de ces espèces sont des parasitoïdes solitaires et spécifique des aphides. *Lysiphilus fabarum* est un endoparasitoïde solitaire, le plus abondant des parasitoïdes d'*Aphis fabae* dans les agro-écosystèmes, il cause une réduction drastique des populations d'*A fabae* comme il pourrait être utile en lutte biologique (MAHMOUDI *et al.*, 2010).

Les pucerons parasités gonflent et se transforment en momie (**Fig. 16**) de couleur brune d'où émerge après une dizaine de jours un nouvel hyménoptère parasité (KATI et HARDIE, 2010 ; OLIVER *et al.*, 2012).

### 1.7.2.3. Les champignons

Certaines espèces de champignons microscopiques, essentiellement des entomophthorales peuvent infecter les pucerons. Une fois les pucerons tués par ces champignons, leurs cadavres sporulent sous l'action combinée de l'humidité et de la température. Ils prennent alors un aspect pulvérulent et deviennent infectieux pour leurs propres congénères (TURPEAU-AIT IGHIL *et al.*, 2011).

## 1.8. Les dégâts liés aux pucerons

On reconnaît leurs attaques par enroulement des feuilles sur elles-mêmes et sont souvent collantes. Mais celles-ci sont loin d'être les seules nuisances causées par les pucerons! Ces derniers peuvent, en effet, à la fois entraîner des dégâts sur la plante-hôte de façon directe mais aussi de façon indirecte (LECLANT., 1996).

### 1.8.1. Les dégâts directs

Le puceron a un appareil buccal de type piqueur – suceur insère ses stylets dans les tissus végétaux et les fait pénétrer entre les cellules jusqu'à atteindre le phloème. Au cours de ce transit, il réalise diverses activités et prélèvements extracellulaires, mais également des ponctions intracellulaires dans des tissus non nourriciers.



Figure 12 : Adulte et larve de coccinelle (RAMEL In DEBRAS., 2007)



Figure 13 : larve de syrpe avec des pucerons (ANONYME, 2014).

Figure 14: les larves de cécidomyidae dévorant les pucerons vert de citrus (ANONYME, 2014).



Figure 15 : Adultes et larves de chrysope et d'hémérobes dévorant des pucerons (Anonyme, 2014).



Figure 16: Un puceron parasité (momie) (ANONYME, 2014).

Ces prélèvements, qui s'accompagnent toujours d'une injection de salive toxique provoque la déformation des tissus végétaux et l'enroulement des feuilles (LECLANT, 1974; POWELL *et al.*, 2006). Cette déformation peut aller de la simple crispation des feuilles ou au rabougrissement des aiguilles jusqu'à leur chute prématurée (LECLANT, 1996). Même la croissance de la plante peut être freinée, la plante s'affaiblit. On peut également observer un avortement des fleurs, la chute des feuilles ou des dessèchements de pousses. (LECLANT, 1996), (Fig.17).

### 1.8.2. Les dégâts indirects

Ceux-ci sont principalement dus à l'excrétion du miellat et la transmission de virus pathogènes par ces pucerons indésirables (LECOQ, 1996). La présence du puceron peut aussi déclencher l'extériorisation de maladies, à la suite d'une modification du métabolisme de la plante (LECLANT, 1996). La nuisibilité indirecte des pucerons sur la plante hôte peuvent être répartie en deux types:

- Rejet de miellat et apparition de fumagine :

Les besoins nutritifs des aphides en matières azotées (hydrates de carbone et acides aminés) impliquent une absorption considérable de sève, le plus souvent dans les vaisseaux du liber. De ce fait, les excédents aqueux encore très riches en hydrates de carbone sont excrétés et constituent le miellat (LECLANT, 1978). De nombreux pucerons produisent périodiquement des gouttelettes de miellat (de 0,05 à 0,1  $\mu$ l) (YAO *et al.*, 2001). Ce miellat constitue un milieu très favorable sur lequel s'établissent des champignons saprophytes provoquant des fumagines, qui entravent la respiration et la photosynthèse provoque la déshydratation, le dessèchement et la chute prématurée des feuilles et par conséquent affecte la croissance de la plante ou souillent les parties consommables (fruits) et les rendent impropres à la commercialisation (LECLANT, 1982; LECLANT, 1996; WÄCKERS, 2000).

- Transmission de virus :

Les pucerons sont également responsables de la transmission et de la dissémination de virus phytopathogène (LECLANT, 1996), ce qui implique de nombreuses maladies chez les plantes-hôtes comme sur Citrus : *Tristeza closterovirus* infecte toutes les espèces, cultivars et hybrides des agrumes (LECLANT, 1982 ; CANDRESSE et MARTELLI, 1995).



Figure 17: Dégâts directs d'un puceron sur agrumes (SEKKAT, 2007).

### 1.9. La lutte contre les pucerons

Dans le cas des dégâts directs, on cherchera à protéger les stades sensibles de la plante, en empêchant les populations d'atteindre des effectifs où elles sont susceptibles de faire des dégâts réellement quantifiables. Dans le cas des maladies virales, on cherchera à limiter au maximum l'introduction de virus dans une parcelle indemne par les pucerons ailés qui y atterrissent, puis leur dissémination secondaire par des pucerons produits sur place (INRA., 2014).

La lutte intégrée peut se définir par l'emploi combiné et raisonné de tous les moyens de lutte dont l'agriculteur pour maintenir la population de ravageurs à un niveau suffisamment bas pour que les dégâts occasionnés à la culture soient économiquement tolérables (FAURIE et al., 2007).

#### 1.9.1. La lutte chimique

Les produits de la chimie de synthèse se sont avérés d'une grande efficacité pour contrôler les populations de pucerons. Cependant une stratégie fondée sur leur emploi immodéré a montré ses limites et est contestée pour ses conséquences sur la santé humaine et l'environnement (INRA, 2014).

Les insecticides peuvent agir par contact, ou après absorption de la sève (produit systémique). Il existe aussi des produits à mode intermédiaire (Trans laminaires).

Les huiles de pétrole qui agissent par asphyxie, sont utilisées en vergers et pépinières en traitement d'hiver pour détruire les œufs de pucerons. Les limitations de pullulations de pucerons peuvent se faire à l'aide de produits systémiques, (INRA, 2014).

#### 1.9.2. La lutte biologique

Ce mode de lutte s'articule dans la majeure partie des cas sur l'utilisation des ennemies ou auxiliaires des cultures pour réduire les niveaux des populations aphidiennes à des seuils économiquement tolérables (SULLIVAN, 2005).

#### 1.9.3. La lutte variétale

La lutte variétale consiste à employer des variétés de plantes résistantes ou tolérantes aux pucerons, (INRA, 2014). D'après DEDRYVER (2010), les mécanismes de résistance des plantes aux pucerons sont de trois types : l'antixénose ou la plante est refusée par l'insecte qui l'évite, l'antibiose ou la plante réduit le potentiel de multiplication de l'insecte et la tolérance ou la plante ne souffre pas ou peu de la présence des insectes qui s'y alimentent et s'y multiplient. Selon le même auteur, la sélection de cultivars résistants aux pucerons essentiellement par antibiose est une méthode de lutte particulièrement judicieuse dans le contexte d'une agriculture durable.

#### 1.9.4. La lutte préventive

La lutte préventive se base sur les différentes pratiques culturales pouvant réduire les dégâts tels que la détermination d'une date de semi et de récolte adéquate, la rotation des cultures avec une plante qui serait attrayante pour les pucerons ; les associations culturales et la suppression des mauvaises herbes ou résidus de cultures qui pourraient héberger des pucerons (SULLIVAN, 2007).

## **Chapitre 2 : Régulation naturelle et contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes**

---

### **2.1. Introduction sur la lutte biologique**

La lutte biologique est considérée comme l'une des stratégies de lutte des plus appréciées pour réguler les populations de pucerons (LECLANT et MILAIRE, 1975). Cette forme de lutte consiste à introduire ou réintroduire des organismes vivants dans plus particulièrement un agrosystème pour réduire ou supprimer des populations d'organismes considérés comme nuisibles, mais qui jouent un rôle dans les réseaux trophiques et dans la structuration d'un ou plusieurs écosystèmes.

D'après Van LENTEREN *et al.*, (2006) et SFORZA, (2009), ce sont plus de 5000 introductions d'environ 2000 espèces d'arthropodes différents, et pas moins de 1000 introductions avec 350 espèces, pour le contrôle respectif de ravageurs et de plantes invasives, qui furent effectuées.

Une modification technologique en lutte biologique prise en considération est la réorganisation des écosystèmes de culture, par le contrôle des mauvaises herbes dans les cultures. Avec la réorganisation des écosystèmes, on tente d'influer sur les conditions de vie des phytophages de telle sorte que leur infestation en soit considérablement diminué et les ennemis naturels protégés. Dans le cadre de l'application de cette technologie à faibles intrants, on améliore la fertilité du sol, et on encourage la lutte biologique contre les organismes nuisibles, (DELUCCHI, 1991 ; CHAUBET, 1992).

### **2.2. Bref aperçu historique**

L'Homme a toujours eu des ennemis dont il voulait réduire l'abondance, que ce soit d'autres hommes ou des ravageurs, dont l'importance et les impacts ont varié au cours de l'histoire. Aussi, depuis le début de l'agriculture, il y a environ 10 000 ans, les fermiers ont rencontré divers problèmes liés aux organismes nuisibles qui ont augmenté avec l'intensification des cultures. Sera présenté dans les paragraphes qui suivent un bref historique de la lutte biologique, dans le monde, et en Algérie (LAMBERT, 2010).

#### **2.2.1. Dans le monde**

Historiquement la lutte biologique a précédé à tous les autres moyens de lutte (PELOSATO, 1998). Le rôle des prédateurs était le premier à découvrir. Déjà en Chine ancienne, 200 ans avant J.C., des fourmis prédatrices sont utilisées pour protéger les cultures des agrumes (LEVIEUX, 1987 et SPECTY, 2002). Vers la fin du XIXe siècle, les scientifiques commencèrent à étudier la production et la libération d'ennemis naturels pour lutter contre les insectes (LANGER *et al.*, 2004). La première grande utilisation de prédateurs était, en revanche, en 1882 avec la coccinelle

## Chapitre 2 : Régulation naturelle et contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes

---

australienne, *Rodalia cardinalis*, pour lutter contre la cochenille, *Icerya purchasi*, qui menaçait les vergers agrumicoles de Californie (SPECTY, 2002). Le recours aux ennemis naturels comme auxiliaires de lutte a reculé depuis l'année 1950, suite à la découverte des molécules de DDT. Quelques décennies plus tard, la lutte biologique a fait sa réapparition avec les phénomènes de résistance notés chez les ravageurs et l'apparition d'autres organismes qui n'étaient pas nuisibles (LANGER *et al.*, 2004).

### 2.2.2. En Algérie

En Algérie, différents cas d'intervention en matière de lutte biologique ont été réalisés.

- En 1922, avec l'introduction de *Novius (Rodolia) cardinalis* contre la cochenille australienne « *Icerya purchasi* » (DOUMANDJI, 1993).
- En 1931 concernant l'utilisation de *Cryptolaemus montrouzieri* contre la cochenille farineuse des agrumes *Pseudococcus citri* (DOUMANDJI, 1993).
- C'est durant les années 80 que des essais de lutte biologique ont été entrepris contre *Ectomyelois ceratoniae* dans des vergers de citrus avec l'utilisation du *Trichogramma embryophagum* selon le même auteur.
- En 1984, L'INPV (Institut National de la protection des végétaux) avait procédé pour la 1<sup>ère</sup> fois à une lutte biologique contre la mouche blanche des agrumes (*Aleurothrixus floccosus*) à l'aide d'un insecte parasitoïde indigène (*Cales noaki*), dans la région de la Mitidja. Les résultats étaient probants.
- En 2010, l'INPV a engagé un programme de relance des élevages d'auxiliaires allochtones *Semiolachar petiolatus* Girault (Hymenoptera : Eulophidae) et *Citrostichus phyllocnistoides* Narayanan.

### 2.3. Intérêt, avantages, bienfaits et commodité

Bien que la lutte biologique existe avant toutes les autres méthodes, ses grandes applications ne sont apparues que suite aux problèmes engendrés par l'utilisation des pesticides. Celle-ci s'est imposée progressivement comme une alternative plus efficace et économique au contrôle chimique des populations d'insectes nuisibles (BRODEUR, 2007) et apparaît comme une voie prometteuse alliant la préservation des écosystèmes naturels et la protection des plantes (REY, 2007).

Ses avantages sont multiples ; environnementaux, sociaux et économiques (LAMBERT, 2010). La lutte biologique est une méthode qui vise dans son contexte le rétablissement de l'équilibre et le maintien des niveaux populationnels au-dessous d'un seuil acceptable (CTA, 2008), tout en utilisant des méthodes biologiques en

## **Chapitre 2 : Régulation naturelle et contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes**

---

adéquation avec l'environnement (SFORZA et SHEPPARD, 2004). La spécificité et la sélectivité marquées des agents de la lutte biologique délimitent le spectre de leur application à certains ravageurs (YOUNG et COTE, 2000). L'intérêt de la lutte biologique apparaît donc dans la durabilité de son application. Contrairement aux molécules chimiques, les auxiliaires de lutte biologiques s'implantent et s'intègrent dans l'écosystème et deviennent un de ces maillons (VAN HELDEN, 2011). Sur le plan social, cette méthode semble être appréciée, en particulier avec la connaissance des impacts négatifs de certains pesticides sur la santé. Elle a également comme avantage de pouvoir être utilisée sans risque dans les endroits très fréquentés (LAMBERT, 2010).

### **2.4. Inconvénients, risques et limites**

La lutte biologique n'est pas parfaite et présente des inconvénients non négligeables. (LAMBERT, 2010).

Comme pour un pesticide chimique, les ravageurs parviennent à développer des mécanismes leur permettant de synthétiser des substances inhibitrices des stimuli chimiques aidant les auxiliaires à les détecter (VAN HELDEN, 2011). L'auxiliaire pourra ainsi faire recours à d'autres organismes pour assurer sa survie, ce qui peut engendrer de lourds impacts environnementaux. La lutte biologique peut devenir une menace de la biodiversité lors d'un mauvais choix de l'agent (LAMBERT, 2010), d'où la préférence des auxiliaires spécifiques aux agents polyphages (GREATHEAD, 1995). Des rejets sociaux sont aussi à noter, en particulier quand il s'agit d'utilisation des microorganismes pathogènes ; des bactéries, des virus et des champignons, où les risques de contaminations sont à craindre (LAMBERT, 2010). Sur le plan économique, les coûts et les difficultés des élevages sont à prendre en considération (CARRIER, 2011).

### **2.5. Stratégies de la lutte biologique**

#### **2.5.1. Stratégie d'acclimatation**

Dans les conditions naturelles, chaque espèce est contrôlée par des facteurs limitants abiotiques et biotiques. On peut lutter contre un ravageur en introduisant dans le milieu un nouvel agent de contrôle. Cette stratégie nécessite que l'agent de contrôle subisse d'abord une acclimatation et s'applique surtout quand on se trouve devant un ravageur introduit de l'étranger sans son cortège d'ennemis naturels (LAMBERT, 2010).

## **Chapitre 2 : Régulation naturelle et contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes**

---

### **2.5.2. Stratégie des lâchers inondatifs**

La stratégie de lâchers inondatifs nécessite l'élevage au laboratoire d'un grand nombre de prédateurs ou de parasites qu'on transportera dans les cultures au moment où les populations du ravageur amorcent une montée dangereuse. Contrairement au premier cas, l'agent de contrôle est présent dans la faune locale. Il suffit d'en obtenir artificiellement de grandes quantités. Les microorganismes sont de plus en plus utilisés. Parmi eux nous pouvons citer, *Bacillus thuringiensis* qui a été utilisé dans la lutte biologique contre divers Lépidoptères nuisibles et des larves des Culicidae (LAMBERT, 2010).

### **2.5.3. Stérilisation**

La technique consiste à stériliser les mâles des ravageurs. L'exemple classique est l'élimination de *Cochlomya hominivorax* des états riverains du golfe du Mexique en 1954 par des lâchers massifs de mâles stérilisés à l'isotope 60 du cobalt. Cette méthode dite autocide nécessite malheureusement des élevages de masse et des techniques d'irradiation très coûteuses. L'usage récent de substances chimio-stérilisantes perturbant les étapes de la gamétogenèse pourra permettre de réduire les frais. Leur forte toxicité pour les vertébrés implique la précaution de ne les employer qu'en conjonction avec des phéromones sexuelles. Les stérilisants agissent non seulement sur mais aussi à travers les insectes qui les absorbent (LAMBERT, 2010).

### **2.5.4. Perturbation du développement**

L'ecdysone et la Néoténine sont deux hormones dont l'absorption peut empêcher une larve d'insecte d'atteindre le stade adulte. L'avantage de la Néoténine (hydrocarbure non saturé apparenté aux sesquiterpènes) réside toutefois dans ses caractéristiques : elle est non toxique pour les vertébrés, agit par simple contact et ne risque pas de créer des souches résistantes. Les chimistes ont découvert d'autres substances présentant une activité spécifique sur certaines familles d'insectes. C'est le cas de la Juvabione qui n'agit que sur les Pynhocoridae (LAMBERT, 2010).

### **2.5.5. La confusion des mâles**

La stratégie consiste à placer dans le milieu plusieurs diffuseurs de phéromones sexuels. Devant les nombreuses substances attractives, les mâles sont confondus et ne savent plus localiser exactement où se trouvent les femelles. Cette situation limite

## **Chapitre 2 : Régulation naturelle et contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes**

---

alors les chances d'accouplement et provoque une baisse des effectifs dans la population du ravageur (LAMBERT, 2010).

### **2.6. Les auxiliaires de la lutte biologique**

Dans un écosystème naturel les populations des espèces nuisibles restent toujours au-dessous d'un seuil, parfois difficile à les détecter (MARIAU, 1996). En revanche, les pullulations des ravageurs ne sont pas rares, et fréquentes pour certaines espèces en dehors de leur l'écosystème, soit par une augmentation de la fécondité des espèces ravageuses suite aux variations climatiques (MARIAU, 1996), soit à l'abondance de la nourriture ou au manque d'ennemis naturels (PELOSATO, 1998). Le principe de la lutte biologique repose sur l'utilisation des organismes vivants qui s'attaquent à un ou plusieurs ravageurs (ACTA, 1984). Ils peuvent être des prédateurs, des parasitoïdes ou des agents pathogènes, qui ne laissent pas de résidus toxiques. Environ 80% des espèces utilisées en lutte biologique sont des parasitoïdes, 17% sont des prédateurs et le reste des pathogènes (SUTY, 2010).

#### **2.6.1. Les prédateurs**

Contrairement aux parasitoïdes, qui se développent sur le même hôte, les prédateurs ont besoins de diverses proies (RIBA et SILVY, 1989 ; GOUBAULT, 2003). Ils peuvent être des invertébrés ; insectes et arachnides, ou des vertébrés ; des oiseaux, des reptiles, des hérissons et des chauves-souris. La majorité des insectes prédateurs sont des noctules, qui chassent dans divers habitats (VAN DRIESCHE *et al.*, 2008) et qui appartiennent aux coléoptères, aux névroptères ou aux hémiptères (RIBA et SILVY, 1989). Les proies peuvent être détectées grâce aux signaux chimiques qu'elles émettent et qui sont corrélés avec leur nombre (GOUBAULT, 2003).

#### **2.6.2. Les parasitoïdes**

Plus de 150 000 espèces d'insectes sont parasitiques, la majorité d'entre elles étant plus précisément des parasitoïdes d'autres insectes. Les insectes exploités dans la lutte biologique contre les ravageurs sont le plus souvent des hyménoptères Chalcidoïdea ou ichneumonoïdes et des diptères Tachinides, mais d'autres groupes d'hyménoptères, de diptères et de coléoptères sont aussi exploités à un moindre degré. (VINCENT *et al.*, 1992). Les parasitoïdes sont caractérisés par un adulte actif ayant de fortes capacités d'orientation et de repérage d'hôte potentiels. Généralement, l'adulte dépose un ou plusieurs œufs de façon qu'il soit directement en

## **Chapitre 2 : Régulation naturelle et contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes**

---

contact avec l'hôte, soit en surface ou à l'intérieur dans le cas d'hyménoptères, mais seulement en surface dans le cas des tachines. Certains parasitoïdes déposent leurs œufs hors de l'hôte c'est, dans ce cas, la larve qui doit trouver l'hôte, selon le même auteur.

Les parasitoïdes sont des candidats de premier choix comme biocide autonome applicables à la lutte biologique contre les ravageurs. Selon VINCENT *et al.*, (1992) leurs avantages sur d'autres possibilités, et en particulier sur les microorganismes sont :

- Une forte autonomie et une grande mobilité se manifestant par une capacité élevée de dispersion, de repérage du ravageur et de survie indépendante ;
- Une bonne capacité d'auto propagation, avec possibilité d'effets durables sinon permanents, et modérément amplifiés, pourvu que des hôtes convenables soit accessibles ;
- Un niveau de sécurité exceptionnel pour la santé humaine et la qualité du milieu ;
- Une spécificité très élevée, qui permet une capacité d'intervention précise contre un ravageur particulier ou quelques espèces apparentées.

### **2.6.3. Inconvénients de l'utilisation des auxiliaires en lutte biologique**

D'après LAMBERT (2010), l'utilisation es auxiliaires en lutte biologique peut présenter des inconvénients qui se résument comme suit.

- Le caractère onéreux de leur production en masse à partir de plantes vivantes, ou de régimes alimentaires particuliers ;
- Le fait que leur livraison vers le lieu d'intervention nécessite des précautions spéciales pour assurer l'intégrité des entomophages libérés ;
- Le fait que leur libération et souvent manuelle, donc exigeante en main d'œuvre ;
- La longueur relative de leur délai d'action ;
- L'incertitude quant au niveau de répression, qui est lié à l'influence des conditions extérieurs sur l'activité et la survie des parasitoïdes ;
- Le niveau élevé de leur spécificité biologique, qui limite la gamme des ravageurs visés et la possibilité d'auto propagation lorsque l'hôte a une faible densité.

### 2.7. Cas d'utilisation en lutte biologique contre les pucerons

#### 2.7.1. Aperçu sur l'ordre des Hyménoptères

Les parasitoïdes de pucerons se répartissent en deux catégories : les parasitoïdes primaires et les hyper-parasitoïdes (parasitoïdes secondaires). Les parasitoïdes appartiennent majoritairement à l'ordre des Hyménoptères.

Les hyménoptères constituent, après les coléoptères, l'ordre d'insectes le plus diversifié et on estime actuellement qu'il y a plus de 230 000 espèces décrites. Les hyménoptères (Hymenoptera) sont un ordre d'insectes, sous-classe des ptérygotes, section des néoptères, Super-Ordre des mécoptéroïdes. Des représentants communs de cet ordre sont les abeilles, les guêpes et les fourmis. Le plus souvent des espèces de ce ordre sont des parasites d'autres insectes, ils sont ainsi beaucoup utilisés dans la lutte biologique démontrant leurs grands impacts sur la régulation des populations hôtes (SHARKEY, 2007).

##### 2.7.1.1.. Caractères morphologiques

Les hyménoptères sont caractérisés par **(Fig.18)**:

- Deux paires d'ailes membraneuses reliées l'une à l'autre par un système de couplage,
- Les ailes antérieures sont plus larges que les postérieures,
- L'appareil buccal varie du type broyeur au type lécheur avec des formes intermédiaires.
- Les mandibules bien développées servent à la capture des proies et au façonnage du nid,
- Les maxilles et le labium sont unis par une membrane et forment une sorte de trompe qui permet l'aspiration des liquides,
- Les larves sont pour la plupart dépourvues de pattes mais elles ont une capsule céphalique bien visible,
- à la fin de leur développement, les larves tissent souvent un cocon d'où l'adulte émerge après la nymphose,
- les mâles sont haploïdes car leurs cellules ne renferment qu'un seul exemplaire des chromosomes de l'espèce tandis que les femelles sont diploïdes, leurs cellules possédant une paire de chacun de ces chromosomes (ANONYME, 2014).

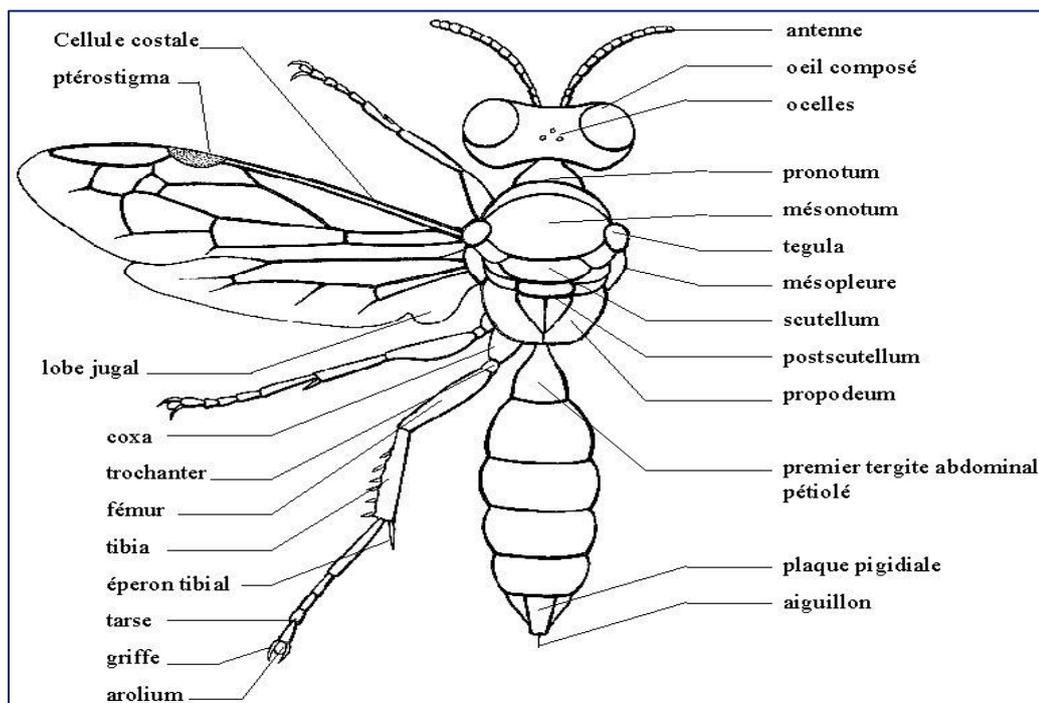


Figure 18 : Morphologie d'un Hyménoptère (ANONYME, 2014).

### 2.7.2. Généralités sur la super famille des Ichneumonoïdea

Ichneumonoïdea, les Ichneumonoïdes, est une Super-famille d'insectes hyménoptères parasitoïdes. Ils ont un corps allongé. Leurs antennes coudées sont composées de nombreux articles. La tarière des femelles peut atteindre de grandes tailles.

Les Ichneumonoïdes ne comprennent que deux très grandes familles : Ichneumonidae et Braconidae (INRA, 2014).

#### 2.7.2.1. Les Braconidae

La famille des Braconidae est une des plus importantes familles d'hyménoptères avec 40.000 espèces dans le monde et plus de 30 sous-familles, toutes parasitoïdes de divers ordres d'insectes (nombreux coléoptères et lépidoptères). Certaines sous-familles sont très spécialisées comme les Opiinae qui ne se développent que sur des diptères ou les Aphidiinae qui n'ont que des pucerons pour hôtes.

La famille des Braconidae renferme actuellement plus de 40 000 espèces de taille moyenne : les pucerons sont des proies hôtes des espèces *Aphidius* sp. La nymphose a souvent lieu en dehors de l'hôte. Leur biologie est très diversifiée puisqu'ils sont solitaires ou grégaires, endo ou ectoparasites. D'après PINTUREAU, 2009.

## Chapitre 2 : Régulation naturelle et contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes

---

Les Braconidae sont également très diversifiés avec probablement plus de 2000 espèces présentes. Ils s'attaquent à des hôtes plus diversifiés que les Ichneumonidés et on va trouver ici, toujours des parasitoïdes de lépidoptères, mais aussi de pucerons, de coléoptères, de mouches mineuses, de mouches des fruits, de coléoptères xylophages incluant les scolytes (DELVARE ,2006).

Les Braconidae se distinguent de leur famille sœur, les Ichneumonidae, par les présences d'une fusion entre les tergites abdominaux 2 et 3, ainsi que par l'absence de la nervure transverse 2 m-Cu de l'aile antérieure.

### 2.7.2.2. Caractères morphologiques

L'identification des Braconidae est délicate. Très proches des Ichneumonidae, on peut les différencier par l'absence de la deuxième nervure récurrente sur l'aile antérieure:

- Leur taille varie de 1 à 10 mm (2 à 27 mm pour les Ichneumonidae).
- parents proches, de couleur noire, marron ou orange (parfois avec taches rouges).
- Ailes bien développées aux nombreuses nervures. Une seule cellule discoïdale, du fait d'une seule nervure récurrente.
- Les antennes ont plus de 16 articles et sont bien développées.
- Les mandibules sont bidentées.
- Les femelles sont souvent dotées d'un long ovipositeur.
- Leur ovipositeur est généralement visible mais parfois discret (cas des Aphidiinae).
- La plupart se développent en parasitoïdes primaires.
- Ils peuvent être ectoparasitoïdes idiobiontes ou endoparasitoïdes koinobiontes (cas des Aphidiinae) (ANONYME, 2014).

### 2.7.2.3. Les Aphidiinae :

Les Aphidiinae forment une sous-famille d'hyménoptères de la famille des Braconidae de petite taille quelques millimètres (2 à 3,5 mm). Ce sont des endoparasitoïdes solitaires de pucerons.

Cette sous-famille comprend environ 27 genres et 120 espèces en Europe. Le genre *Aphidius* est le plus représenté. Les deux espèces *Aphidius colemani* et *A. ervi* sont utilisées en lutte biologique.

Les Aphidiinae sont des parasitoïdes primaires appartenant à la famille des Aphidiinae sont représentés par 11 espèces (*Aphidius matricariae*, *A. colemani*, *A. ervi*, *A. transcaspicus*, *Aphidius sp*, *Trioxys angelicae*, *T. acalephae*, *Diaeretiella rapae*, *Ephedrus persicae*, *Praon volucre* et *Lysiphlebus testaceipes*).

## Chapitre 2 : Régulation naturelle et contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes

---

En Algérie, *Aphidius matricariae* est l'espèce la plus dominante sur les pucerons inféodés aux plantes spontanées et cultivées. Il a été signalé sur 23 espèces de pucerons installés sur 38 espèces végétales (LAAMARI et al., 2011 et 2012).

L'espèce *Aphidius colemani* occupe le deuxième rang. Il a été signalé sur 4 espèces de pucerons inféodées à 9 plantes ornementales. D'après ELLIOTT et al. (1994) et STARY (1975) cités par WATERHOUSE (1998), ce parasitoïde préfère s'installer sur des aphides appartenant à la famille des Aphididae. Dans le bassin méditerranéen, *A. colemani* a été isolé à partir des momies de *Melanaphis donacis* et d'*Hyalopterus pruni* au Maroc, en Italie et en France (Stary et Sekkat, 1987 ; Waterhouse, 1998). Il a été signalé aussi en Tunisie sur *Hyalopterus pruni* (BEN HALIMA et BEN HAMOUDA, 2005) et sur *Aphis gossypii* (BOUKHRIS-BOUHACHEM, 2011). En France, il a parasité *Aphis nerii* sur laurier rose (TARDIEUX et RABASSE 1986 et 1988 cités par WATERHOUSE, 1998). *Aphidius matricariae* et *A. colemani* sont commercialisés dans de nombreux pays comme des agents de contrôle biologique des pucerons (ANDORNO et al, 2007).

La troisième place est occupée par *Trioxys angelicae* d'après HEMIDI et al., (2013). Cette espèce est largement distribuée en Europe, en Asie Mineure et en Afrique du Nord (ROSEN, 1967 cités par WATERHOUSE, 1998).

Ce parasitoïde a émergé à partir des momies d'*Aphis gossypii*, *A. punicae* et *A. spiraecola*. En milieu cultivé, il a été signalé sur *Aphis punicae* et *A. spiraecola* inféodés aux arbres fruitiers (HEMIDI et al., 2013).

### 2.7.2.4. Caractères morphologiques d'un Aphidiinae

- Les Aphidiinae sont de petits hyménoptères de quelque mm (2 à 3,5 mm).
- La coloration des adultes va du noir au brun, jusqu'au plus ou moins jaune orangé.
- Ils se distinguent des autres Braconidae par une nervation alaire particulière et une articulation entre le deuxième et le troisième tergite abdominal permettant une position de ponte caractéristique.
- L'ovipositeur est généralement court et peu visible en comparaison des autres Braconidae.
- Le nombre d'articles antennaires dépasse rarement 20 (**Fig.19**).
- Les Aphidiinae ont une nervation alaire réduite sauf le genre Ephedrus qui a une nervation complète (ANONYME, 2014), (**Fig.20, 21**).

## Chapitre 2 : Régulation naturelle et contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes



Figure 19 : Antenne d'un Aphidiinae (*Aphidius ervi*) (ANONYME, 2014).

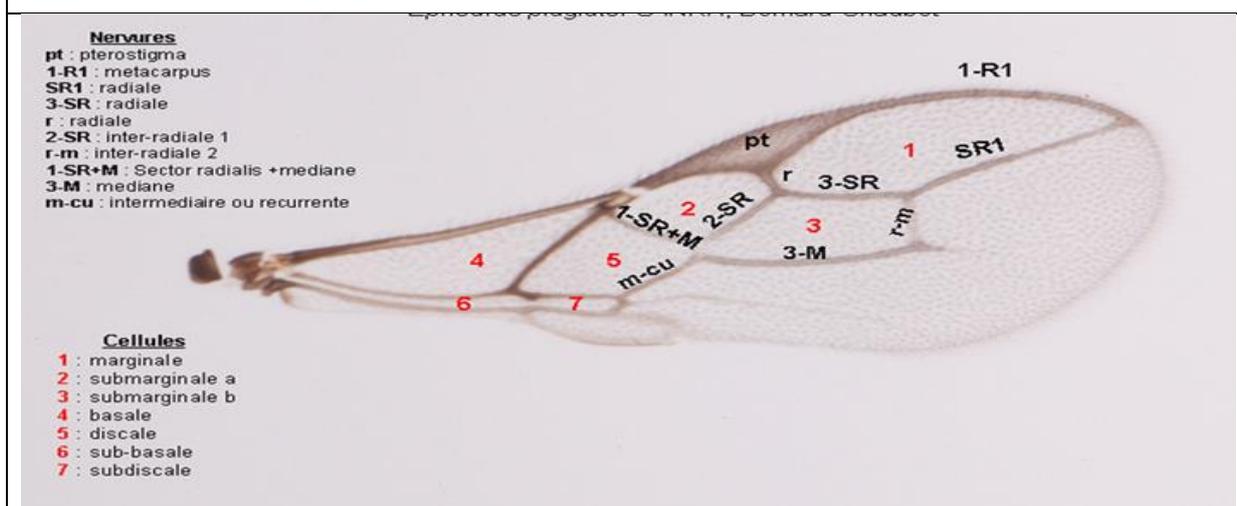


Figure 20 : Nervation alaire d'un Aphidiinae (ANONYME, 2014).

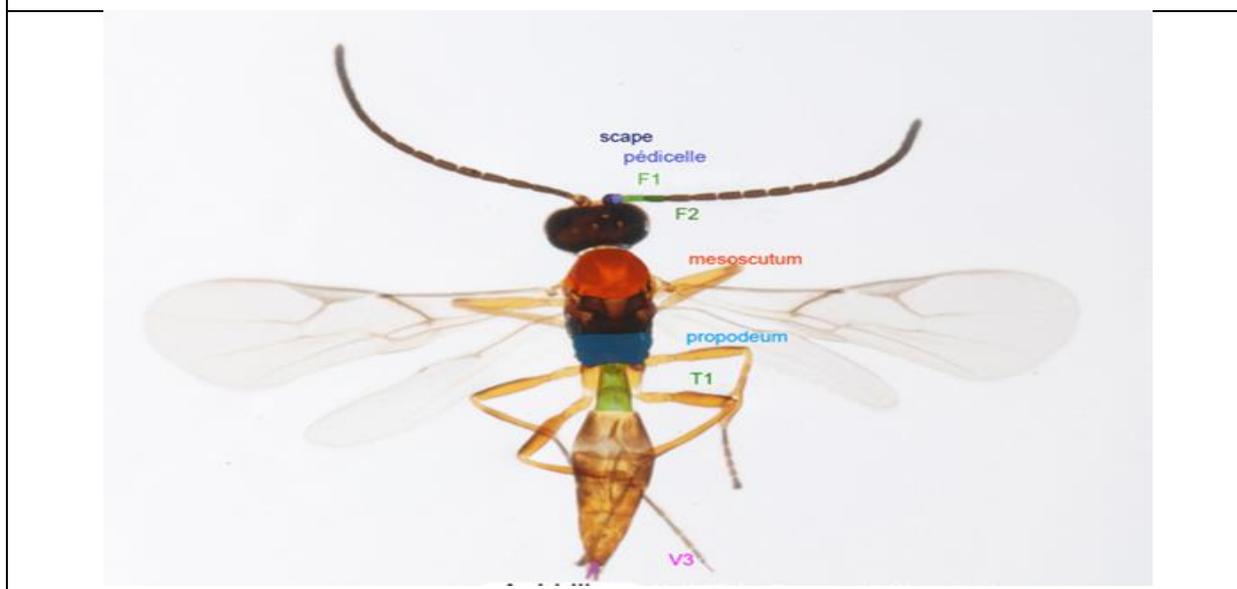


Figure 21 : Morphologie d'un Aphidiinae (ANONYME, 2014).

## Chapitre 2 : Régulation naturelle et contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes

### 2.7.2.5. Biologie des Aphidiinae

Comme leur nom l'indique, ce sont des endoparasites d'Aphides (pucerons). Les femelles parasitent leurs proies en pondant directement leurs œufs à l'intérieur de leur hôte à l'aide de leur tarière qui ressemble à un dard. Les larves se développent à l'intérieur des pucerons où elles exécuteront leur métamorphose avant de s'extirper de la carcasse de leur hôte devenu une simple enveloppe vide appelée « momie » (INRA, 2014).

### 2.7.2.6. L'utilisation des Aphidiinae en lutte biologique

Certains de ces micro hyménoptères sont utilisés en lutte biologique contre les pucerons, comme : *Aphidius ervi* ; *Aphidius colemani* ; *Aphidius picipes* Nees.

Leur efficacité (chaque femelle peut parasiter au cours de sa descendance plusieurs dizaines de pucerons par jour) se fait ressentir en quelques jours dans un élevage.

### 2.7.3. Les hyper parasitoïdes des pucerons

Les hyper-parasitoïdes (parasitoïdes secondaires) sont des hyménoptères (Hymenoptera, sous-ordre Parasitica) qui se développent au dépend des parasites primaires (Hymenoptera : Aphelinidae et Braconidae Aphidiinae) présents dans les pucerons.

Les hyper parasitoïdes sont représentés par 7 espèces appartenant à 4 familles. Il s'agit d'*Alloxysta vitrix* (Alloxystidae), *Dendrocerus sp.* (Megaspilidae), *Syrphophagus aphidivorus* (Encyrtidae), *Asaphes sp.*, *Coruna clavata.* (HEMIDI *et al.*, 2013) (Tableau 1).

**Tableau 1. Principaux parasitoïdes secondaires des aphides d'après HEMIDI *et al.*, (2013).**

Sous-ordre	Super-famille	Famille	Sous-famille	Genre
Parasitica	Chalcidoïdea	Pteromalidae	Asaphinae	<i>Asaphes sp.</i>
			Pteromalidae	<i>Pachyneuron sp.</i> <i>Coruna sp.</i> <i>Euneura sp.</i>
		Encyrtidae	Encyrtinae	<i>Syrphophagus sp.</i>
		Eulophidae		<i>Tetrastichus sp.</i>
	Ceraphronoïdea	Megaspilidae	Tetrastichinae	<i>Dendrocerus sp.</i>
	Cynipoïdea	Charipidae (Cynipidae) ou (Figitidae)	Alloxystinae	<i>Alloxysta sp.</i> <i>Phaenoglyphis sp.</i>

## **Chapitre 2 : Régulation naturelle et contrôle biologique des populations aphidiennes sur agrumes**

---

Les Hyper parasitoïdes des pucerons des agrumes les plus connus se répartissent dans trois super familles et trois familles et de trois genre.

### **2.7.3.1. Les Pteromalidae**

La famille des Pteromalidae (Chalcidoïdea) compte plus de 1000 espèces en Europe (plus de 4000 dans le monde). Leur taille varie de 1,2 à 6,7 mm La grande majorité des espèces sont des parasitoïdes de divers stades d'insectes et plus rarement d'araignées. 28 sous-familles sont connues mais seulement deux d'entre elles sont des hyper-parasitoïdes de pucerons : les Asaphinae avec le genre Asaphes et les Pteromalidae avec les genres : Pachyneuron, Coruna et Euneura. (TODOROV., 2011), **(Fig.22)**.

### **2.7.3.2. Les Megaspilidae**

Les Megaspilidae (Ceraphronoïdea) sont présents dans la plupart des régions du monde. Ils se développent en ectoparasitoïdes primaires sur de nombreux hôtes appartenant à différents ordres d'insectes. Beaucoup sont aussi des hyper-parasitoïdes comme le genre Dendrocerus qui comprend quelques espèces se développant sur puceron via des parasitoïdes primaires (Hymenoptera, Aphidiinae et Aphelinidae). (TODOROV, 2011), **(Fig. 23)**.

### **2.7.3.3. Les Cynipidae**

Les Cynipidae, aussi appelés « guêpes à galles » ou « mouche à galles », sont une famille de l'ordre des hyménoptères et appartiennent au sous-ordre des apocrites dans la Super-famille des Cynipoïdea. Environ 1300 espèces de ces très petits insectes (1-8 millimètres) sont connues dans le monde, avec environ 360 espèces de 36 genres différents en Europe et quelque 800 espèces en Amérique du Nord. Beaucoup sont aussi des hyper-parasitoïdes comme le genre Alloxysta sp qui comprend quelques espèces se développant sur puceron via des parasitoïdes primaires (Hymenoptera, Aphidiinae et Aphelinidae), (CHAUBET., 2012), **(Fig. 24)**.

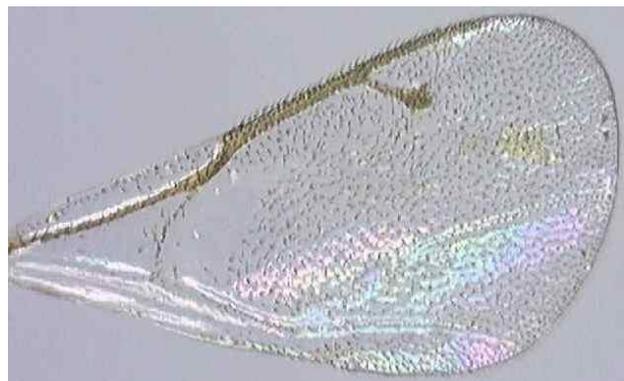


Figure 22: Aile et adulte d'un Pteromalidae (ANONYME, 2014).



Figure 23 : Aile et adulte d'un Megaspilidae (ANONYME, 2014).

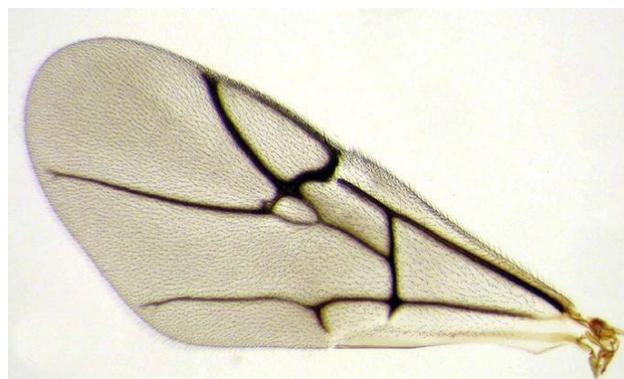


Figure 24: Aile et adulte d'un Cynipidae (*Phaenoglyphis* sp) (Original, 2015).

Ce travail s'intègre dans le cadre de l'étude de la biodiversité des Aphidiinae dans les vergers d'agrumes en Algérie.

### 3.1. Présentation de la région d'étude la Mitidja

L'étude est réalisée dans la région de la Mitidja Centrale au niveau des stations de Boufarik et de Guerouaou de la willaya de Blida.

La plaine de la Mitidja a fait l'objet de plusieurs études et projets d'amélioration (développement) et cela est dû au grand rôle qu'elle joue sur le plan économique et agricole. Cette place qu'occupe cette région est due à :

- La fertilité de son sol.
- Sa situation stratégique : sa proximité de la capitale, son accessibilité, la facilité de transport de la marchandise et également au réseau routier qui l'entoure.
- Son climat favorable avec une précipitation moyenne de 600 mm
- La diversité des cultures appliquées (arboriculture, cultures maraîchères).

#### 3.1.1. Situation géographique

La Mitidja avec une latitude (DMS): 36° 36' 0N, et une longitude (DMS): 3° 0' 0E. Est la plus vaste plaine sub-littorale d'Algérie. Elle s'étend sur 140.000 hectares, s'étirant sur une centaine de kilomètres de long, et 5 à 20 kilomètres de large (**Fig. 25**). Elle est isolée de la mer par la ride de Sahel, prenant appui sur le vieux massif de Chenoua, à l'est d'Alger entre Oued Reghaia et Oued Boudouaou.

Les altitudes sur la lisière méridionale dépassent généralement les 140m (260 m à Blida), pour s'abaisser vers le nord, dans la basse plaine à une vingtaine de mètres (18 m à ancien lac Halloula). Par contre, aux deux extrémités, les altitudes varient de 60 à 70 m pour la partie occidentale et de 90 à 100 m pour la partie orientale (**MUTIN, 1977**).

La partie centrale de l'Atlas Blidéen culmine à 1600 mètres. Les pentes très fortes (supérieures à 30%) sont sujettes à une érosion intense, là où la couverture forestière fait défaut.

Seul le piémont, d'altitude variant entre 200 et 600 mètres, présente des conditions favorables à un développement agricole.



**Figure 25: Situation géographique de la région d'étude (Google earth).**

### 3.2. Caractéristiques climatiques

Vu le rôle important que joue le climat dans la dynamique des populations des insectes, il est nécessaire de donner un aperçu sur les fluctuations climatiques, à savoir les précipitations et les températures.

#### 3.2.1. La pluviométrie

L'eau est un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres afin d'assurer un équilibre biologique (MERCIER, 1999).

Les précipitations mensuelles en Mitidja ont un régime typiquement méditerranéen avec un maximum en hiver et un minimum en été (ANONYME, 1998), variant entre 600 et 900 mm en fonction de la région considérée (localisation géographique et l'altitude) (MUTIN, 1977). Cette distribution inégale des précipitations au cours du cycle annuel et l'alternance saison humide et saison sèche joue un rôle régulateur dans les activités biologiques des ravageurs.

#### 3.2.2. La température

La température représente un facteur limitant de toutes premières importances, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

Les données thermiques, à savoir, les températures minimales (m), maximales (M) et moyennes mensuelles  $[(m + M)/2]$  au cours des années 2004 à 2015, sont recueillies auprès de l'O.N.M (Office Nationale de la Météorologie, Dar El Beïda). L'analyse de la température, fait ressortir que les basses températures sont enregistrées aux mois de janvier et février. Les hautes températures sont notées durant les mois de juillet et août.

### 3.2.3. Les Vents et gelée

Les vents les plus redoutés pour les vergers de la Mitidja sont ceux qui soufflent en hiver de l'ouest et du nord –ouest Modérés, ils frappent, parfois, fortement à la fin de l'automne (novembre) et en hiver, or les vents desséchants (sirocco) du sud provoquent des dommages aux vergers lorsqu'ils sont insuffisamment protégés. (MUTIN ,1977).

Les gelées sont fréquentes en hiver. Elles causent de graves dommages sur les feuilles, les jeunes rameaux et les pousses donnant un aspect de brûlures.

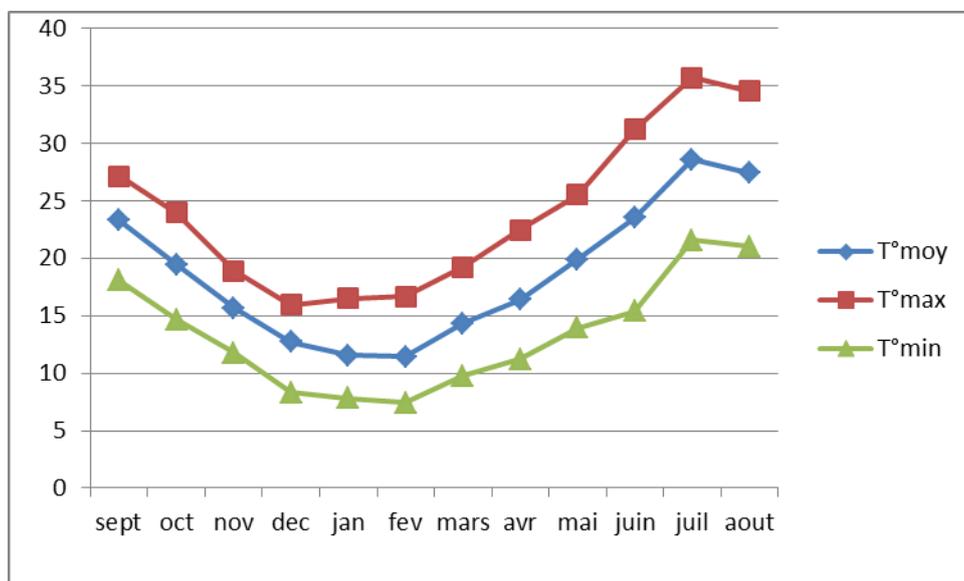
### 3.2.4. Hygrométrie

L'hygrométrie est assez élevée en hiver où elle peut atteindre les 100%, comme c'était le cas en octobre 2006. Elle est moyenne ou nulle en été et pour l'année 2014 nous avons noté son maximum au mois d'avril avec 78.6% et son minimum le mois de juin avec une 66.7%

## 3.3. Synthèse climatique

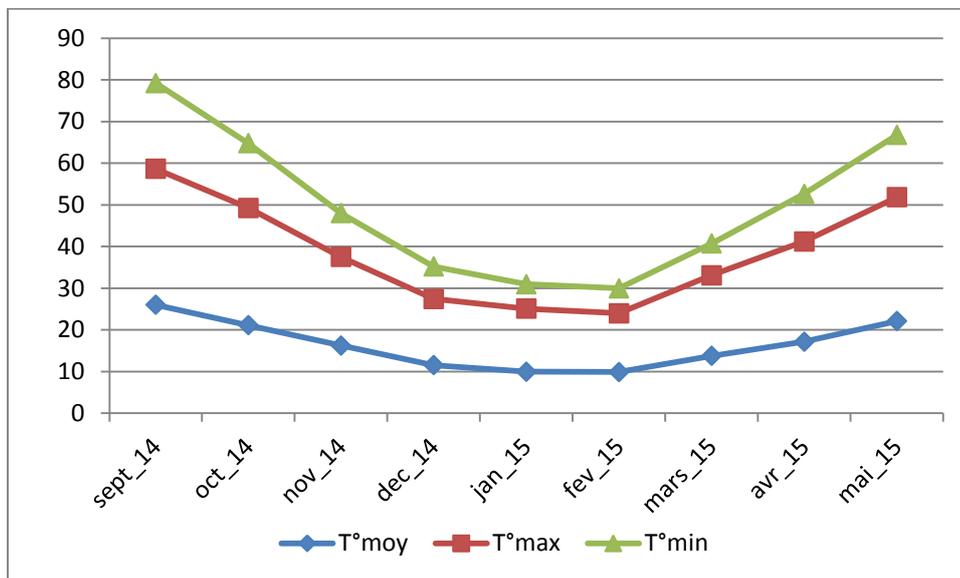
### 3.3.1. Variations des quantités de pluies et des températures

Une synthèse climatique de 1993 à 2014 a montré que dans la région de Mitidja, le mois de février avec une température Moyenne de 11.42 C° et le mois de janvier avec une valeur Moyenne de 11.53 C° sont les mois les plus froids. Le mois de juillet a été le mois le plus chaud avec une température Moyenne de 28.57 C°, (**Fig.26**)



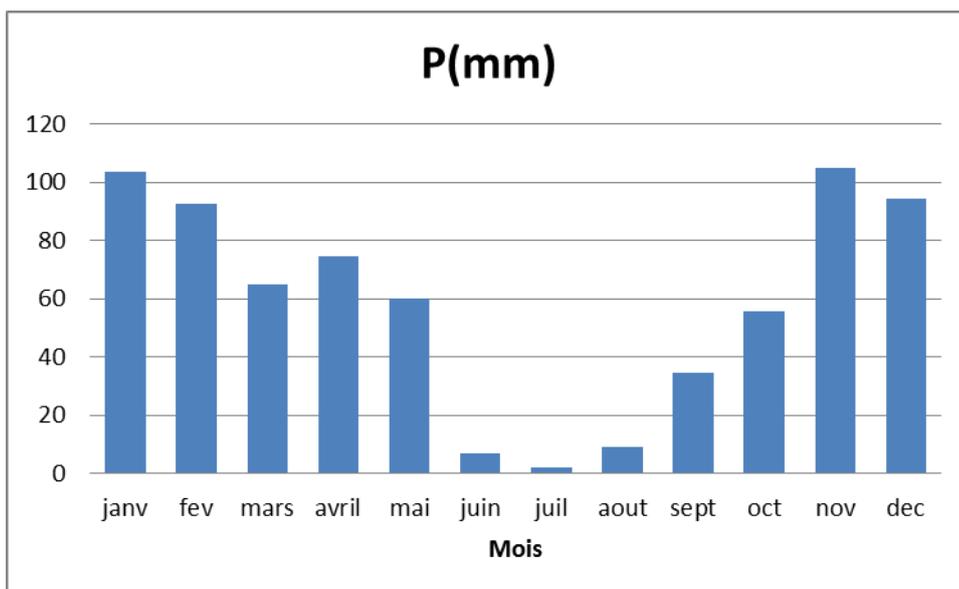
**Figure 26 : Evolution des températures enregistrées durant la période 1993 à 2014 dans la région de la Mitidja.**

Pour la période d'étude (2014-2015), nous remarquons que les mois les plus chauds sont ceux de septembre (26 C°) et mai (22,1 C°), et les mois les plus froids sont ceux de février (9,9 C°) et janvier (10.0 C°). (Fig.27)



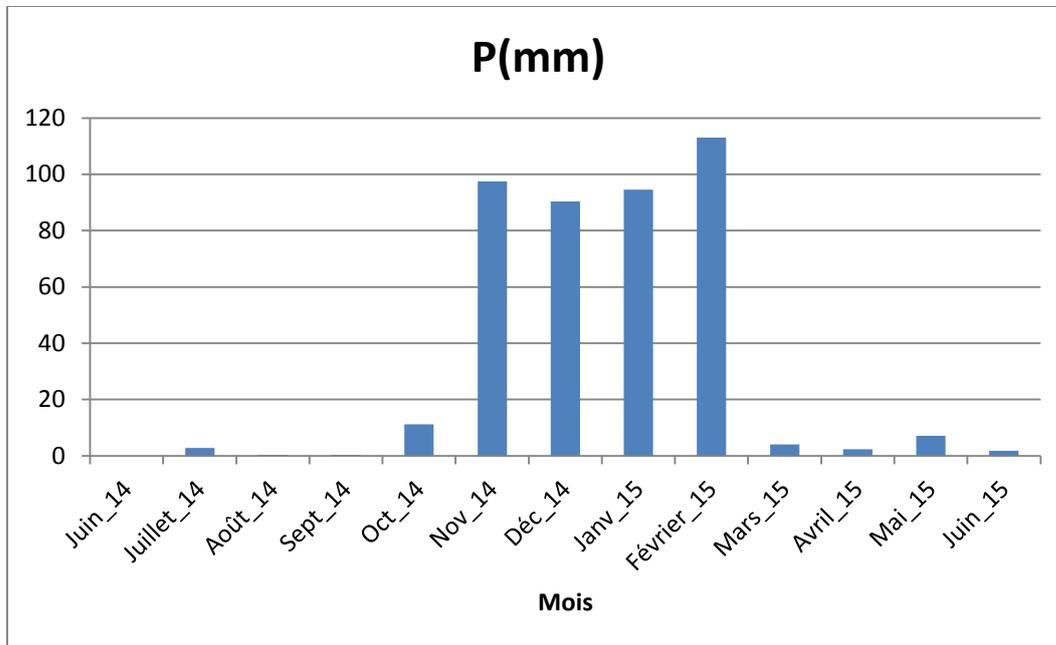
**Figure 27 : Evolution des températures enregistrées durant la période 2014 à 2015 dans la région de la Mitidja.**

La pluviométrie est généralement plus importante dans les montagnes que dans la plaine. Généralement, les précipitations sont plus importantes en mois de novembre, décembre, janvier et février. Les moyennes mensuelles les plus importantes des pluies sont enregistrées entre novembre et février pour la période annuelle 1993-2014 avec en particulier une saison printanière pluvieuse en avril. (Fig.28)



**Figure 28: Evolution des quantités de pluies de 1993 à 2014 dans la région de la Mitidja.**

Pour la période de notre étude (2014-2015), on peut remarquer que les quantités de pluies enregistrées à Mitidja sont plus importantes au mois de février qui est le plus pluvieux avec une quantité moyenne de 118 mm, alors que le mois le moins pluvieux est le mois de juillet une valeur moyenne de 0.2 mm, (**Fig.29**)

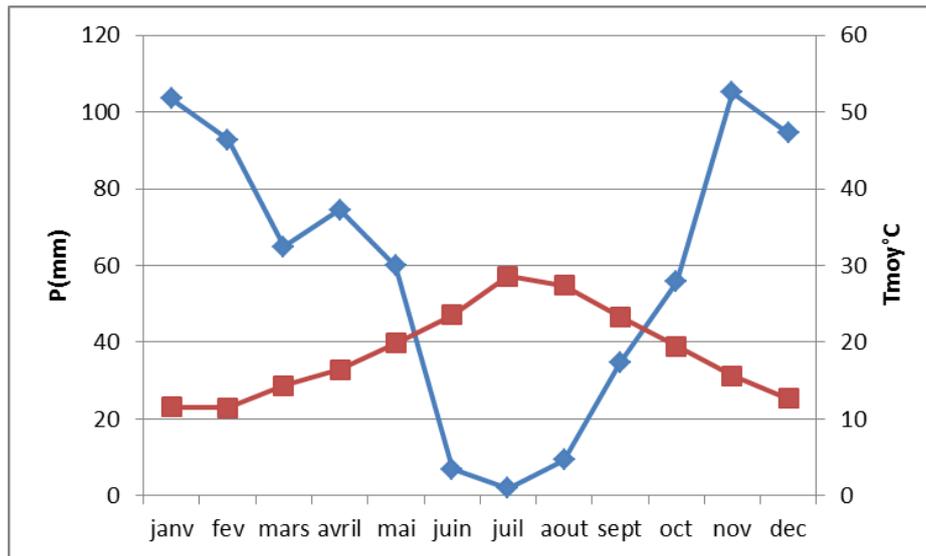


**Figure 29: Evolution des pluies de 2014 à 2015 dans la région de la Mitidja.**

### 3.3.2. Diagrammes Ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953)

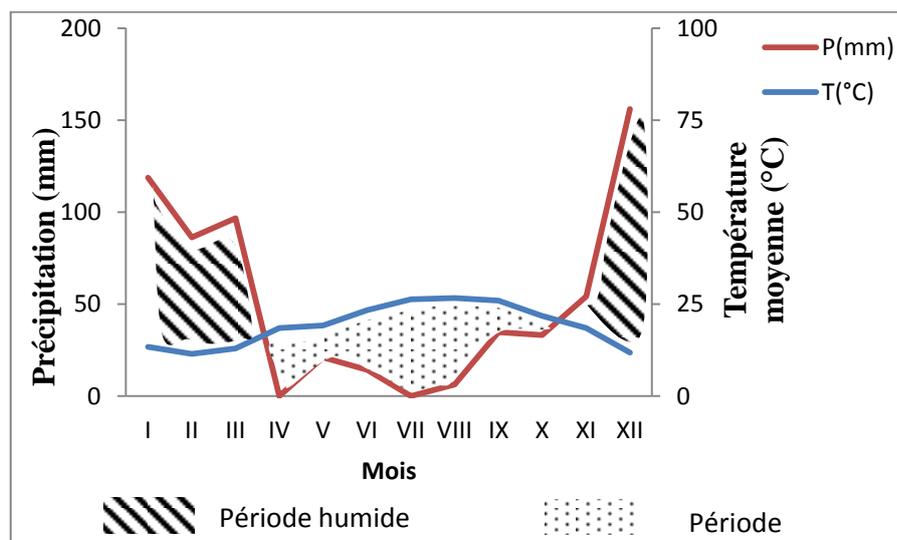
Le diagramme Ombrothermique sert à refléter une image synthétique du climat. Selon Bagnouls et Gausson (DAJOZ, 1985), le mois est défini comme étant sec lorsque la somme des précipitations moyennes ( $P$ ), exprimées en millimètres (mm), est inférieure au double de la température de ce mois ( $P/2T$ ). Pour mettre en valeur cette définition, ils ont proposé un modèle de présentation graphique dont on juxtapose les précipitations et les températures lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière délimitant ainsi la période sèche et la période humide.

Le diagramme Ombrothermique de (1993 à 2014) (**Fig.30**), indique que la période humide s'étale sur 8 mois de janvier à mai puis de octobre à décembre, et que la période sèche se trouve dans un intervalle de 4 mois de juin à septembre.



**Figure 30: Diagramme Ombrothermique de la région de Mitidja (Moyennes considérées sur la période (1993 à 2014)).**

Le diagramme Ombrothermique (**Fig.31**) permet de définir les périodes sèches (Mutin, 1977). Les périodes de sécheresse s'établissent lorsque  $P < 2T$ . Pour tracer le digramme dans lequel on porte en abscisses les mois et en ordonnées les températures moyennes et la pluviosité avec une échelle double pour le premier. Bagnouls et Gaussien (1953), notent qu'il ya une sécheresse lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière. Le diagramme Ombrothermique a été réalisé avec les données relevées de l'ANRH de Soumaa pour l'année 2014. Dans la région de Boufarik, il nous montre que la première période humide s'étale du mois de janvier jusqu'au fin de mois de mars et la deuxième période s'étale de fin octobre jusqu'au fin de mois de décembre. Par contre, la période sèche s'étale de début avril jusqu'au fin octobre.



**Figure 31: Diagramme Ombrothermique de la région de Mitidja (Moyennes considérées sur la période (2014 à 2015)).**

### 3.3.3. Étage bioclimatique (Climagramme d'EMBERGER)

L'indice d'Emberger permet la caractérisation des climats et leur classification dans l'étage bioclimatique. Cet indice est calculé par le biais du coefficient pluviométrique adopté par Stewart (1969), et est obtenu par la formule qui suit :

$$Q_2 = 3.43 (P / (M - m))$$

Avec : **P** : La pluviométrie annuelle (mm). **M** : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en Kelvin (K°). **m** : la moyenne des températures minimales du mois le plus froid. La température moyenne minimale du mois le plus froid, placée en abscisses et la valeur du coefficient pluviométrique Q2 placée en ordonnées, donnent la localisation de la station météorologique choisie dans le Climagramme.

La région de Mitidja se situe dans l'étage bioclimatique méditerranéen de type subhumide à hiver chaud pour la période annuelle 1993-2014 d'après le quotient pluviométrique d'Emberger (modifié par Stewart, 1963) ( $Q_2 = 74.77$ ,  $m = 7.43^\circ\text{C}$  (Fig. 32)).

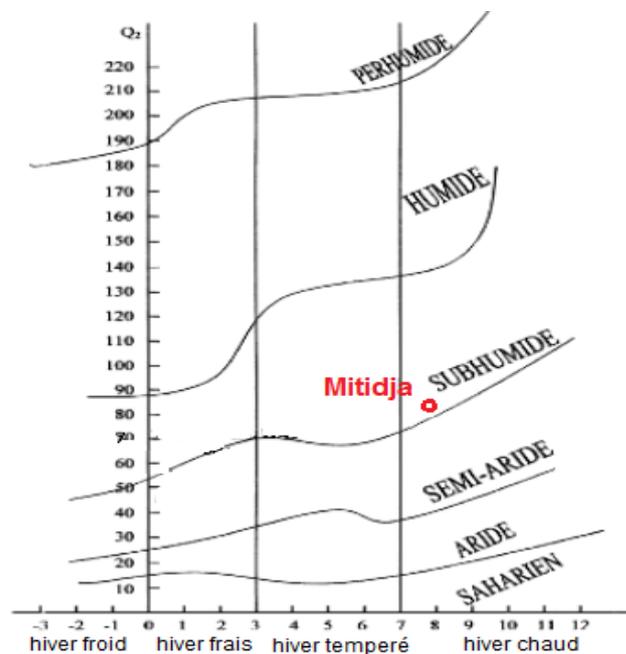


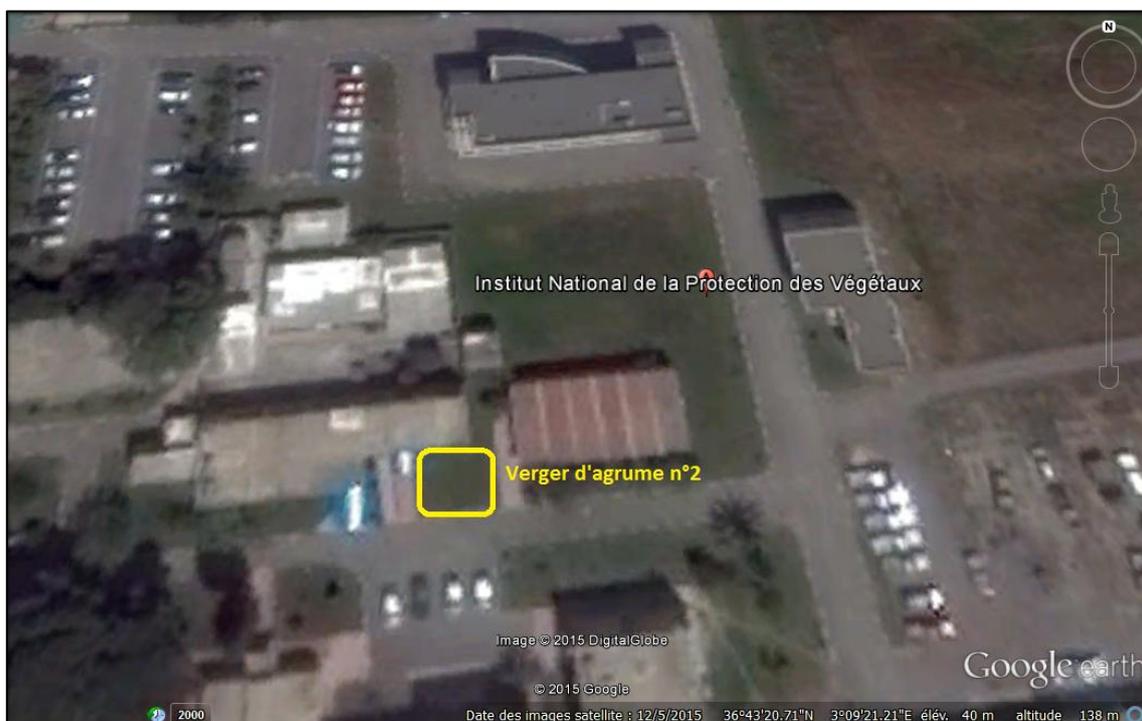
Figure 32 : Localisation de la Mitidja dans le Climagramme D'EMBERGER.

### 3.4. Présentation des stations d'études

Nous avons choisi deux vergers d'oranger situés respectivement à Guerouaou et Boufarik. Leur localisation est indiquée sur la figure 32 et figure 33, selon l'image satellite enregistrée dans Google earth.



**Figure 33 : Situation géographique de verger d'étude (Guerouaou) (Source Google earth).**



**Figure 34: Situation géographique de verger d'étude (SRPV Boufarik) (Source Google earth).**

### 3.4.1. Station de Guerouaou (Verger1, Fig. 33)

La station de Guerouaou est située au centre de Blida à environ 6 Km au Nord-est de Blida et à environ 40 Km au Sud- oust d'Alger, avec une superficie total de 18.01 Km<sup>2</sup>, et a pour coordonnées géographiques 36° 31' de Latitude Nord et 2°53' de Longitude Est.

Elle est limitée à l'Est par la commune de Soumaa, à l'Ouest par la commune d'Ouled Yaich, au Nord par la commune de Boufarik et au Sud par les montagnes de Chréa.

Le verger d'oranger situé à Guerouaou est âgé de 13ans et situé à côté d'une pépinière et aménagement des espaces verts. Il s'étale sur 8ha de superficie avec 2800 arbres en total. Il est entouré par des brise-vents d'olivier, La variété qui y est cultivée est la variété de Thomson et Washington. Le porte greffe est le Bigaradier, la distance de plantation est de 5 mètres sur la ligne et de 5 mètres entre les lignes (**Fig.35**). Durant toute la période de notre étude, plusieurs travaux d'entretien ont été effectués tel que :

- Le désherbage mécanique qui a été réalisé pendant la période de mai à juin, le premier a été réalisé au mois de mai (8-05-2015) et le deuxième au mois de juin (1-06-2015).
- Les amendements en fertilisants biologique (fumier organique et engrais verts) Hivernal (25-02-2015).
- aucun traitement phytosanitaire n'a été appliqué durant la période d'étude.



**Figure 35 : Verger de Guerouaou (Original, 2015).**

### 3.4.2. Station de Boufarik (Verger2, Fig.34)

La station de Boufarik est située au centre de la plaine de la Mitidja et au Nord de la wilaya de Blida à environ 14Km au Nord-est de Blida et à 35Km au Sud -ouest d'Alger, avec une superficie de 50.94Km<sup>2</sup> et une altitude de 63m (36°31'N, 2°55'E). Elle est limitée à l'Est par la commune de Chebli, à l'Ouest par la commune de Benkheilil, au Nord par la wilaya d'Alger et au Sud par la commune de Guerouaou.

Le deuxième verger étudié se trouve à Boufarik au niveau de la station régionale de la protection des végétaux (SRPV), se trouve sur le côté droit de l'axe routier Boufarik -Wilaya de Blida (route national n°1) et se situe à environ 800 mètres de la ville de Boufarik. C'est un verger d'agrumes expérimentale est âgé de 40ans depuis 1978, qui occupe une superficie de près de 0.5ha et entourées d'un brise vent de cyprès : *Taxodium distichum* et *Casuarina*. Les arbres d'agrumes sont alternés sur la même rangée avec des arbres de néflier. La variété qui y est cultivée est la variété d'oranger Thomson, clémentinier, double fine et citronnier, greffés sur bigaradier. La distance de plantation entre les arbres est de 6 m (**Fig.36**).

Plusieurs travaux culturaux ont été réalisés pendant la période d'étude :

- un désherbage chimique manuel automnale est appliqué le 18-09-2014 par Glyphose (Glyphosate) avec la dose de 380g /1h.
- Un discage qui est effectué le 12-05-2015.
- Les amendements en fertilisants biologiques (fumier organique et engrais verts) Hivernal (28-02-2015).
- Les traitements phytosanitaires ne sont pas pratiqués durant la période d'étude.



**Figure 36 : Verger de Boufarik (SRPV) (Original, 2015).**

### 3.5. Matériel utilisé sur le terrain

Pour le piégeage des insectes sur terrain nous avons utilisé des plaques jaunes engluées, un papier film transparent,, des tubes à essais, des boites de pétris, des étiquettes, un pinceau fin (2mm), un appareil photo, un savon liquide, et de l'alcool à 70%.

Ainsi que pour le prélèvement, nous avons utilisé un sécateur pour les prélèvements végétaux des feuilles, des sacs en plastiques étiquetés ont été utilisés pour séparer les différents échantillons récoltés. Sur les étiquettes, nous avons mentionné : la date d'échantillonnage, le numéro de piège ou de la plaque, le nom de la plante spontanée, le numéro de transect.

### 3.6. Méthodologie sur le terrain

La période d'échantillonnage s'est étendue du 03mars jusqu'au 28 avril de l'année 2015 réalisé par quinzaine, et du 05 mai jusqu'au 02 juin de façon hebdomadaire. Dix (10) sorties au total ont été effectuées, cette période correspondant la période de poussée de sève printanière.

On a réalisé sur terrain 3 méthodes d'échantillonnages pour le piégeage des aphides et leur parasitoïdes (Hyménoptères, Braconidae, Aphidiinae).

#### 3.6.1. Par l'observation directe

Pour chaque verger, Nous avons choisi 10 arbres au hasard. Au niveau de chaque arbre, nous avons pris quatre branches et prélevé pour chaque branche un rameau porteur de jeune pousse (3 à 9 jeunes feuilles) avec des colonies d'aphides et des traces de parasitismes (momies) (**Fig.37**); soit 4 jeunes pousses pour chaque arbre et 40 jeunes pousses au total. Chaque échantillon de chaque arbre et de chaque branche est placé séparément dans un sachet en plastique préalablement étiqueté pour une détermination ultérieure.



**Figure 37 : Schéma représentatif de l'échantillonnage des jeunes pousses au sein des canopées d'oranger (Original, 2015).**

### 3.6.2. Par le piégeage des parasitoïdes primaires et secondaires

Parmi les moyens de récoltes que nous avons utilisées, des pièges jaunes englués (**Fig.38**), Les pièges collants ou plaquettes engluées sont composées d'un plastique rectangulaire mince de 150 cm<sup>2</sup> de couleur jaune vif et enduit de glu. Servent à les détecter et à suivre les populations des ravageurs des cultures ainsi que leurs ennemis naturels (FRAVAL, 2009).

Les pièges sont des appareils que l'on laisse en place pendant un intervalle de temps déterminé et qui captent les insectes à leur contact (BENKHELIL, 1992). Pour notre expérimentation, nous avons utilisé deux plaques engluées pour chaque verger disposés à chaque fois au hasard au sein des canopées.

Les pièges ont été placés dans nos vergers d'une manière aléatoire. Le prélèvement et la récupération du contenu des pièges se font régulièrement au cours d'un planning de sorties. Chaque piège est entouré avec un film plastique transparent pour la conservation des espèces piégées en bon état, et des étiquettes sur lequel on note la date de sortie et le nom de verger.



**Figure 38 : Disposition d'un piège jaune englué au sein d'un arbre d'oranger (Original, 2015).**

### 3.6.3. Prélèvement de la flore herbacée

Dans la nature, les plantes spontanées sont réparties d'une façon aléatoire. Une espèce végétale peut être représentée par un ou plusieurs spécimens. Il est difficile donc d'adopter une technique d'échantillonnage valable à toutes les espèces végétales trouvées. Dans ce cas, les prélèvements doivent commencer juste après les premières infestations des plantes par les aphides et continuent jusqu'à leur disparition complète (KAVALLIERATOS et al, 2008).

Dans notre étude, pour étudier l'abondance des aphides et leur Hyménoptères parasitoïdes (Braconidae ; Aphidiinae) sur la strate herbacée afin d'extrapoler leur effet sur les arbres d'agrumes, nous avons choisi deux transect végétaux au hasard de 100 m<sup>2</sup> de superficie. Dans chaque verger et pour chaque transect nous avons

récolté pour chaque plante spontanée deux échantillons avec pucerons et avec momies et des plantes saines pour l'identification de l'espèce de la plante.

### 3.7. Matériel utilisé au laboratoire

➤ Le matériel végétal est formé des jeunes pousses et des plantes spontanées avec des colonies d'aphides et des traces de parasitismes (momies) ainsi que des plantes spontanées saines.

➤ Le matériel animal est composé de colonies de pucerons, de momies et d'Hyménoptères adultes récupérés après leur émergence.

➤ Le matériel de conservation est constitué de boîtes de Pétri, de sachets en plastique, de tubes à essai contenant de l'éthanol à 70 % et de sachets en papier, des eppendorf.

➤ Le matériel de montage et d'observation est composé de verres de montre, d'épingles entomologiques, de lames et lamelles, d'une plaque chauffante, d'une loupe binoculaire et d'un microscope optique.

### 3.8. Méthode d'étude au laboratoire

Une fois ramenés au laboratoire, nous notons pour chaque échantillon la date, le lieu de prélèvement, le numéro d'arbre, le numéro de branche, et le nom de la plante et le numéro de transect pour les échantillons des plantes spontanées.

#### 3.8.1. Méthode de conservation des insectes

Les aphides sains sont conservés dans l'éthanol à 75% pour réaliser des montages selon la technique de LECLANT.

Les momies des espèces aphidiennes des différents échantillons de plantes spontanées ainsi que ceux des feuilles d'oranger infestées sont placées individuellement dans des eppendorfs, à une température de 25 C° et à une humidité relative de 70% jusqu'à leur émergence.

Les parasitoïdes émergés sont collectés et conservés dans l'éthanol 75% pour leur identification. Les momies non écloses sont gardées jusqu'à 21 jours dans des eppendorfs transparentes. D'après Sigs Gaard (2000) cité par Halimi (2010), cette durée est suffisante pour l'émergence des momies qui ne sont pas mortes ou rentrées en diapause.

#### 3.8.2. Conservation des Plantes

Après Séchage, l'ensemble des plantes collectées sont conservées entre des feuilles de papier préalablement étiquetés, afin de confectionner un herbier.

### 3.8.3. Montage des pucerons

Le montage des pucerons est effectué selon la méthode proposée par Leclant (1978). Après avoir pratiqué une incision au niveau de l'abdomen, les aphides sont placés dans un verre de montre contenant de la potasse (KOH) à 10 % et chauffés pendant 3 à 4 minutes en fonction de la taille des individus. Ensuite, il est procédé à un rinçage dans deux bains d'eau distillée pour se débarrasser de la potasse. Les échantillons sont transférés dans une solution de chloral phénol pendant quelques jours afin de rendre le spécimen plus transparent (BOUCHERY et JACKY, 1982). Le montage est réalisé dans une goutte de liquide de Faure placé entre lame et lamelle (**Fig.39**).



**Figure 39 : Etapes réalisées pour le montage des aphides d'après la technique de LECLANT (1978).**

#### Légende :

- 1 : Pucerons plongés dans potasse à 10%.
- 2 : chauffer le contenu pendant 3 à 4 minutes.
- 3: Nettoyage et dégraissage par Chloral Phénol.
- 4 : Chauffer le contenu pendant 3 à 4 mn.
- 5 : les pucerons montés dans une lame.
- 6 : Observation sous loupe binoculaire des pucerons étalés sur la face ventrale.

### 3.9. Identification

#### 3.9.1. pucerons

L'identification des pucerons nécessite l'observation de certains caractères morphologiques, en particulier, le sinus frontal, la longueur et le nombre d'articles antennaires, la présence ou l'absence des sensorias et leur disposition, la forme de la queue, des cornicules et de la cauda, la nervation des ailes, l'ornementation de l'abdomen et de la présence ou l'absence des plaques dorsale. L'identification des

espèces de pucerons a été faite par Mr Aroun du laboratoire des biotechnologies des productions végétales au niveau du département des biotechnologies (Université de Blida 1).

### **3.9.2. Parasitoïdes**

Pour l'identification des Hyménoptères parasitoïdes des pucerons, certains caractères morphologiques sont pris en considération comme la couleur de l'individu, la nervation des ailes, la présence ou l'absence des soies sur les ailes, la forme du stigma, la forme du premier tergite abdominal (pétiole), la forme du propodeum, la forme et le nombre d'articles antennaires, la forme de l'ovipositeur, la forme et les dimensions du prostigma. Dans certains cas, la couleur et la forme de la momie peuvent donner des renseignements sur le genre et même l'espèce du parasitoïde (Praslicka et al., 2003).

Les plaques engluées ont été observés à l'aide d'une loupe binoculaire aux trois grossissements (X 2, X4 et X8) pour des besoins de reconnaissance de certains caractères d'identification des parasitoïdes et hyperparasitoïdes sur la base de la nervation alaire ou des antennes (nombre d'articles et disposition sur la tête de l'insecte). Nous avons utilisé un guide simplifié de l'identification des parasitoïdes (Hyménoptères, Braconidae, Aphidiinae) des pucerons d'agrumes.

### **3.10. Exploitation des resultats**

Nous avons tenu compte des abondances relatives moyennes et globales mensuelles des espèces de parasitoïdes primaires et secondaires. Nous avons eu recours à l'analyse en factorielle des correspondances pour expliquer les structures des communautés.

L'analyse factorielle des correspondances a été réalisée sur la base d'une matrice de données avec les saisons/mois en colonnes et les espèces (codifiées) en lignes qui a été établie dans le logiciel excel. La matrice ainsi que les logarithmes des abondances des taxons sont analysés par la suite en utilisant le logiciel Past (version 1.9). Les différents assemblages ont été déterminés à travers une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) en considérant les coordonnées sur les premiers axes, de telle sorte qu'au moins 50 % de la variance cumulée soit observée. Statistiquement, l'AFC est une analyse multivariable qui permet de procéder à une interprétation d'observations ne comportant à priori aucune distinction, ni entre variables ni entre individus Elle a pour but de révéler les interrelations entre caractères et de proposer une structure de la population. L'A.F.C, s'utilise avec des variables qualitatives qui possèdent à deux ou plus de deux modalités. Elle offre une visualisation en deux dimensions des tableaux de contingence.

Par ailleurs, nous avons comparé les diversités des communautés en utilisant le même logiciel d'analyse.





Les chaînes alimentaires sont les relations les plus importantes entre les êtres vivants. Dans un milieu équilibré, toute pullulation d'un ravageur est régulée par plusieurs auxiliaires. Cet équilibre est permis par la biodiversité qui dépend étroitement des activités agricoles et est considérée comme un facteur de production. Le processus qui conduit à la pullulation des pucerons trouve sa réponse dans le fonctionnement de l'agrosystème.

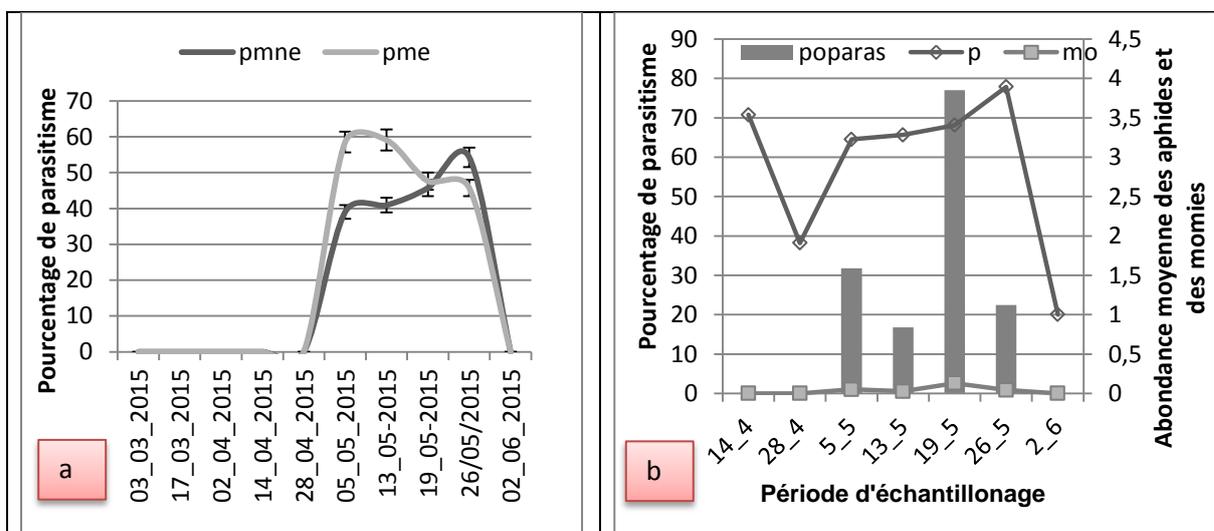
Dans les résultats exposés ci-après, nous avons cherché à connaître la diversité en parasitoïdes principalement dans deux vergers d'agrumes n'ayant pas été sujets à des traitements phytosanitaires. Durant la période de l'étude, s'étalant de mars à juin 2015, nous avons réalisé des échantillonnages des momies au niveau des canopées des arbres ainsi que sur des plantes infestées de pucerons au sein de la couverture herbacée des vergers. Notons que la couverture végétale a été désherbée vers la fin de notre investigation.

#### 4.1. Analyse des observations au niveau des canopées des deux vergers étudiés

Le parasitisme est surtout observé au niveau du verger de Boufarik contrairement au verger de Guerouaou où la présence des momies était quasi absente.

##### 4.1.1. Variation temporelle du parasitisme dans le verger de Boufarik

Le suivi de l'abondance des momies parallèlement à celle des pucerons a permis d'observer des pullulations des pucerons sur le feuillage dès la mi-avril puis une recrudescence au début de mai. Les fluctuations aphidiennes se caractérisent par une augmentation durant tout ce mois (**Fig.40b**). L'apparition des premiers pucerons parasités apparaît tardivement par rapport à l'installation des pucerons alors que le pourcentage de parasitisme atteint un maximum vers la troisième semaine de mai (Fig.40b). Durant la période qui s'étale de mars à mi-avril, nous n'avons pas observé la présence des momies.

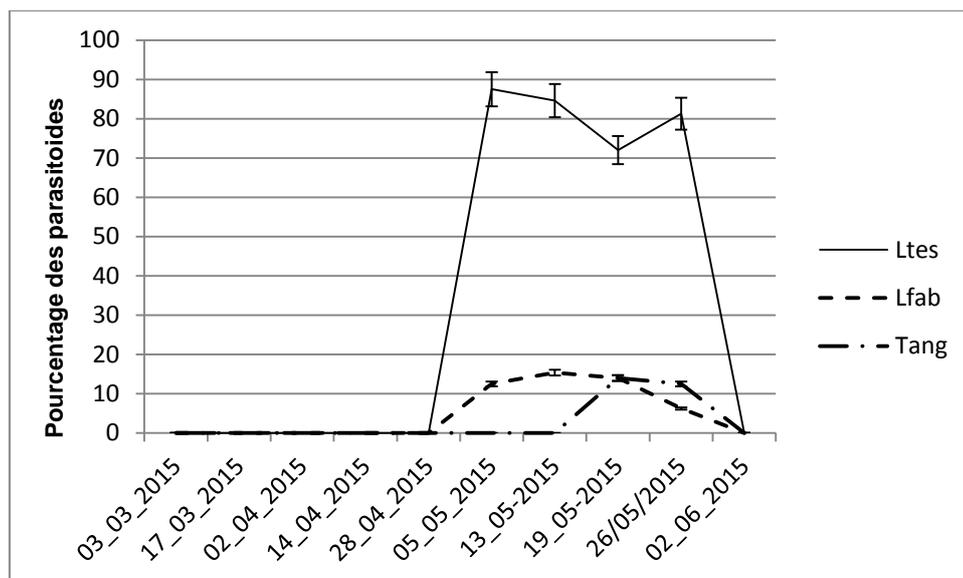


**Figure 40 : Evolution du parasitisme des populations aphidiennes dans le verger de Boufarik de mars à juin 2015.**

Par contre L'émergence des parasitoïdes est constatée vers la fin d'avril puis augmente jusqu'à la mi-mai et diminue par la suite jusqu'à la fin de notre échantillonnage (**Fig.40a**).

**4.1.2. Evolution des principales espèces de parasitoïdes observées à partir des pucerons momifiés des canopées**

Les principales espèces de parasitoïdes primaires émergées des pucerons infestant le feuillage des agrumes sont représentées par *Lysiphlebus testaceipes*, *L. fabarum* et *Trioxys angelicae*. Le pourcentage de *L. testaceipes* est le plus important et fluctue à des valeurs comprises entre 87% et 73% de la fin avril à la 3<sup>e</sup> semaine de mai. Un deuxième pic est noté à la fin de ce mois (**Fig.41**). Les individus de *L. testaceipes* ont tous émergé des pucerons de l'espèce *Aphis gossypii*. Comparativement pour la même proie hôte, le taux de parasitisme observé chez *L. fabarum* est plus faible et compris entre 10 et 20% noté vers la mi-mai. Les pucerons *Aphis spiraecola* ont été parasités par *Trioxys angelicae* à des taux faibles également (**Fig.41**).



**Figure 41 : Evolution du taux de parasitisme par les principales espèces issues des pucerons des canopées.**

Selon les espèces, le sexe ratio est différent. Chez *L. testaceipes*, l'abondance des femelles est plus élevée que celle des mâles en particulier à la fin avril et la fin mai. Concernant l'espèce *T. angelicae*, le nombre de femelles est aussi important que celui des mâles surtout à la mi-mai. Pour *L. fabarum*, les mâles apparaissent en premier mais sont moins nombreux que les femelles (**Fig. 42**).

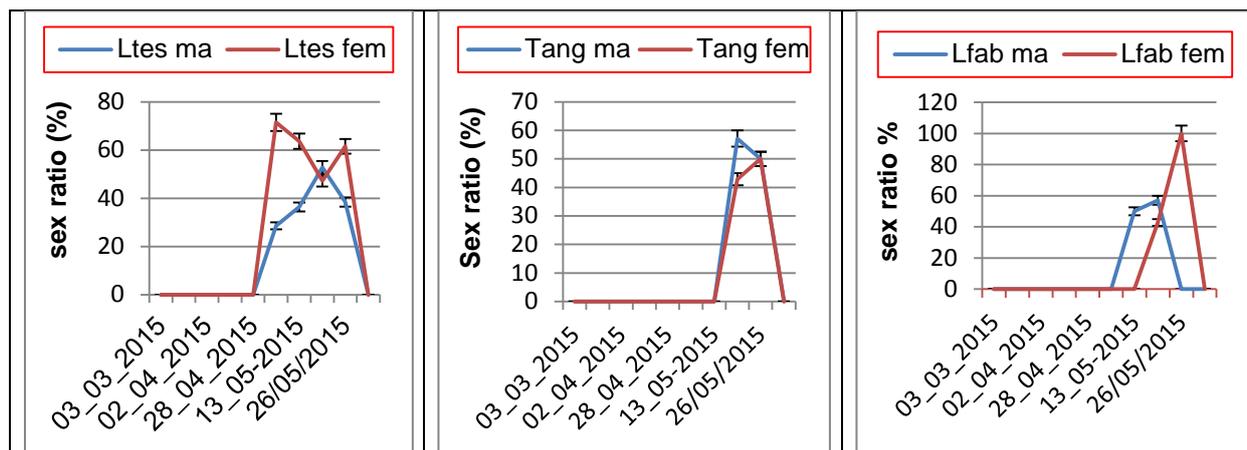


Figure 42 : Pourcentage du ratio mâle-femelle de *L. testaceipes*, *L. fabarum* et *T. angelicae* dans le verger d'agrumes de Boufarik durant la période d'étude en 2015.

#### 4.2. Analyse des observations au niveau de la strate herbacée dans les deux vergers étudiés

L'échantillonnage de la végétation au sein de chaque verger respectif nous a permis de déterminer une richesse de 9 espèces végétales dans le verger d'oranger de Guerouaou et une richesse de 11 espèces végétales dans le verger d'oranger de Boufarik (**tableau 2**), avec trois espèces communes *Hordeum vulgare*, *Rumex patienta* et *Daucus carota*.

Oranger (Guerouaou)		Oranger (Boufarik)	
<i>Solanum nigrum</i> (solnig)		<i>Avena sterilis</i> (avnstr)	
<i>Medicago hispida</i> (medhis)		<i>Avena sativa</i> (avnstv)	
<i>Convolvulus althaeoïdes</i> (conalth)		<i>Cynodon dactylon</i> (cyndact)	
<i>Rumex patienta</i> (rumpat)		<i>Rumex patienta</i> (rumpat)	
<i>Mercurialis perennis</i> (mercper)		<i>Sonchus oleraceus</i> (sonolera)	
<i>Daucus carota</i> (daucaro)		<i>Daucus carota</i> (daucaro)	
<i>Carduus pycnocephalus</i> (cardpyn)		<i>Carduus pycnocephalus</i> (cardpyn)	
<i>Malva sylvestris</i> (malsylv)		<i>Chrysanthemum segetum</i> (chrysseg)	
<i>Hordeum vulgare</i> (horvul)		<i>Hordeum vulgare</i> (horvul)	
-		<i>Cirsium arvense</i> (ceraven)	
-		<i>Lavatera cretica</i> (lavcrit)	

Tableau 2 : Richesse floristique de la strate herbacée dans les deux vergers étudiés.

##### 4.2.1. Pourcentage de parasitisme des pucerons de la strate herbacée

L'analyse du parasitisme des pucerons de la strate herbacée a été faite sur trois dates d'échantillonnage : 12 avril, 27 avril et 4 mai de l'année 2015, étant donné que

le couvert végétal a été désherbé par la suite. Rappelons que les pucerons momifiés ont été récupérés individuellement à partir de deux plantes herbacées par espèce végétale infestée pour évaluer la diversité et l'abondance des espèces de parasitoïdes primaires et secondaires émergés. Les pourcentages respectifs du parasitisme des aphides de la strate herbacée sont indiqués dans la figure 43 pour le verger de Guerouaou et dans la figure 44 pour le verger de Boufarik.

#### 4.2.1.1. Pourcentage de parasitisme dans le Verger de « Guerouaou »

Les espèces de plantes herbacées qui sont colonisées et infestées par les aphides dans le verger de Guerouaou sont (*Convolvulus althaeoides*, *Rumex patienta*, *Daucus carota*, *Carduus pycnocephalus*, *Mercurialis perennis*, *Malva sylvestris*, *Solanum nigrum*, *Medicago hispida*, *Hordeum vulgare*). Les espèces aphidiennes infestant ces plantes sont au nombre de 7 espèces : *Aphis fabae*, *A. malva*, *A. umbrella*, *Sipha maïdis*, *Rhopalosiphum maïdis*, *Brachycaudus carduii* et *A. craccivora*). D'après nos observations, chaque espèce de plante a été colonisée par au plus deux espèces aphidiennes telles *Sipha maïdis* et *Rhopalosiphum maïdis* sur *Hordeum vulgare* (Poaceae) ainsi que *Aphis malva* et *Aphis umbrella* sur *Malva sylvestris* (Malvaceae).

Les taux de parasitisme les plus élevés sont observés sur *C. althaeoïdes* (50%) et *Malva sylvestris* (28%) le 12 avril, sur *C. althaeoïdes* (30%) et *Mercurialis perrinis* (48%) le 27 avril, puis sur *Solanum nigrum* (50%) et *Mercurialis perrinis* (25%), le 4 mai respectivement (**Fig.43**). Le taux de pucerons parasités reste néanmoins faible de 2 à 10% sur les autres plantes.

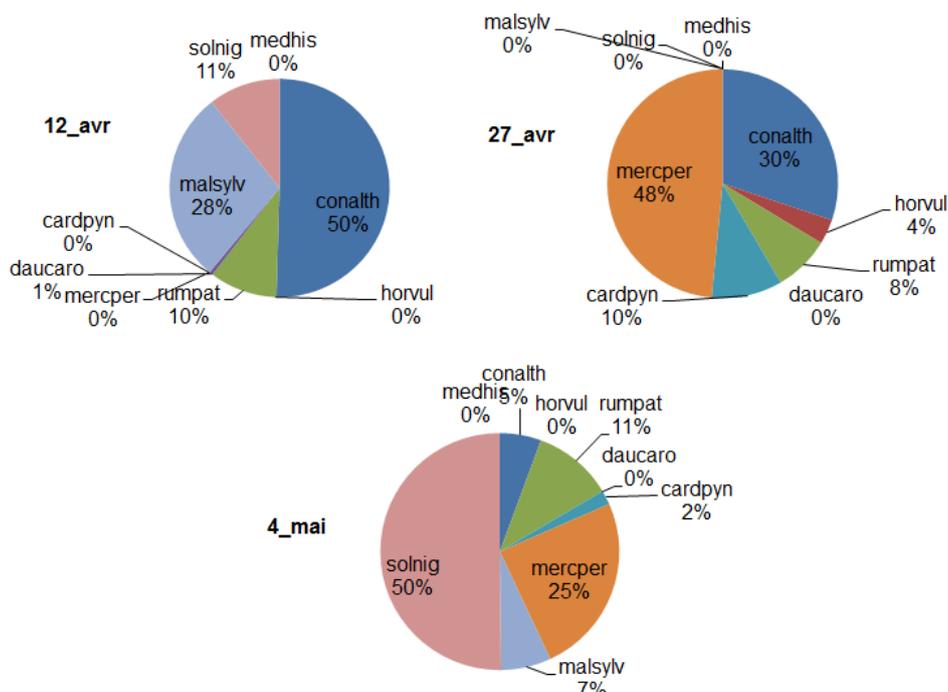


Figure 43 : Distribution et pourcentage du parasitisme des aphides de la strate herbacée dans le verger de Guerouaou.

4.2.1.2. Pourcentage de parasitisme dans le Verger de « Boufarik »

Les espèces de plantes herbacées qui sont colonisées et infestées par les aphides dans le verger de Boufarik sont (*Avena sativa*, *Avena sterilis*, *Sonchus oleraceus*, *Rumex patienta*, *Lavatera cretica*, *Chrysanthemum segetum*, *Cirsium arvense*, *Daucus carota*, *Cynodon dactylon*, *Carduus pycnocephalus*, *Hordeum vulgare*). Les espèces aphidiennes infestant ces plantes sont au nombre de 10 espèces : (*Sipha maidis*, *Aphis craccivora*, *A. malva*, *A. umbrella*, *A. fabae*, *A. gossypii*, *Dactynotus sp*, *Sitobion avenae*, *Brachycaudus cardui*).

Sur les 11 espèces de plantes herbacées inventoriées dans le verger de Boufarik, durant les 3 dates d'échantillonnage, nous avons trouvé 4 plantes infestées de pucerons sans la présence de momies. Il s'agit de *Daucus carota*, *Avena sterilis*, *Avena sativa* et *Hordeum vulgare* (**Fig.44**).

La distribution du parasitisme est variable. De la mi-avril au début de mai, on constate des différences dans le taux de pucerons momifiés aussi bien pour une même plante infestée que pour différentes plantes colonisées par les pucerons. Quatre espèces de plantes présentent de bonnes associations tritrophiques, ce sont *Cynodon dactylon*, (*cirsium arvense*), (*sonchus oleraceuse*) et (*chrysanthemum segetum*). Globalement, les taux de parasitisme augmentent entre le 14 avril et le 27 avril mais ont tendance à diminuer au 7 mai (**Fig.44**) et sont de l'ordre de 13% à 40% pour cersium arvense, 13 à 32% pour *Cynodon dactylon* et 16 à 26% pour chrysanthemum segetum.

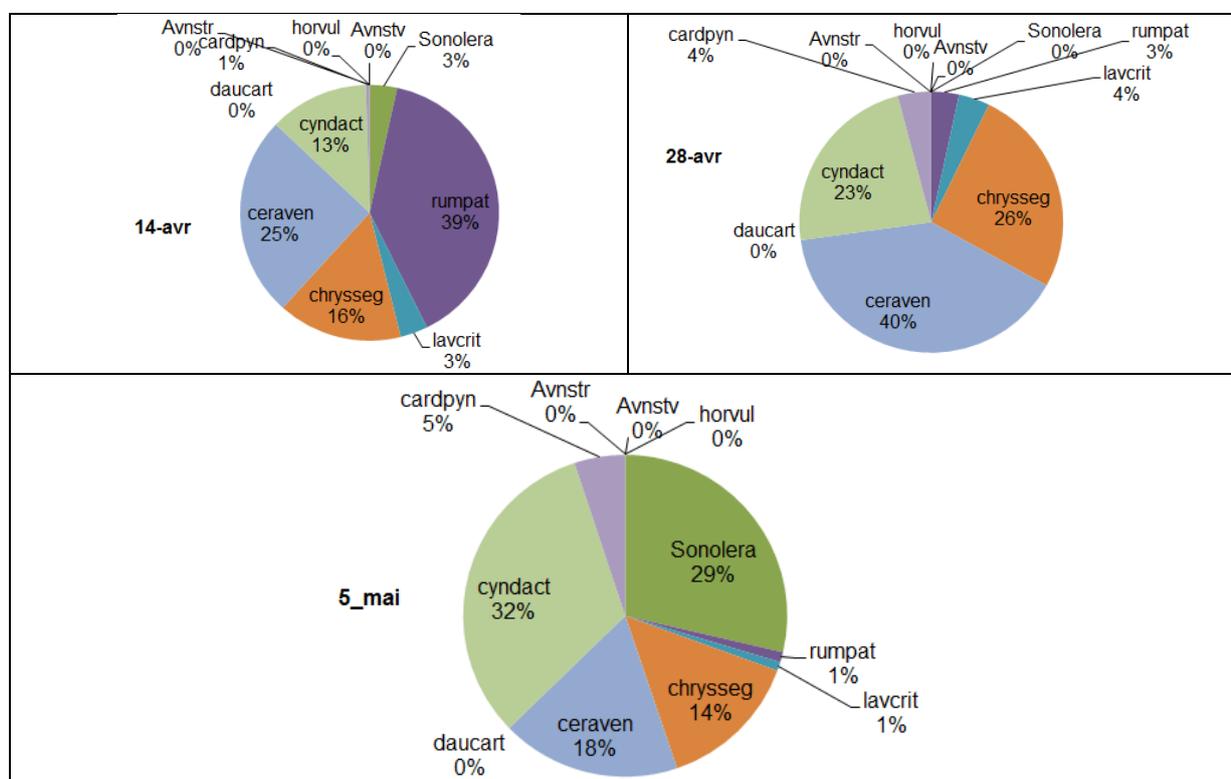
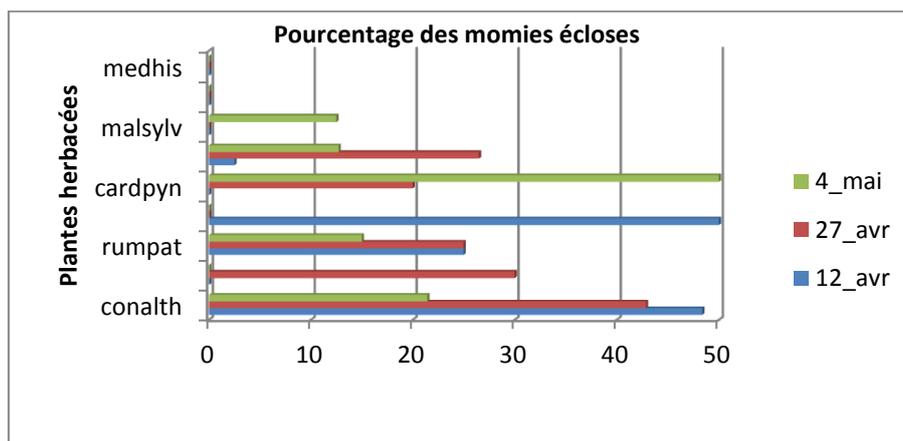


Figure 44 : Distribution et pourcentage du parasitisme des aphides de la strate herbacée dans le verger de Boufarik.

#### 4.2.1.3. Pourcentage des momies écloses dans le verger de Guerouaou

Le pourcentage de momies écloses est surtout élevé sur *Aphis fabae* colonisant les espèces de plantes *Convolvulus althaeoïdes* et *Daucus carota* comparé à celui observé sur la même espèce aphidiennes colonisant *Mercurialis perrinis*. Cependant, malgré le parasitisme constaté, le taux d'éclosion des momies est totalement nul sur *Solanum nigrum* et *Medicago hispida*. D'après nos observations, les espèces *A. fabae* ainsi que *B. cardui* ont été le plus parasitées.

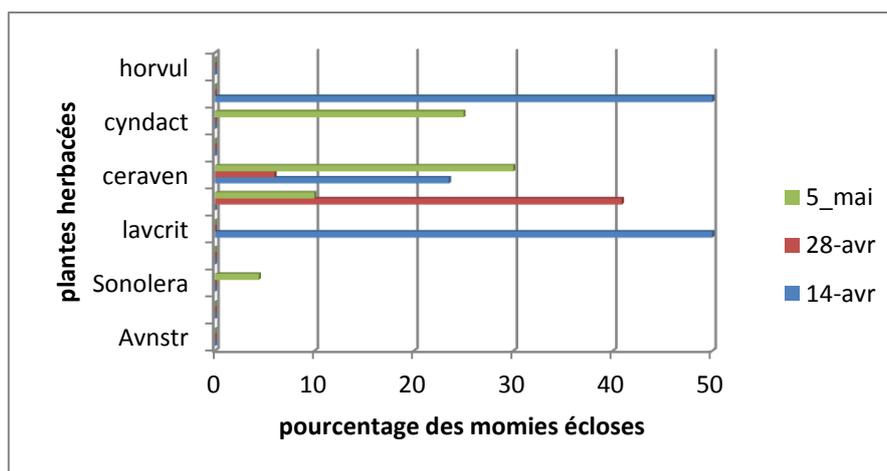


**Figure 45 : Variation temporelle du taux de momies écloses sur la végétation herbacée dans le verger de Guerouaou.**

Le taux de momies écloses varie dans le temps selon la plante infestée, (Fig.45) Il est compris globalement entre 15% et 20%.

#### 4.2.1.4. Pourcentage des momies écloses dans le verger de Boufarik

Le pourcentage des momies écloses est surtout élevé sur *Aphis malva* et *Aphis umbrella* colonisant les espèces de plante de *Lavatera cretica* et *Brachycaudus cardui* sur *cardui pycnocephalus* et *Aphis fabae* sur *Chrysanthemum segetum* alors qu'il est totalement nul sur *Hordeum vulgare* et *Rumex patienta*, *Avena sativa*, *Avena sterilis* et *Daucus carota* après nos observations les momies d'espèces d'*Aphis malva* et *Aphis umbrella* et *Brachycaudus cardui* ont été le plus parasités.



**Figure 46 : Variation temporelle du taux de momies écloses sur la végétation herbacée dans le verger de Boufarik.**

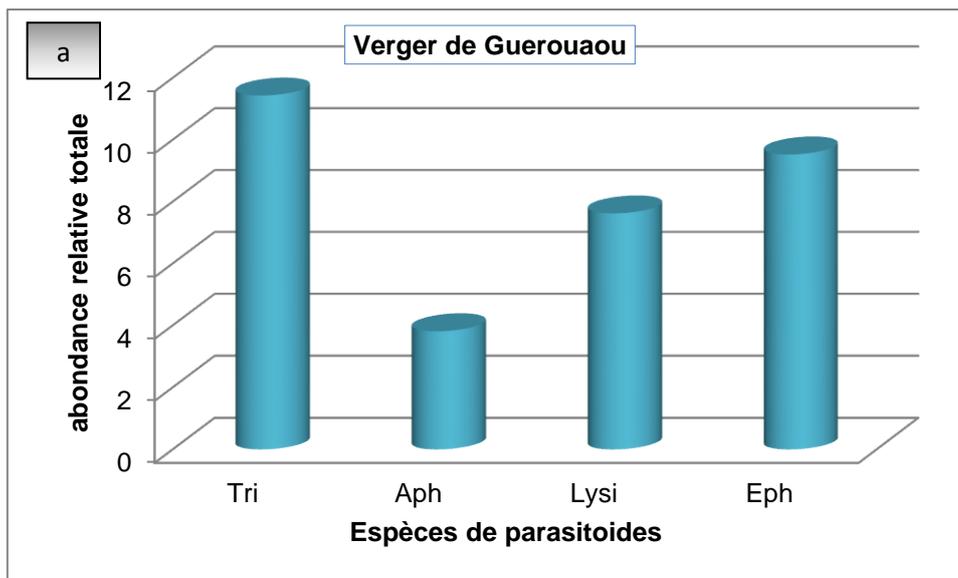
Le taux de momies écloses varie dans le temps selon la plante infestée, (Fig.46) Il est compris globalement entre 5% à 20%.

#### 4.2.2. Abondance des parasites et hyper parasitoïdes capturés dans les deux vergers.

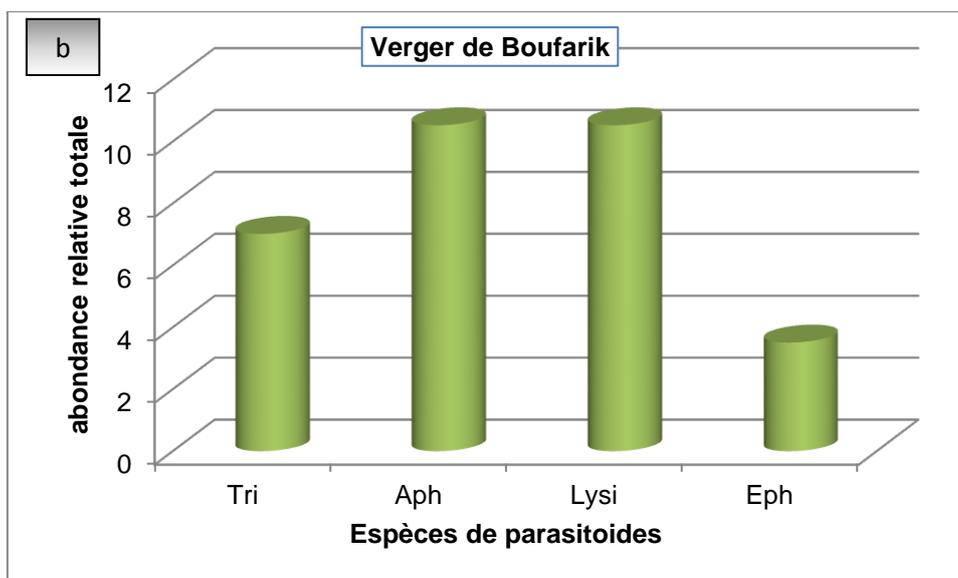
Nous avons répertorié dans les deux vergers 4 espèces de parasitoïdes de l'ordre des Hyménoptères et appartenant à la superfamille des Chalcidoïdea, à la famille des Braconidae et à la sous famille des Aphidiinae. Ce sont *Trioxys angelicae*, *Aphidius matricariae*, *Lysiphlebus testaceipes* et *Ephedrus sp.* Chez les hyper parasitoïdes, nous avons trouvé trois espèces de l'ordre des Hyménoptères et appartenant aux familles des Cynipidae, Pteromalidae et Megaspilidae. Nous avons identifié le genre *Phaenoglyphis* parmi les Cynipoïdea.

##### 4.2.2.1. Abondance relative totale comparée des parasitoïdes

L'abondance relative totale des parasitoïdes primaires diffère d'un verger à un autre. Dans le verger de Guerouaou, ce sont les espèces *Lysiphlebus testaceipes*, *Ephedrus sp* et *Trioxys angelicae* qui sont les plus représentés en abondance (Fig.47a). Dans le verger de Boufarik, les espèces les plus abondantes sont *Aphidius matricariae*, *Lysiphlebus testaceipes* et *Trioxys angelicae* (Fig.47b).



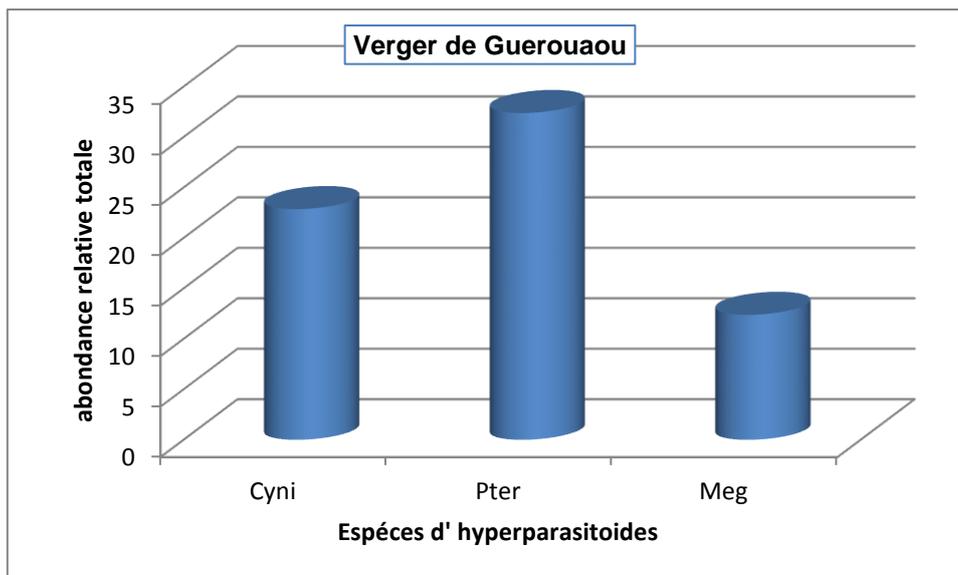
**Figure 47: Principales espèces de parasitoïdes et leur abondance relative dans le verger de Guerouaou (Oranger var Thomson et var Washington)** (Tri : *Trioxys angelicae*, Aph : *Aphidius matricariae*, Lysi : *Lysiphlebus testaceipes*, Eph : *Ephedrus persicae*).



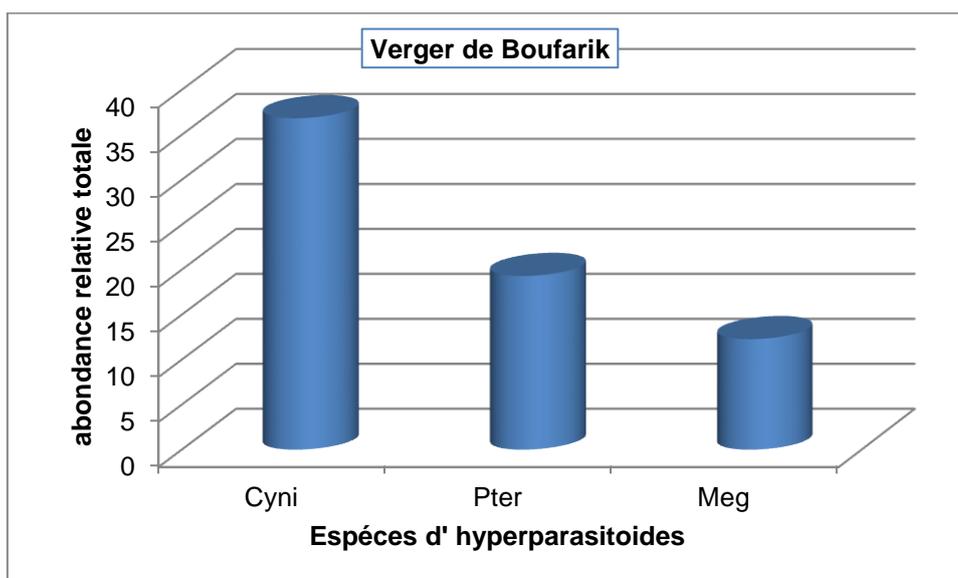
**Figure 47: Principales espèces de parasitoïdes et leur abondance relative dans le verger de Boufarik (Oranger variétés mixtes)** (Tri : *Trioxys angelicae*, Aph : *Aphidius matricariae*, Lysi : *Lysiphlebus testaceipes*, Eph : *Ephedrus persicae*).

#### 4.2.2.2. Abondance relative totale comparée des hyper parasitoïdes

L'abondance relative totale des parasitoïdes primaires diffère d'un verger à un autre. Dans le verger de Guerouaou, la famille des Pteromalidae est le plus représenté avec une abondance de 30% (**Fig.48a**). Dans le verger de Boufarik, la famille des Cynipoïdea de genre de *Phaenoglyphis* qui est le plus représenté avec une abondance de 35% (**Fig.48b**).



**Figure 48a: Principales espèces d'hyper parasitoïdes et leur abondance relative dans le verger de Guerouaou (Cyni : Cynipidae, Pter : Pteromalidae, Meg : Megaspilidae).**

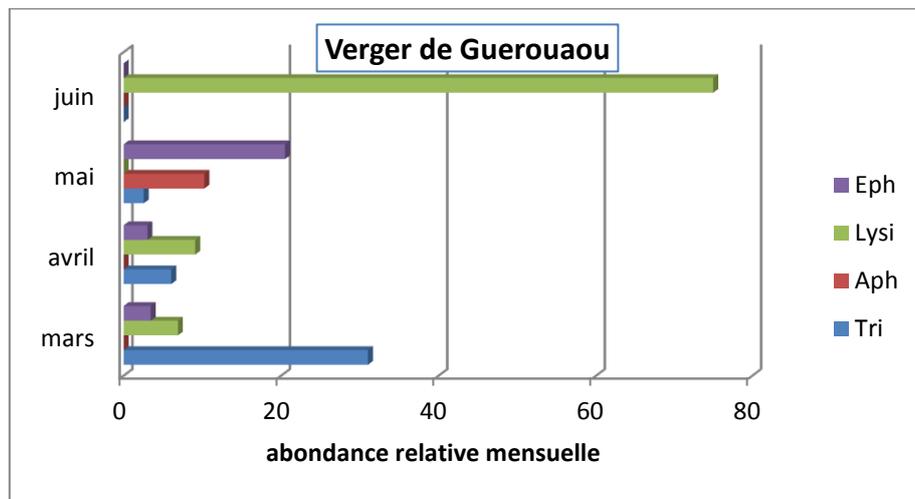


**Figure 48b: Principales espèces d'hyper parasitoïdes et leur abondance relative dans le verger de Boufarik (Cyni : Cynipidae, Pter : Pteromalidae, Meg : Megaspilidae).**

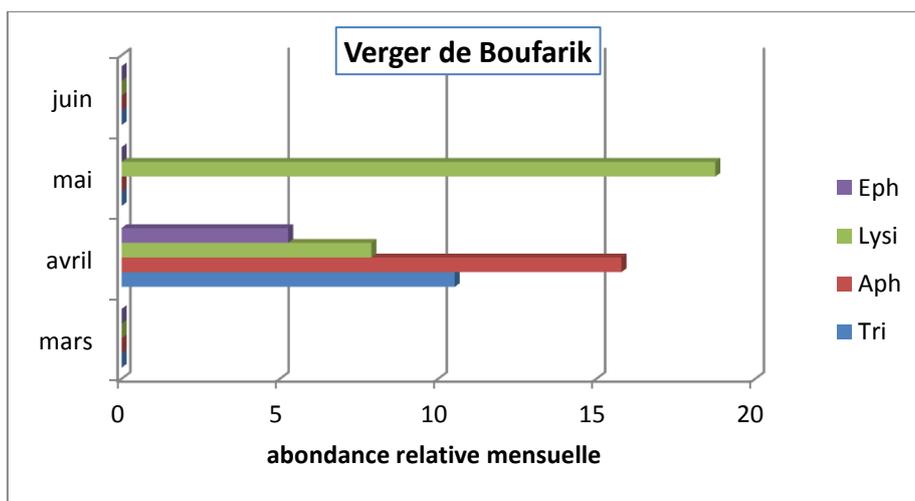
#### 4.2.2.3. Abondance relative mensuelle comparée des parasitoïdes à l'issu des captures par les plaques engluées dans les deux vergers

On a observés que dans le verger de Guerouaou le parasitoïde du genre *Trioxys* est le plus abondance au mois de mars et *Lysiphlebus* au mois de juin et au mois de mai le genre *Ephedrus* est le plus abondant mais au mois d'avril tous les parasitoïdes sont moins abondants (**Fig.49a**). Dans le verger de Boufarik On a remarqués que l'abondance des parasitoïdes est élevés au mois d'avril par *Aphidius* et *Trioxys* et au

mois de mai par le genre de *Lysiphlebus* par contre au mois de mars et mois de juin les parasitoïdes et absents(**Fig.49b**).



**Figure 49a : Variation mensuelle des abondances relatives des principales espèces de parasitoïdes capturées dans le verger de Guerouaou.**

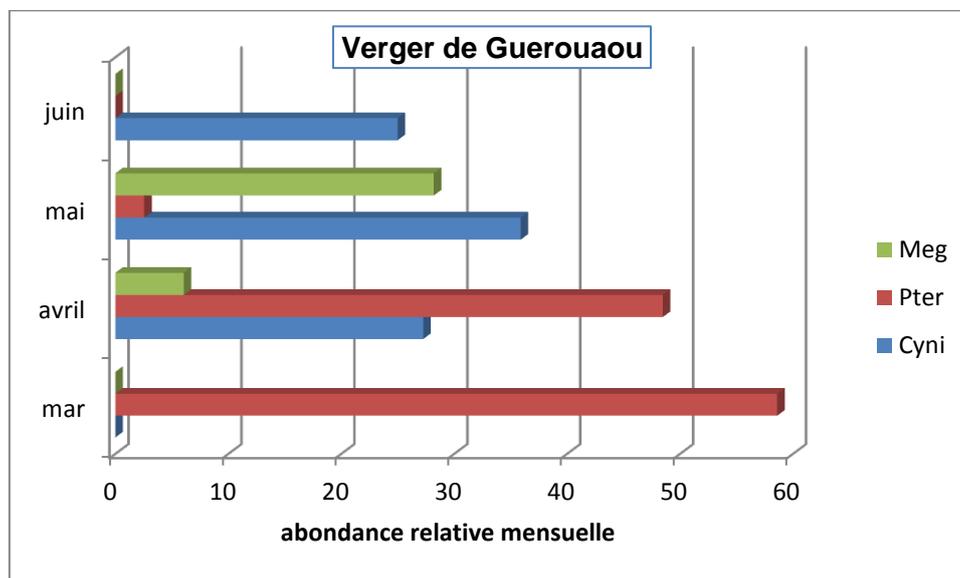


**Figure 49b : Variation mensuelle des abondances relatives des principales espèces de parasitoïdes dans le verger de Boufarik.**

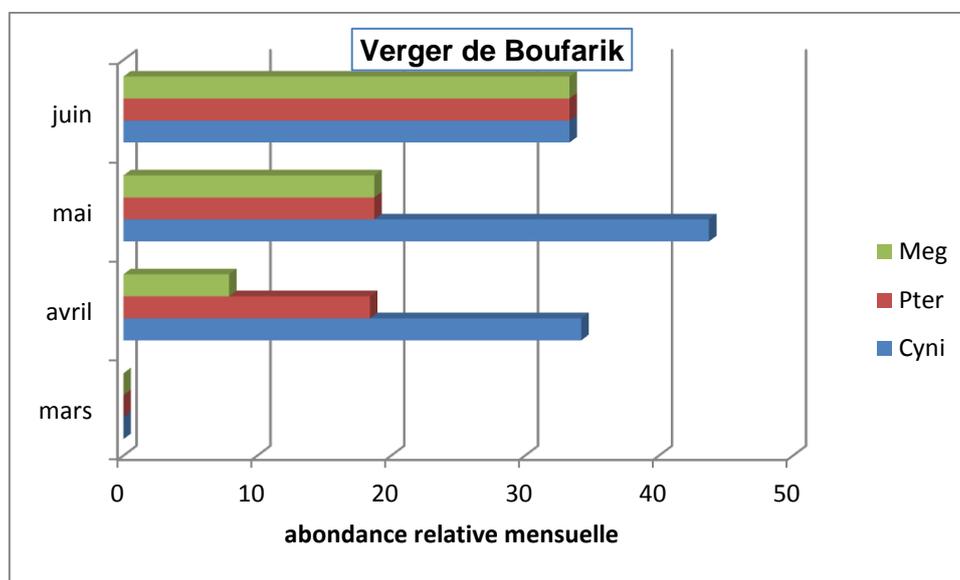
#### 4.2.2.4. Abondance relative mensuelle comparée des hyper parasitoïdes dans les deux vergers

Dans le verger de Guerouaou, les hyper parasitoïdes Pteromalidae et Cynipidae sont présents avec une abondance très élevée au mois d'avril et en mai pour les Cynipidae et les Megaspilidae (**Fig.50a**). En mars et juin, seuls les Pteromalidae et les Cynipidae sont présent. Dans le verger de Boufarik, les hyper parasitoïdes sont absents au mois de mars. Ces parasitoïdes secondaires sont bien représentés en

juin avec une même abondance de l'ordre de 35% pour l'ensemble des familles. En avril et mai, le genre *Phaenoglyphis* paraît le plus abondant (**Fig.50b**).



**Figure 50a : Variation mensuelle des abondances relatives des principales espèces de parasitoïdes secondaires dans le verger de Guerouaou (Cyni : Cynipidae, Pter : Pteromalidae, Meg : Megaspilidae)**



**Figure 50b : Variation mensuelle des abondances relatives des principales espèces de parasitoïdes secondaires dans le verger de Guerouaou (Oranger var Thomson et var Washington) (Cyni : Cynipidae, Pter : Pteromalidae, Meg : Megaspilidae).**

### 4.2.3. Biodiversité comparée du complexe parasitoïde des pucerons dans les deux vergers

Les mêmes richesses en espèces aussi bien pour les parasitoïdes primaires que pour les parasitoïdes secondaires, sont constatées pour les deux vergers avec des abondances similaires à travers l'ensemble des observations. Les indices de diversité de Shannon pour les communautés de parasitoïdes varient entre 1.34 bits et 1.32 bits et entre 1.03 et 0.99 pour les communautés d'hyper parasitoïdes, au niveau des vergers de Guerouaou et de Boufarik respectivement (**tableau 3**). Les différences de richesse et de diversité ne sont pas significatives (tableau 3,  $p > 5\%$ )

**Tableau 3. Richesses et indices de diversités comparées du complexe parasitaire dans les vergers d'étude.**

<b>Parasitoïdes</b>	Guerouaou	Boufarik	p
Richesse	4	4	1
Abondance	30	30	1
Shannon H	1,342	1,326	0,761
Equitabilité	0,9681	0,9563	0,758

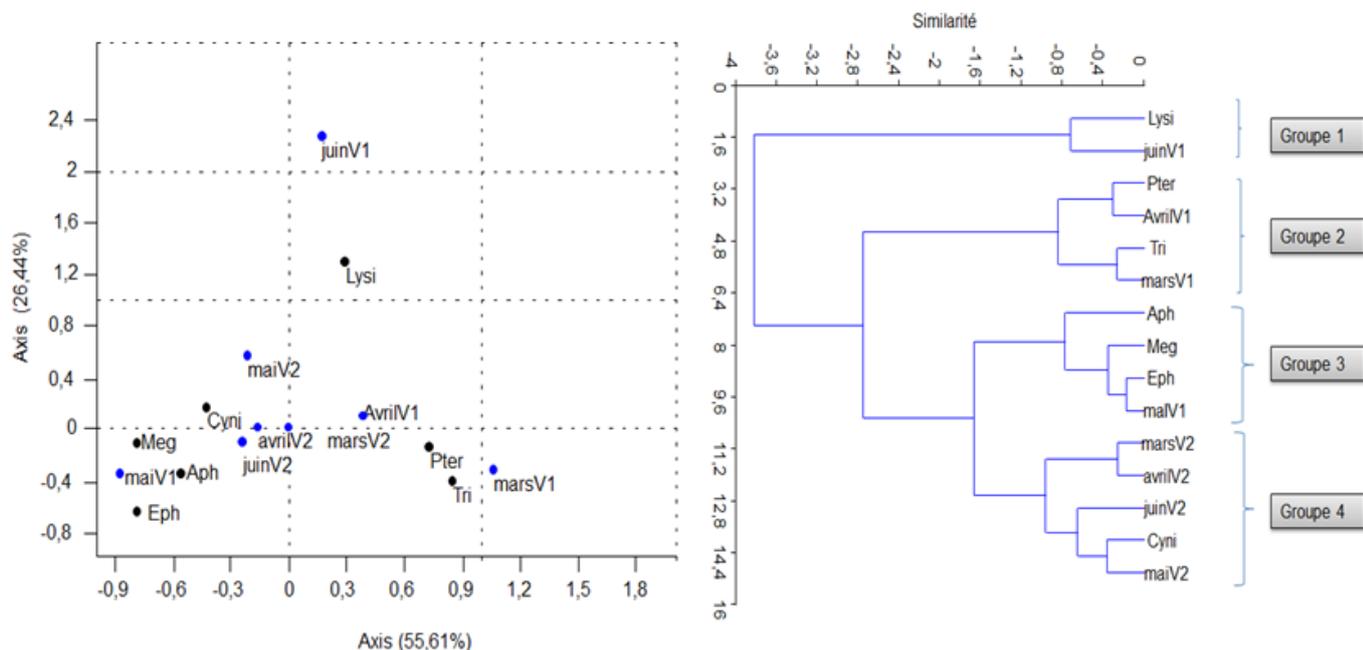
<b>Hyper parasitoïdes</b>	Guerouaou	Boufarik	p
Richesse	3	3	1
Abondance	66	67	0
Shannon H	1,031	0,9984	0,559
Equitabilité	0,938	0,9087	0,559

Nous avons analysé la structure des assemblages parasitaires des pucerons dans les deux vergers à travers une analyse des correspondances, puis déterminé à l'aide d'une CAH, les groupes mensuels dans chaque verger. L'analyse est fiable puisque les pourcentages de contribution des variables abondances des espèces et les variables temps-vergers contribuent à 82.05% aux informations sur les axes F1 et F2 du plan factoriel.

Les résultats de l'AFC et de la CAH mettent en évidence 4 assemblages de parasitoïdes différents d'après leurs abondances mensuelles dans chaque verger respectivement, (**Fig.51**).

Le 1er assemblage est représenté par *Lysiphlebus* en juin dans le verger de Guerouaou. Le 2eme assemblage regroupe des hyper parasitoïdes de la famille des Pteromalidae avec l'espèce *T. angelicae* en mars et avril toujours dans le verger de Guerouaou. Le 3eme assemblage réunit plus d'espèces de parasitoïdes primaires et secondaires par rapport au précédent groupe : ce sont les espèces *A. matricariae* et *Ephedrus sp* et un Megaspilidae hyper parasitoïde présents en mai dans le même verger. Enfin, le 4eme assemblage est typique au verger de Boufarik et concerne uniquement la présence d'une abondance non négligeable de l'hyper parasitoïde

Phaenoglyphis sp dans le verger de Boufarik durant toute la durée de notre étude de mars à juin (Fig.51).



**Figure 51 : Projection des variables des abondances temporelles du complexe parasite des vergers étudiés sur le plan factoriel de l'AFC et assemblages associés.**

### 4.3. Discussion générale

D'après DARSOUËI et al. (2011), la famille des Aphidiinae est considérée comme étant la plus riche en espèces parasitoïdes des pucerons. Toutes les espèces appartenant à cette famille sont des endoparasitoïdes, solitaires et koinobiontes des pucerons (BOIVIN *et al.*, 2012 ; KAVALLIERATOS *et al.*, 2001 ET ASLAN *et al.*, 2004 cites par ANDORNO *et al.*, 2007).

Les parasites de pucerons sont essentiellement actifs de juin à septembre. Beaucoup de parasitoïdes hivernent à l'intérieur de leur hôte (œuf, larve, adulte) ou au sol ou sur les plantes. Au cours de l'été, les performances des individus diminuent.

Les résultats d'expériences au laboratoire montrent que les parasitoïdes perçoivent et mémorisent des signaux volatils émis par les plantes en réponse à la présence de pucerons. D'une part, les parasitoïdes restent plus longtemps dans une colonie lorsque les signaux des plantes indiquent que la colonie contient de nombreux pucerons. D'autre part, les parasitoïdes augmentent leur temps de résidence si la plante précédemment visitée indique que le reste de l'habitat contient relativement peu d'hôtes, (2006).

Deux sous familles sont connues comme étant des hyper parasitoïdes de nombreux pucerons hôtes via les hyménoptères Braconidae Aphidiinae et Aphelinidae. Ces sous familles sont représentées par les Asaphinae avec le genre *Asaphes* et les

Pteromalidae avec les genres : *Pachyneuron*, *Coruna* et *Euneura*. Le genre *Asaphes* est un ectoparasitoïdes idiobiontes dont la ponte s'effectue au stade de puceron momifié.

Les Megaspilidae comme le genre *Dendrocerus* se développent en hyper-parasitoïdes sur les pucerons via des parasitoïdes primaires Aphidiinae et Aphelinidae.

L'analyse de la diversité du complexe parasitaire des aphides dans les vergers d'oranger étudiés a mis en évidence une bonne richesse avec des fluctuations stables mais des abondances faibles variant au cours de la saison d'étude, selon le mois, le verger et l'espèce de parasitoïde primaire et secondaire. De manière spécifique, les parasitoïdes primaires *Lysiphlebus testaceipes* et *L. fabarum* avec *Trioxys angelicae* ainsi les parasitoïdes secondaires Megaspilidae et *Phaenoglyphis* sp surtout sont bien représentés respectivement.

D'après (HALIMI, 2010), les relations tritrophiques des pucerons des agrumes et leurs complexes parasitaires sont dominés par les genres *Aphidius* et *Lysiphlebus*.

Les espèces identifiées appartenant à ces deux genres, ont déjà été signalées en Algérie (LAAMARI et al., 2011 et 2012), en Tunisie (BEN HAMOUDA et BEN HALIMA, 2005; BOUKHRIS- BOUHACHEM, 2011) et au Maroc (STARY ET SEKKAT, 1987), non seulement en milieux cultivées qu'en milieux naturels (TAHAR CHAOUICHE, 2010).

Dans les milieux cultivés, *Aphidius colemani*, *Binodoxys (Trioxys) angelicae* et *Lysiphlebus confusus* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) sont signalées comme étant les parasitoïdes les plus communs dans des vergers d'agrumes en Turquie, selon (SERDAR et al., 2014).

BOUALEM et al., (2014), ont constaté sur agrumes la présence régulière des espèces : *Aphidius colemani*, *A. ervi*, *A. uzbekistanicus*, *A. matricariae*, avec des taux d'abondance de 7,9, 5,9, 6,5 et 8,7%, respectivement. L'espèce *Lysephlebus fabarum* est représentée en proportion plus élevée de l'ordre de 10,1%. L'occurrence du 4e niveau trophique est dominée par l'espèce *Pachyneuron aphidis* avec une 13,8%, suivi par les espèces *Phaenoglyphis villosa*, *Syrphophagus aphidivorus*, *Asaphes suspensus*, *Alloxysta victrix*, *Alloxysta consobrina*, et *Dendrocerus laticeps* dont les proportions respectives étaient de 6,7%, 5,9%, 3,9%, 3,7%, 1,7% et 0,8%.

Les mêmes auteurs signalent cependant le nombre assez faible de ces espèces de parasitoïdes secondaires par rapport à l'abondance relative des populations de pucerons *M. persicae* et *A. gossypii*. Ils émettent l'hypothèse que cet état de fait pourrait être lié à l'apparition en grande masse des hyper-parasitoïdes qui a réduit l'efficacité de l'activité parasitaire dans la régulation des populations des pucerons étudiés.

Dans les vergers agrumicoles de Cap Bon en Tunisie, BEN HALIMA-KAMEI et BEN HAMOUDA, (2005), ont trouvé principalement les espèces *Aphelinus mali*, *Aphidius colemani*, *Aphidius matricariae*, *Lysiphlebus confusus*, *Trioxys angelicae* et *Praon volucre*.

Selon BEN HALIMA- KAMEL et *al.*, (1994) *Lysiphlebus confusus* est le plus abondant en verger de Citrus et semble être le plus efficace dans le contrôle des populations d'*A. citricola*, d'*A. gossypii* et de *T. aurantii*. Alors que *Aphidius colemani* et *Aphidius matricariae* sont les plus actifs, dans le contrôle des populations de *Myzus persicae*. *Lysiphlebus testaceipes* figure de loin parmi les espèces dominantes de parasitoïdes primaires en termes de fréquence dans tous les sites étudiés, tandis que *Pachyneuron aphidis* était l'espèce dominante parmi les hyperparasites.

Le parasitoïde *Aphidius colemani* Viereck, en dépit de sa diffusion dans la région méditerranéenne, a été observé comme ennemi naturel de *T. aurantii* seulement au Proche-Orient (Israël, Liban).

L'espèce néarctique *Lysiphlebus testaceipes* est actuellement localisée en Espagne, dans le Midi de la France, en Corse, et dans l'Italie du Centre et du Sud. En Italie,

Ce parasitoïde a interféré avec les espèces dominantes indigènes *Lysiphlebus confusus* Tremblay & Eady et *L. fabarum* (Marshall).

En évaluant le type d'association existant entre *L. testaceipes* et *L. fabarum* collectés d'Italie, le même auteur a mis en évidence que l'abondance de l'une des 2 espèces augmente la probabilité que l'autre puisse diminuer en nombre, en vertu d'un mécanisme de compétition biologique.

Au niveau du verger de Boufarik, nous avons trouvé chez les trois espèces de parasitoïdes primaires rencontrées (*L. testaceipes*, *L. fabarum* et *T. angelicae*), des différences temporelles de sexe ratio en faveur des mâles, ce qui est désavantageux (potentiel de dissémination de l'espèce), ou en faveur des femelles. Des études ont montré qu'il est possible de déterminer le nombre de femelles de la génération précédente ayant pondu dans une colonie aphidiennes avec le nombre de descendants produits par femelle dans chaque colonie. De plus, la forte proportion semble sélectionnée par des pressions venant des niveaux trophiques supérieurs, comme les prédateurs et les hyper parasitoïdes.

Dans les milieux naturels, parmi dix-huit espèces d'Hyménoptères parasitoïdes collectées à partir des momies de 10 espèces de pucerons trouvées sur 15 espèces végétales ornementales, 11 espèces sont des parasitoïdes primaires, il s'agit d'*Aphidius matricariae*, *A. colemani*, *A. ervi*, *A. transcaspicus*, *Aphidius sp*, *Trioxys angelicae*, *T. acalephae*, *Diaeretiella rapae*, *Ephedrus persicae*, *Praon volucre* et *Lysiphlebus testaceipes* HEMIDI et *al.*, (2013). Le genre *Aphidius* d'après

MESCHELOFF et ROSEN (1990) cités par KAVALLIERATOS *et al.* (2006), est le plus diversifié parmi les Aphidiinae, avec plus 70 espèces dans le monde entier. Ce genre est suivi par *Trioxys*, regroupe environ 50 espèces dans la région holarctique (TAKADA, 1966).

Parmi les 29 espèces de parasitoïdes (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) collectées dans les milieux naturels et cultivés de l'Est algérien, à partir des momies de 47 espèces de pucerons trouvées sur 85 espèces végétales, le genre *Aphidius* est le mieux représenté (LAAMARI *et al.*, 2011). L'espèce *Aphidius matricariae* est la plus fréquente, elle a été récoltée à partir des momies de 23 espèces de pucerons. Les espèces de pucerons *Aphis gossypii*, *A. craccivora*, *A. fabae* et *Myzus persicae* sont les plus parasitées. Le taux de parasitisme dépend du végétal, de l'hôte et des conditions abiotiques selon ces mêmes auteurs, ce qui corrobore les résultats de nos observations.

CHEHMA, (2013), fait remarquer que sur un total de 59 associations tritrophiques, les genres *Aphidius* et *Lysiphlebus* sont les plus représentés parmi les 9 espèces de parasitoïdes primaires inventoriées, et collectées à partir des momies de 19 espèces aphidiennes inféodées à 27 espèces végétales appartenant à 16 familles botaniques. a été formé au niveau des zones naturelles prospectées dans la région de Ouargla.

A bien des égards cependant, les paramètres de vie et le comportement des hyper parasitoïdes de pucerons diffèrent de ceux des parasitoïdes primaires de pucerons. Une meilleure connaissance de la diversité, de la biologie et du comportement des hyper parasitoïdes est indispensable pour comprendre leur relation avec les parasitoïdes et leur rôle dans les écosystèmes.

Plusieurs facteurs influencent simultanément l'histoire de vie des hyper parasitoïdes de pucerons (BUITENHUIS, 2004). Leur subdivision habituelle en endoparasitoïdes koinobiontes de larves parasitoïdes dans les pucerons vivants, et ectoparasitoïdes idiobiontes de pupes de parasitoïdes dans les pucerons momifiés ne traduit pas toutes des différences interspécifiques. Des différences d'ordre phylogénique seraient également importantes, ces espèces provenant de taxons différents tels *Dendrocerus carpenteri* (Curtis) (Megaspilidae), *Asaphes suspensus* Walker (Pteromalidae), *Alloxysta victrix* (Westwood) (Alloxystidae) et *Syrphophagus aphidivorus* (Mayr) (Encyrtidae).

L'utilisation des engrais et des pesticides, perturbent la stabilité des communautés de parasitoïdes. L'amplification du potentiel de régulation de ces insectes bénéfiques par la gestion agro écologique de l'habitat est d'ores et déjà initiée et développée actuellement à travers le monde. En Algérie, ces pratiques sont totalement absentes, d'après (LAAMARI *et al.*, 2011). KAJULU K, (2011) ont montré qu'en absence de protection chimique, la diversité végétale et la complexité structurale du terrain d'étude permettent effectivement une bonne régulation naturelle des pucerons.

Le renforcement de la biodiversité fonctionnelle peut être obtenu par l'aménagement des parcelles de façon à répondre aux besoins du plus grand nombre d'espèces auxiliaires qui doivent trouver tout au long de l'année des ressources et des conditions correspondant à chaque phase de leurs cycles. Différents auteurs (RABASSE, 1983 ; BAUDRY *et al*, 2000 ; GARCIN *et al*, 2005 ; SARTHOU, 2006) ont signalé dans leurs travaux que la diversité fonctionnelle permet d'augmenter le nombre des populations d'auxiliaires. La disponibilité des abris face aux conditions difficiles et contraignantes d'hiver ou d'été, l'occurrence de proies hôtes et proies de substitution lorsque les parcelles cultivées en sont dépourvues, la présence permanente de prairies ou de jachères à proximité des vergers, sont autant de facteurs favorables.

Par ailleurs, d'après BERTRAND, (2001) et KOLLER (1996), pour augmenter la diversité des parasitoïdes, il faudrait rechercher une diversité optimale représentative de 12 à 15 essences végétales et non pas une diversité maximale. Certaines essences ont des pucerons spécifiques qui n'ont pas d'impact sur les autres espèces végétales, mais attirent les aphidiphages.

Ainsi, l'herbe fournit un habitat intact pour l'hivernage des momies survivantes. Le maintien et l'entretien d'éléments naturels et semi-naturels au niveau des parcelles permettent de fournir des hôtes alternatifs et de maintenir les populations de parasitoïdes à la périphérie des vergers (BERTRAND, 2001). Cependant, les parasitoïdes d'œufs et de larves sont très sensibles aux pesticides chimiques. Le labour a aussi un effet fatal sur l'hivernage des momies présentes à l'automne.

Les cultures associées comme le trèfle, l'oignon ainsi que les légumineuses ont une influence sur les populations de pucerons. Ces cultures peuvent modifier d'après (CHAUBET, 1992, VILLEUNEUVE, 1999) la reconnaissance de l'hôte, la colonisation des plantes, la survie et la reproduction des auxiliaires pendant la durée de la culture. Le semis de plantes relais permet par ailleurs d'installer les auxiliaires plus tôt dans la culture. FREULER *et al*, (2001) mentionnent que le semis des choux frisés un mois avant la mise en place de la culture de chou-fleur abritent des momies 2 à 3 semaines plus tôt que la culture.

## Conclusion générale

---

Les différentes prospections effectuées dans les vergers d'agrumes de Mitidja centrale ont permis de ressortir leur richesse en Hyménoptères parasitoïdes des pucerons et hyper parasitoïdes associées, ainsi que, les différentes relations trophiques formées par ces auxiliaires avec leurs pucerons hôtes et son plantes hôte.

Les chaînes alimentaires sont les relations les plus importantes entre les êtres vivants. Dans un milieu équilibré, toute pullulation d'un ravageur est régulée par plusieurs auxiliaires. Cet équilibre est permis par la biodiversité qui dépend étroitement des activités agricoles et est considérée comme un facteur de production. Le processus qui conduit à la pullulation des pucerons trouve sa réponse dans le fonctionnement de l'agrosystème.

L'évolution des agroécosystèmes est fortement perturbée par les changements environnementaux dont l'impact des bios agresseurs et/ou les activités anthropiques englobant les divers traitements phytosanitaires, la fertilisation et d'autres pratiques culturales. La connaissance des interactions entre les ravageurs et leurs plantes hôtes sont un préalable nécessaire pour l'amélioration des techniques de lutte et le développement de méthodes alternatives à la lutte chimique.

Dans les résultats exposés ci-après, nous avons cherché à connaître la diversité en parasitoïdes principalement dans deux vergers d'agrumes n'ayant pas été sujets à des traitements phytosanitaires. Durant la période de l'étude, s'étalant de mars à juin 2015, nous avons réalisé des échantillonnages des momies au niveau des canopées des arbres ainsi que sur des plantes infestées de pucerons au sein de la couverture herbacée des vergers.

Les résultats ont prouvé que L'apparition des premiers pucerons parasités apparaît tardivement par rapport à l'installation des pucerons.

Les principales espèces de parasitoïdes primaires émergées des pucerons infestant le feuillage des agrumes sont représentées par *Lysiphlebus testaceipes*, *L. fabarum* et *Trioxys angelicae*. Le pourcentage de *L. testaceipes* est le plus important et fluctue à des valeurs comprises entre 87% et 73% Les individus de *L. testaceipes* ont tous émergé des pucerons de l'espèce *Aphis gossypii*. Comparativement pour la même proie hôte, le taux de parasitisme observé chez *L. fabarum* est plus faible et compris entre 10 et 20% noté vers la mi-mai. Les pucerons *Aphis spiraecola* ont été parasités par *Trioxys angelicae* à des taux faibles également, et sur son milieu naturel sont *Lysiphlebus testaceipes*, *Lysiphlebus fabarum*, *Lysiphlebus confusus* et *Phaenoglyphis* sp, sont des hyper parasitoïdes de la famille de Cynipidae.

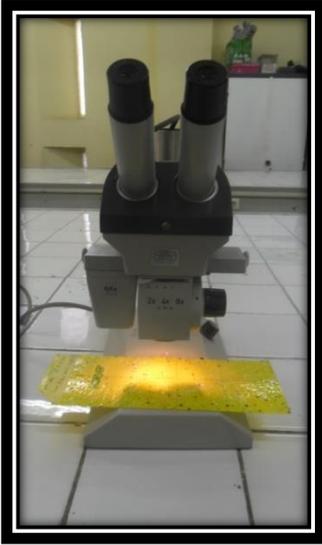
L'échantillonnage de la végétation au sein de chaque verger respectif nous a permis de déterminer une richesse de 9 espèces végétales dans le verger d'oranger de Guerouaou et une richesse de 11 espèces végétales dans le verger d'oranger de Boufarik, avec trois espèces communes .

## Conclusion générale

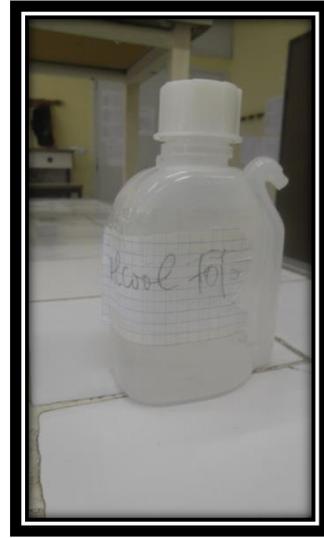
---

## Annexe 1

### Matériel utilisés au laboratoire



a : une loupe binoculaire



b : Alcool 70%



c : tube à essais



d : boîte de pétrie



e : eppendorfs

## Annexes 2

### Les espèces aphidiennes avant et après montage

Puceron avant montage	Puceron après montage
 A photograph of a dark, almost black aphid on a green leaf. The aphid is viewed from above, showing its body, legs, and antennae.	 A photograph of the same dark aphid after being mounted on a slide. The background is a uniform yellowish-orange color, and the aphid's structure is clearly visible against it.
<b>Aphis fabae</b>	
 A photograph of a greenish-brown aphid on a light-colored surface. The aphid is viewed from above, showing its body and legs.	 A photograph of the same greenish-brown aphid after being mounted on a slide. The background is a uniform light brown color, and the aphid's structure is clearly visible against it.
<b>Aphis gossypii</b>	
 A photograph of a yellowish-green aphid on a green leaf. The aphid is viewed from above, showing its body and legs.	 A circular photograph of the same yellowish-green aphid after being mounted on a slide. The background is a uniform light brown color, and the aphid's structure is clearly visible against it.
<b>Aphis spiraecola</b>	



**Aphis craccivora**



**Toxoptera aurantii**



**Dactynotus sp= Uroleucon sp**



**Sitobion avenae**

## Annexes 3

### Les espèces de parasitoïdes



*Lysiphlebus testaceipes*



*Lysiphlebus fabarum*



*Trioxyys angelicae*

## Les Hyper parasitoïdes



*Phaenoglyphis* sp



## Référence bibliographique

**ACTA, 1984-** Les auxiliaire. Ennemis naturels des ravageurs des cultures. Ed. Le carrousel, Paris, pp : 39-43.

**ALLAIS C., AMBROISE R., AUBERLET DELLE VEDOVE A., 2002.** Pesticides et protection phytosanitaires dans une agriculture en mouvement. Acta. Ed. Saint- Paul, 975p.

**ANONYME., 1998** - Changement climatique et ressources en eau dans les pays du Maghreb, Algérie, Maroc, Tunisie, en jeux et perspective. Dept. Env. Rabat, Maroc.

**ANONYME, 2008** - Statistiques agricoles. Série A, B. Ministère de l'Agriculture et de la pêche. 3p.

**ANONYME, 2014-** Encyclop' Aphids.

**AROUN M.E.F., 1985** - Les aphides et leurs ennemis naturels en vergers d'agrumes de la Mitidja. Thèse. Magister. Inst. Nat. Agro., El- Harrach, Alger, 125p.

**ARTACHO P, FIGUEROA C.C, CORTES P.A, SIMON J-C, NESPOLO R.F (2001).** Short- term consequences of reproductive mode variation of the genetic architecture of energy metabolism and life – history traits in the pea aphid. *Journal of Insect Physiology*. 57:986-994.

**BALACHOWSKY A et MESNIL L., 1936** - Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Ed Meryl, Paris, pp: 19- 21.

**BEN HALIMA K.M. ET BEN HAMOUDA M.H., (2005)-** A propos des pucerons des arbres fruitiers de Tunisie. *Note faunique de Gembloux*, 58 :11-16.

**BICHE M., 2012** - Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Programme Régional de Gestion Intégrée des Ravageurs des cultures au Proche Orient. F.A.O., 36p.

**BONNEMAIN JL (2010).** Aphids as biological modals and agricultural pests. *C. R. Biologies*. 333: 461-463.

**BOUKHRIS-BOUHACHEM S., (2011)** - Aphid Enemies Reported from Tunisian Citrus Orchards. *Tunisien Journal of plant protection*, 6: 21-27.

**BRODEUR J., 2010-** Principes et applications de la lutte biologique. Protéger la forêt naturellement ! Colloque sur la lutte biologique et intégrée 19 au 21 mars 2007, Saint-Georges, 12p.

**BUITENHUIS R., 2004.** A comparative study of the life history and foraging behaviour of aphid hyper parasitoids. Thèse de Doctorat, 'Université Laval, 169p.

**CANDRESSE T & MARTELLI G.P., 1995-** Closterovirus genus. Archives of Virology, Supplement 10, 461-464.

**CHAUBET B. 1992-** Diversité écologique, aménagement des agroécosystèmes et favorisation des ennemis naturels des ravageurs : cas des aphidiphages. Courrier de la Cellule environnement n°18, décembre 1992.

**CHAUBET B., 1992-** Diversité écologique, aménagement des agro- écosystèmes et favorisation des ennemis naturels des ravageurs: cas des aphidiphages. Courrier de l'environnement de L'INRA 18:45- 63.

**CHEHMA S., 2013-** Etude bioécologique des Hyménoptères parasitoïdes des pucerons associés au milieu naturel et cultivé dans la région de Ghardaïa. Thèse. Magister. Univ. Agro. Ouargla, 1p.

**CLAUDE GODIN M.SC; GUY BOIVIN PH. D., 2002-**Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraîchères au Québec. Ed. Agroalimentaire Canada. 33P.

**CTA, 2008-** Lutte intégrée contre les ravageurs. Programme radio rural 02/08, Fiche technique, 4p.

**DADJOZ, 1985 -** Précis d'écologies. Ed. Bordas, Paris, 505p.

**DEDRYVER CA, LE RALEC A, FABRE F (2010).** The conflicting relationships between aphids and men: A review of aphid damage and control strategies. C.R. Biologie .333: 539-553.

**DEDRYVER CA (1982).** Qu'est qu'un puceron ? In : les pucerons des cultures, ACTA, Paris, pp. 9\_19.

**DELUCCHI V., 1991 -** Visions en phytatrie. *Info-Zoo*, 5, 71-81.

**DELVARE G., 2006 -** Hymenoptera Les insectes d'importance agronomique – «Pratique de l'identification au laboratoire »CIRAD pp 324-434.

**DIDIER B (2012).** Les hémérobes. Insectes. N°.166 :1.

**DIERL, W. & RING, W., 1988,** Guide des Insectes : la description, l'habitat, les moeurs, Delachaux & Niestlé.

**DORING TF, CHITTKA L (2007).** Visual ecology a critical review on the role of colors in host finding. Arthropod-Plant Interaction. 1:3-16.

**DOUMANDJI. S, DOUMANDJI – MITTICHE. B, KHOUDOUR. A et BENZARA. A 1993 b-**Pullulation de sauterelles et de sautereaux dans la région de Bordj Bou Arreridj (Algérie), Med. Fac. Landbouw, Univ. Gent, 58 (2a), 329- 337.

**DUBUFFET A, .2006.**Variation spécifique de résistance et de virulence dans un système hôte- parasitoïde : Approche intégrative de la spécificité des interactions. Thèse. Docte., Uni. François - Rabelais. Tours, 321p.

**FAURIER C, FERRA C, MEDORI P, DEVAUX J, HEMPTINNE J-L (2003).** Ecologie : Approche scientifique et pratique, 5eme édition, Lavoisier, Paris, pp.69.

**FRANCIS F, COLIGNON P, HAUBRUGE E (2003).** Evaluation de la présence de Syrphidae (Diptera) en cultures maraîchères et relation avec les populations aphidiennes. Parasitica. 59(3-4): 129-139.

**FRANCIS F, VANDERMOTEN S, VERHEGGEN F, LOGNAY G, HAUBRUGE E (2005).** Is the (E) – farnesene only volatile terpenoid in aphids? JEN. 129(1): 6-11.

**FRAVAL A (2006).** Les pucerons. Insectes. N°, 141:3-8.

**FRAVAL A, 2009-** les Aleurodes. Insectes 28 (4) n°155, 5p.

**GODIN C, BOIVIN G (2000).** Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraîchères au Québec, Agriculture et Agroalimentaire, Canada, pp. 4-30.

**GOGGIN FL (2007).** Plant- aphid interactions molecular and ecological perspectives. Current Opinion in Plant Biology. 10: 399-408.

**GOUBAULT M., 2003-** Exploitation des hôtes chez un hyménoptère parasitoïde solitaire : conséquences adaptatives de la compétition interspécifique sur les stratégies comportementales des femelles. Thèse Docte. Univ., Renne I, 265p.

**GREATHEAD, D. J., 1995-** Benefits and risks of classical biological control. Antennae, 9(2), 53p.

**GUERRIERI E, DIGILIO MC (2008).**Aphid-Plant interactions: a review. Journal of Plant Interactions. 3(4):223-232.

**HADJ MAHMOUD R., 2012-** Contribution à l'étude du complexe Aphidien et son cortège auxiliaire sur le clémentinier «Citrus clémentina» dans la région d'EL AFFROUN. Thèse. Ing, Univ Blida1, 33p.

**HALES DF, TOMIUK J, WOHRMAN K, SUNNUCKS P, (1997).** Evolutionary and genetic aspects of aphid biology: A review. EU.R. J. Entomol. 94: 1.55.

**HARDIE J, POWELL G, (2002).** Video analysis of aphid flight behaviour. Computers and Electronics in Agriculture. 35:229-242.

**HEIE O.E., 1987-** Paleontology and phylogeny in Aphis, their biology, natural enemies and control. Amsterdam: A. K Minks & P Harrewijn. Ed° Elsevier... Vol 2A.p: 367-392.

**HEMIDI W., LAAMARI M., TAHAR CHAOUCHE S., 2013-** Les hyménoptères parasitoïdes des pucerons associés aux plantes ornementales de la ville de Biskra 9p.

**HUFFAKER, C.B., MESSENGER, P.S. and DE Bach, P., (1971).** The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. pp. 16-67. In: Huffaker C. B., Biological Control. Plenum: New York.

**HULLE M, TERPEAU – AIT IGHIL E, ROBERT Y, MONNET Y (1999).** Les pucerons des plantes maraîchères : cycle Biologique et activités de vol, INRA, Paris, PP. 28- 58.

**HULLE M, TUEPEAU E, LECLANT F, RAHN M\_ J (1998).** Les pucerons des arbres fruitiers : cycle biologique et activités de vol, INRA, Paris, pp. 22-26.

**ILUZ D (2011).** The Plant \_ aphid Universe. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and astrobiology. 16: 91 – 118.

**INRA., 2014-**les insectes « puceron Les pucerons - 2e partie », p30-32.

**KATI A, HARDIE J (2010).** Regulation of wing formation and adult development in an aphid host, *Aphis fabae*, by the parasitoid *Aphidius colemani*. Journal of Insect Physiology.56:14-20.

**KAVALLIERATOS N.G., LKOURESSIS D.P., SARLIS G.P., STATHAS G.J., SANCHIS A., 2001.** The Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) Of Greece. Phytoparasitica 29 (4): 306-340.

**KAVALLIERATOS N.G., TOMANOVIC Z., STARY P., ATHANASSIOU C.G., SARLIS G., PETROVIC- OBRADOVIC O.,NEKITIC Met VERONIKI M.A., 2004.** A survey of aphid parasitoids Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) of south Eastern Europe and their aphid –plant associations. App. Entomol .Zool. 39 (3): 527-563.

**LAAMARI M, TAHAR CHAOUCHE S, BENFERHAT S, ABBES SB, MEROUANI H, GHODBANE S, KHENISSA N, STRAY P (2011).** Interactions tritrophiques: Plantes-pucerons-hyménoptères parasitoïdes observes en milieu naturels et cultivés de l'Est Algérien. Faunistic Entomology. 63(3):115-120.

**LAAMARI M., TAHAR CHAOUCHE S., HALIMI C. W., BENFERHAT S., ABBES S. B., KHENISSA N., AND STARY P., 2012 -** A review of aphid parasitoids and their associations in Algeria (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae; Hemiptera: Aphidoidea). *African Entomology*, 20 (1): pp161-170.

**LAMBERT N., 2010-** Lutte biologique aux ravageurs : Applicabilité Au Québec. Centre Univers. Formation Envi., Univers. Sherbrooke, Québec, pp : 37-45.

**LE RALEC A, ANSELME C, OUTREMAN Y, POIRIE M, VAN BAAREN J, LE LAM C, VAN ALPEN JJ-M (2010).** Evolutionary ecology of the interaction between aphids and their parasitoids. 333:554-565.

**LE TRIONNAIRE G, HARDIET J, JAUBERT-POSSAMAI S, SIMON J-C, TAGU D, (2008).** Shifting from clonal to sexual reproduction in aphids: physiological and developmental aspects. *Bio. Celle.* 100: 441\_457.

**LE TRIONNAIRE G, JAUBERT-POSSAMAI S, BONHOMME J, GAUTHIER J-P, GUERNEC G, LE CAM A, LEGEAI F, MONFORT J, TAGU D (2012).** Transcriptomic profiling of the reproductive mode switch in the pea aphid in response to natural autumnal photoperiod. *Journal of Insect Physiology.* 58:1517-1524.

**LECLANT F, (1999).** Les pucerons des plantes cultivées: clefs d'identification. Les cultures maraîchères, INRA, Paris, pp. 9-14.

**LECLANT F, 1978-**Les pucerons des plantes cultivées, clef d'identification I, grande culture". Ed. Association coord. Tech. Agri; (A.C.T.A), Paris, 63p.

**LECLANT F., 1982 -** Les effets nuisibles des pucerons sur les cultures, Jour. D'information et études sur les pucerons des cultures, Ed. A.C.T.A., Paris, (2, 3, 4 mars), 37-56.

**LECLANT F., 1996-**Dégâts et identification des pucerons. PHM Revue Horticole, n° 369, pp.19-24.

**LECLANT F., et MILAIRE H.G., 1975 –** la lutte intégrée en vergers de pêcher dans le Sud-Est de France. *Ed. Orga. Inter. Lutte. Bio. (OILB)* : pp 181-189.

**LECOQ H., 1996 -** La dissémination des maladies à virus des plantes. *Rev. Hort.* (365) : 13-20.

**LECOQ H., 1996-**Les pucerons : de redoutables vecteurs de virus des plantes. PHM Revue Horticole, n° 369, pp. 25-36.

**LEVIEUX J., 1987-** La défense des forêts contre les insectes. Approches actuelles et perspectives. *Ann. Scie. For.* 270p.

**LOPES T, BOSQUEE E, POLO LOZANO D, LIAN CHEN J, DENG Fa C, YONG L, FANG-QIANG Z, HAUBRUGE E, BRAGARD C, FRANCIS F (2011).** Evaluation e la diversité des pucerons et de leurs ennemis naturels en cultures maraîchères dans l'est de la chine. *Faunistic Entomology.* 64(3) :63-71. Manuscrit, 1janv.2009.257p.

**MARIAU D., 1996-** Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. Ed. CIRAD. Paris, 67p.

**MCCORNACK BP; RAGSDALE DW & VENETTE RC., 2004-** Demography of soybean aphid (Homoptera: Aphididae) at summer temperatures. *Journal of Economic Entomology*, 97, 854-861.

**MERCIER A., 1999** - L'importance du fonctionnement morpho dynamiques du cours d'eau sur les habitats des éphémères l'exemple d'une rivière de montagne : l'Ariège (Pyrénées centrale françaises) », *Ephemera*, vol. 1 (2) : 111-117.

**MICHELE R, 2003-** Mieux connaître les pucerons. Agronome-entomologiste, PhD. Laboratoire de diagnostic en phytoprotection. Direction des services technologiques, MAPAQ.

**MINKS A et HARREWIJN P., 1987-** *World Crop Pest* Elsevier.

**MUTIN G., 1977** - La Mitidja décolonisation et espèces géographiques. Ed. OPU, Alger, 607p.

**OLIVER KM, NOGE K, HUANGE M, CAMPOS JK, BECERRA JX, HUNTER MS (2012).** Parasitic wasp responses to symbiont- based defense in aphids. *Journal of Biology*.10:1-10.

**ORTIZ-RIVAS B et al., 2004-** Molecular systematics of aphids (Homoptera: Aphididae): new insights from the long-wavelength opsin gene, in: *Molecular Phylogenetic and Evolution*, 30:24-37.

**ORTIZ-RIVAS B et al., 2004-** Molecular systematics of aphids (Homoptera: Aphididae): new insights from the long-wavelength opsin gene, in: *Molecular Phylogenetic and Evolution*, 30: 24-37.

**PECCOUD J, SIMON JC, VONDOHLEN C, COEUR D'ACIER A, PLANTE GENEST M. VANLER BERGHE- MASUTTI F, JOUSSELIN E (2010).** Evolutionary history of aphid – plant associations and theirs role in aphid diversification . *C. R. Biologies*. 333:474-487.

**PELOSATO A., 1998-** *Ecologie et civilisation*. Ed Naturellement, Paris, pp : 171-178.

**PINTUREAU B., 2009** - *La lutte biologique et les Trichogrammes*. Éditons-Le.

**POWELL G et al., 2006-** *Annul Rev Entomol* 51, pp: 309-315.

**REY P., 2007-** Utilisation de microorganismes antagonistes dans la lutte biologique : intérêts, limites et perspectives en protection des plantes. 76-78 protéger la forêt naturellement. Colloque sur la lutte biologique et intégrée.19-21 mars 2007, St-Georges Beauce.

**RIBA G., ET SILVY C., 1989-** *Combattre les ravageurs des cultures : Enjeux et perspectives*. Ed. INRA, Paris, 115p.

**ROBERT P.A., 2001-** *Les Insectes*, Delachaux & Niestlé, 4e édition.

**ROBERT Y., 1982** - Fluctuations et dynamique des populations de puceron. Les pucerons des cultures, journées d'étude et d'information, Paris 2,3 et4 Mars 1981, Acta. 76p.

**SFORZA R., et SHEPPARD A., 2004-** Lutte biologique et introduction des espèces envahissantes, une méthode de lutte respectueuse de l'environnement. Colloque, Les savoirs partagés d'agro polis Museum «la lutte biologique : Réalité ou Volonté» Montpellier, 13 octobre 2004, 12p.

**SFORZA, R., 2009-**Utilisation d'organismes phytophages. In Pintureau, B. (rad.), La lutte biologique : Application aux arthropodes ravageurs et aux adventices (Chapitre VII, p. 125-145). Paris, Ellipses Editions.

**SIMON J-C, RISPE C, SUNNUCKS P, (2002).** Ecology and evolution of sex in aphids. *TRENDS in Ecology & Evolution*. 17(1): 34-39.

**SIMON J-C, STOECKEL S, TAGU D, (2010).** Evolutionary and functional insights into reproductive strategies of aphids. *C.R. Biologies*. 333:488-496.

**SPECTY O., 2002-** Elaboration d'aliments artificiels pour l'élevage de la coccinelle prédatrice *Harmonia axyridis* (Col., Coccinellidae) : analyse des besoins nutritionnels, contrôle des caractéristiques biologique et biochimique des insectes produits. Thèse Doct Inst. Nati, Scie, Appliqués, Lyon. P1.

**STARY P., REMAUDIERE G. et LECLANT F., 1971.** Les Aphidiinae (Hym.) de France et leurs hôtes (Homo., Aphididae). Ed. Le François, Paris. 76p.

**STARY P., REMAUDIERE G. ET LECLANT F., 1973.** Nouvelles données sur les Aphididés de France (Hym). *Annales Soc. ENT. Fr. (N.S)* 9 (2): 309-329.

**STARY P ET SEKKAT A., 1987.**Parasitoids (Hymenoptera: Aphidiinae) of aphid pests in Marocco. *Annl.Soc.Ent.Fr.*23 (2): 145-149

**STERN D. L., 1997-**Determining aphid taxonomic affinities and life cycles with molecular data: a case study of the tribe Cerataphidini (Homaphidinae: Aphidoidea: Hemiptera), in: *Systematic Entomology*, 22: 81-96.

**STRONG D.R; LAWTON J.H. & SOUTHWOOD R., 1994-** Insects on plants: community patterns and mechanisms. Harvard University press. Cambridge, Massachusetts. 313 p.

**SULLIVAN DJ (2005).** Aphids *Encyclopedia of Entomology*. 1:127-146.

**SULLIVAN DJ (2007).** Aphids (Hemiptera: Aphididae).*Encyclopedia of Entomology*.1:191-215.

**SUTY L., 2010-** La lutte biologique vers de nouveaux équilibres écologiques. Ed. Quae, France, pp: 30-65.

**TAGU D, SUBATER – MUNOZ B, SIMON J-C (2005).** Deciphering reproductive polyphenism in aphids. *Invertebrate Reproduction and Development*.48:71-80.

**TAHIRI A. (2007)** -Maladies virales des agrumes. Département de protection de plante. ENA Meknès. 18 Décembre 2007.

**TREMBLAY R. - (1984)** The parasitoid complex [Hym: Ichneumonoïdea] of *Toxoptera aurantii* [Hom: Aphidoidea] in the Mediterranean area. *BioControl* ; 29(2):203-209.

**TURPEAU – AIT IGHIL E, DEDRYVER CA, CHAUBET B, HULLE M (2011).** Les pucerons des grandes cultures : cycles biologiques et activités de vol, Quae, Paris, pp. 33.

**UZEST M, GARGANI D, DOMBROVSKY A, CAZEVIELLE C, COT D, BLANC S (2010).** The « acrostyle »: A newly described anatomical structure in aphid stylets. *Arthropod Structure and Development*. 39:221-229.

**VAN DRIESCHE R., HODDLE M., ET CENTER T., 2008-** Control of pest and weeds by natural enemies: An introduction to biological control. Ed. Blackwell Publishing. 11p.

**VAN HELDEN J., 2011-** Enjeux sociaux et écologiques de la biologie. Cours BIOL-D101 (Faculté SOCO), Fascicule 2. Université Libre de Bruxelles, 10p.

**VAN LENTEREN J.C., J. Bale, F. BIGLER, H.M.T. HOKKANEN, AND A.J.M. LOOMANS , 2006 -** ASSESSING RISKS OF RELEASING EXOTIC BIOLOGICAL CONTROL AGENTS OF ARTHROPOD PESTS *Annual Review of Entomology*, Vol. 51: 609-634.

**VILLIERS A., 1954-** Atlas des Hémiptères.2ème édition. Vol 1.Paris. p 83.

**VINCENT, C.ET CODERRE, D., 1992.** *La lutte biologique*. Éd. Gaëtan Morin éditeur, Québec, canada, p.646.

**WÄCKERS F.L., 2000-** Do oligosaccharides reduce the suitability of honey-dew for predators and parasitoids? A further facet to the function of insect-synthesized honeydew sugars. *Oikos*, **90**, 197-201.

**WAJNBERG E. ET RIS N .2006.**Parasitisme et lutte biologique. Ed I.N.R.A,

**WEBSTER B, BRUCE T, DUFOUR S, (2008).** Identification of volatiles compounds used in host location by black bean aphid, *Aphis fabae*. *J Chem Ecol*. 34:1153-1161.

**WEBSTER B, BRUCE T, PICKETT J, HARDIE J (2010).** Volatiles functioning as host cues in a bland become no host cues when presented alone to the black bean aphid to the black bean aphid *Animal Behavior*. 79:451-457.

**WILL T, VAN BEL A.J.E (2006).** Physical and chemical interactions between aphids and plants. *Journal of Experimental Botany*. 57(4):729-737.

**WIWART M, SADEJ W, (2008).** The effect of leaf colors of selected field bean cultivars which differ in attracting black bean aphid (*Aphis fabae* Scop.). *Journal of plant protection research*. 48(2).195-200.

**WU Z; SCHENK-HAMLIN D; ZHAN W; RAGSDALE DW et HEIMPEL GE 2004-**The soybean aphid in China: a historical review. *Annals of the Entomological Society of America*, 97, pp: 209-218.

**WYATT I. J & BROWN S. J., 1977-** The influence of light intensity, day length and temperature on increase rates of four glasshouse aphids. *Journal of Applied Ecology* 14: 391-399.

**YAO I. & S. AKIMOTO, 2001-** Ant attendance changes the sugar composition of the honeydew of the drepanosiphid aphid *Tuberculatus quercicola*. *Oncologie* 128: 36-43.

**YOUNG K.B., et COTE J.C., 2000.** Une analyse des incidences environnementales de l'insecticide microbien *Bacillus thuringiensis*. *Bulletin technique* no. 29, 3p.

**ZINTZARAS E, MARGARITOPOULOS J-A (1999).** Statistical tree classification of aphids based on morphological characteristics. *Computers and Electronics in Agriculture*, 24: 165- 175.