

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1**  
**Faculté des Sciences De la Nature et la Vie**  
Département des Biotechnologies et Agro-écologie



## **THESE DE DOCTORAT**

Spécialité : Phytopathologie

**Contribution a l'étude des degats des aleurodes sur la  
culture de tomate approche comparative de l'effet de deux  
champignons verticillium lecanii et paecilomyces  
fumosorose sur leur cycle de vie**

par :

**Razika Moudoud**

Devant le jury composé de :

|              |            |                   |            |                  |
|--------------|------------|-------------------|------------|------------------|
| Président    | Docteur    | Aoues K.          | MCA        | USD Blida        |
| Promotrice   | Professeur | Allal Benfekih L. | Professeur | USD Blida        |
| Examinatrice | Docteur    | Djemai I .        | M C A      | USD Blida        |
| Examinatrice | Professeur | Behidj N.         | Professeur | UMB Boumerdes    |
| Examineur    | Docteur    | Dahmane T.        | M C A      | U Khemis Miliana |
| Examineur    | Docteur    | Belkacem M.       | M C A      | U AMO Bouira     |

Année universitaire: 2024-2025

Je remercie Dieu le miséricordieux, le tout puissant qui m'a donné la Santé, la volonté et la patience pour réaliser ce travail

En premier lieu, je tiens à remercier mon directeur de thèse, Madame **Allal Benfekih Leila**, professeur à l'**USD Blida**, qui a accepté de diriger ce travail. Avec son esprit éclairé et son aide efficace, j'ai pu surmonter beaucoup d'obstacles dans la réalisation pratique de ce travail de recherche. Je lui exprime toute ma reconnaissance pour son aide, sa compréhension et ma profonde et respectueuse gratitude

J'exprime mes plus vifs remerciements à Madame. **Aoues K**, Maître de conférences à l'**USD Blida**, qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ma thèse.

Je remercie sincèrement Madame. **Djemai I**, Maître de conférences à l'**USD Blida** pour bien voulu accepter de faire partie du jury.

Je remercie vivement à Madame. **Behidj N.**, Professeur à **UMB Boumerdes** pour bien voulu accepter de faire partie du jury.

Je remercie sincèrement Madame. Madame **Dahmane T.**, Maître de conférences à l'**U Khemis Miliana** pour bien voulu accepter de faire partie du jury.

J'adresse mes remerciements à Monsieur **Shahraoui L.**, pour L'aide qu'il m'a apporté pour la réalisation de ce travail.

. J'adresse mes remerciements à Madame **Bissaad F.**, Professeur à **UMB Boumerdes** pour L'aide qu'il m'a apporté pour la réalisation de ce travail.

## RESUME

### **Contribution a l'étude des degats des aleurodes sur la culture de tomate approche comparative de l'effet de deux champignons *verticillium lecanii* et *poecilomyces fumosoroseus* sur leur cycle de vie**

En Algérie, l'aleurode *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) est considéré comme l'un des principaux ennemis naturels des cultures maraichères. Un suivi des fluctuations de ce ravageur a été réalisé sur tomate, poivron, courgette et la fraise sous abris. Nos résultats indiquent que les fortes infestations de ce ravageur interviennent au cours de la phase croissance de ces plantes hôtes.

*Bemisia tabaci* est responsable de dégâts considérables dans les pépinières et les jeunes plantations légumineuses, il est important d'approfondir des études sur sa bioécologie, sa répartition et ses plantes hôtes en vue de limiter les dégâts de ce ravageur et éviter sa propagation.

Ce ravageur montre une intense activité sur la culture de tomate avec une fréquence de 43,73%. Le poivron est sa deuxième source de nourriture avec une présence évaluée à 24%. En troisième position vient celle de la courgette avec 19,14%, tandis que sur la fraise sa population ne dépasse pas 13,11%. L'essai de l'effet de deux champignons *Verticillium* sp et *Poecilomyces* sp sur l'aleurode *B.tabaci* sur tomate montre une variabilité affirmée entre les deux champignons concernant les taux de mortalité. Un taux de mortalité important a été obtenu avec une valeur d'environ 73 % par le champignon *Verticillium* sp contre 23% par *Poecilomyces* sp.

Pour le cas de l'essai de l'effet de deux champignons *Verticillium* sp et *Poecilomyces* sp sur l'aleurode *B.tabaci* sur tomate, il ressort des résultats qu'une variabilité a été affirmée entre les deux champignons concernant les taux de mortalité. Un taux de mortalité important a été obtenu avec une valeur d'environ 23% de champignon *Poecilomyces* sp et 73 % par le *Verticillium* sp. Toutefois, la maîtrise des doses des produits et les périodes d'application sont des paramètres importants afin d'augmenter le taux de mortalité. Les maladies virales transmises par *B. tabaci* sont essentiellement causées par des Gemini virus et touchent de nombreuses plantes cultivées appartenant principalement aux familles des Fabaceae et Malvaceae.

il serait intéressant d'établir un inventaire des bioagresseurs des cultures maraichères en question et leurs ennemis naturels en vu d'établir des programmes de lutte raisonnée contre les ravageurs de ces cultures en associant également d'autres méthodes de lutte, entre autres l'aménagement des agrosystèmes. Pour le cas de l'aleurode *B. tabaci*, il faut rappeler que cette mouche constitue une ressource abondante pour de nombreuses espèces d'insectes carnivores, au rang desquels figure la Coccinelle Scymnini *Clitostethus arcuatus*

**Mots-clés :** *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889, Fluctuations, Champignon entomopathogène, Corso.

## SUMMARY

### **Contribution to the study of whitefly damage on tomato crops, comparative study of the effect of two fungi *verticillium lecanii* and *poecilomyces fumosoroseus* on their life cycle.**

In Algeria, the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) is considered one of the main natural enemies of vegetable crops. We monitored fluctuations in this pest on tomatoes, peppers, zucchinis and strawberries under cover. Our results indicate that heavy infestations of this pest occur during the growth phase of these host plants.

As *Bemisia tabaci* is responsible for considerable damage in nurseries and young leguminous plantations, it is important to further study its bioecology, distribution and host plants in order to limit the damage caused by this pest and prevent its spread.

This pest is most active on tomatoes, with a frequency of 43.73%. Peppers are its second most important food source, accounting for 24%. Zucchini comes third with 19.14%, while strawberries have a population of only 13.11%. Testing the effect of two fungi, *Verticillium* sp and *Poecilomyces* sp, on the whitefly *B.tabaci* on tomato showed a marked variability in mortality rates between the two fungi. A significant mortality rate was obtained with a value of around 73% by the fungus *Verticillium* sp versus 23% by *Poecilomyces* sp.

In the case of the trial on the effect of two fungi, *Verticillium* sp and *Poecilomyces* sp, on the whitefly *B.tabaci* on tomato, the results showed that there was variability between the two fungi in terms of mortality rates. A significant mortality rate was obtained with a value of around 23% by the fungus *Poecilomyces* sp and 73% by *Verticillium* sp. However, control of product doses and application periods are important parameters for increasing mortality rates. Viral diseases transmitted by *B. tabaci* are essentially caused by Gemini viruses and affect numerous cultivated plants belonging mainly to the Fabaceae and Malvaceae families.

It would be interesting to draw up an inventory of the bio-aggressors of the market garden crops in question and their natural enemies, with a view to establishing reasoned pest control programs for these crops, also combining other control methods, including agrosystem management. In the case of the whitefly *B. tabaci*,

it should be remembered that this fly is an abundant resource for many species of carnivorous insects, including the Scymnini ladybug *Clitostethus arcuatus*.

**Key words:** *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889, Fluctuations, Entomopathogenic fungus, Corso.

## الملخص

مساهمة في دراسة الأضرار التي تسببها الذبابة البيضاء على محاصيل الطماطم، دراسة مقارنة لتأثير نوعين من الفطريات هما فطر فير تشيلويم ليكاني وبوسيلومييسيس فوموسورسوس على دورة حياتها

جيناديوس، 1889) في الجزائر من الأعداء الطبيعية الرئيسية لمحاصيل *Bemisia tabaci* تعتبر الذبابة البيضاء الخضروات. تم رصد التقلبات في هذه الآفة على الطماطم والفلفل والكوسة والفراولة تحت الغطاء. تشير النتائج التي توصلنا إليها إلى أن الإصابات الكثيفة لهذه الآفة تحدث خلال مرحلة نمو هذه النباتات المضيفة

تعتبر آفة بيميسيا تاباسي مسؤولة عن أضرار كبيرة في المشاتل والمزارع البقولية الصغيرة، ومن المهم إجراء المزيد من الدراسات حول بيئتها الحيوية وتوزعها والنباتات المضيفة بهدف الحد من الأضرار التي تسببها هذه الآفة ومنع انتشارها

تنشط هذه الآفة بشكل كبير في محاصيل الطماطم، حيث تبلغ نسبة انتشارها 43.73%. أما الفلفل فهو ثاني أهم مصدر غذائي لها بنسبة 24%. في المرتبة الثالثة تأتي الكوسة بنسبة 19.14%، بينما لا يتجاوز تعدادها على الفراولة و *Verticillium sp* 13.11%. أظهرت الاختبارات التي أجريت على تأثير اثنين من الفطريات، وهما على الطماطم تباينًا واضحًا بين الفطريتين من حيث معدلات *B.tabaci* ، على الذبابة البيضاء *Poecilomyces sp* مقارنة بـ *Verticillium sp* 23% وقد تم الحصول على معدل وفيات كبير بقيمة 73% تقريباً بواسطة فطر *Poecilomyces sp* بواسطة فطر

، على الذبابة البيضاء *Poecilomyces sp* و *Verticillium sp* في حالة التجربة على تأثير اثنين من الفطريات، على الطماطم، أظهرت النتائج وجود تباين بين الفطريتين فيما يتعلق بمعدلات النفوق. وقد تم الحصول على *B.tabaci* *Verticillium* و 73% لفطر *Poecilomyces sp* معدل وفيات كبير حيث بلغت نسبة الوفيات حوالي 23% لفطر ومع ذلك، فإن التحكم في جرعات المنتج وفترات التطبيق من العوامل المهمة لزيادة معدل الوفيات. وتسبب *sp.* الأمراض الفيروسية التي تنتقل عن طريق ب. تاباسي بشكل أساسي فيروسات الجوزاء وتؤثر على العديد من النباتات المزروعة التي تنتمي بشكل رئيسي إلى عائلتي الفاباسيا والمالفاسيا

سيكون من المثير للاهتمام وضع قائمة جرد للمعتديات الحيوية لمحاصيل حدائق السوق المعنية وأعدائها الطبيعيين بهدف وضع برامج مكافحة آفات منطقية لهذه المحاصيل، مع الجمع بين طرق مكافحة الأخرى، بما في ذلك إدارة النظم الزراعية. في حالة الذبابة البيضاء *B. tabaci*,

يجب أن نتذكر أن هذه الذبابة تعد موردًا وفيرًا للعديد من أنواع الحشرات آكلة اللحوم، بما في ذلك الخنفساء السيمينية *Clitostethus arcuatus*.

**الكلمات المفتاحية:** بيميسيا تاباسي جيناديوس، 1889، التقلبات، الفطريات الممرضة للحشرات، كورسو

Je remercie Dieu le miséricordieux, le tout puissant qui m'a donné  
la  
Santé, la volonté et la patience pour réaliser ce travail

En premier lieu, je tiens à remercier mon directeur de thèse, Madame **Allal Benfekih Leila**, professeur à l'**USD Blida**, qui a accepté de diriger ce travail. Avec son esprit éclairé et son aide efficace, j'ai pu surmonter beaucoup d'obstacles dans la réalisation pratique de ce travail de recherche. Je lui exprime toute ma reconnaissance pour son aide, sa compréhension et ma profonde et respectueuse gratitude

J'exprime mes plus vifs remerciements à Madame. **Aoues K**, Maître de conférences à l'**USD Blida**, qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ma thèse.

Je remercie sincèrement Madame. **Djemai I**, Maître de conférences à l'**USD Blida** pour bien voulu accepter de faire partie du jury.

Je remercie vivement à Madame. **Behidj N.**, Professeur à **UMB Boumerdes** pour bien voulu accepter de faire partie du jury.

Je remercie sincèrement Madame. **Dahmane T.**, Maître de conférences à l' **U Khemis Miliana** pour bien voulu accepter de faire partie du jury.

Je remercie sincèrement. Monsieur **Belkacem M.**, Maître de conférences à l' **UAMO Bouira** pour bien voulu accepter de faire partie du jury.

J'adresse mes remerciements à Monsieur **Shahraoui L.**, pour L'aide qu'il m'a apporté pour la réalisation de ce travail.

J'adresse mes remerciements à Madame **Bissaad F.**, Professeur à **UMB Boumerdes** pour L'aide qu'il m'a apporté pour la réalisation de ce travail.

J'adresse mes remerciements à Monsieur **Bellatreche M.**, pour L'aide qu'il m'a apporté pour la réalisation de ce travail.

## LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

|   |    |
|---|----|
| Figure I..1 - Plant de tomate <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller.....  | 18 |
| Figure I..2 - Caractéristiques anatomique d'une tomate.....   | 19 |
| Figure I..3. Adulte du puceron <i>Aphis gossypii</i> a: aptère b: aptère.....   | 24 |
| Figure I..4 - Adulte de <i>Macrosiphum euphorbiae</i> .....   | 25 |
| Figure I..5. Adulte du puceron <i>Aulacorthum solani</i> a : Aptère ( <a href="https://www6.inrae.fr">https://www6.inrae.fr</a> )<br>b : ailé après montage.....  | 26 |
| Figure I..6. Adulte de l'aleurode <i>Bemisia tabaci</i> , ( <a href="https://lh3.googleusercontent.com">https://lh3.googleusercontent.com</a> ) a :<br>Aptère <a href="https://www6.inrae">https://www6.inrae</a> . b : Dégâts de l'aleurodec – Œufs et larves de <i>Bemisia</i><br><i>tabaci</i> ..... | 27 |
| Figure I..7. Dégâts de la mineuse de la tomate sur fruits et sur feuilles.....  | 28 |
| Figure I.. 8. Adultes de <i>Autographa gamma</i> .....  | 29 |
| Figure I..9. Adultes de la noctuelle <i>Agrotis segetum</i> (Gr.8X10).....  | 30 |
| Figure I.. 10 - <i>Liriomyza bryoniae</i> .....   | 31 |
| Figure I.. 11. Adulte de thrips <i>Frankliniella occidentalis</i> et dégâts sur feuilles.....   | 32 |
| Figure I.. 12 –Adultes de l'aleurode <i>Bemisia tabaci</i> ).....   | 33 |
| Figure I..13 - Différents stades de développement de l'aleurode <i>Bemisia tabaci</i> .....   | 35 |
| Figure I..14 -Cycle biologique d'un aleurode.....   | 36 |
| Figure I..15 -Dégâts d'un aleurode sur fruit et sur feuilles.....   | 37 |
| Figure I..16 Différents groupes taxonomiques des champignons<br>entomopathogènes.....   | 39 |
| Figure I..17 Ramification de conidiophore de <i>Penicillium</i> portant des conidies.....   | 40 |
| Figure I..18 - Champignon <i>Verticillium dahliae</i> Kleb, 1913.....   | 41 |
| Figure I..19- Champignon du genre <i>Poecilomyces</i> .....   | 42 |
| Figure II.1. Situation géographique de la wilaya de Boumerdes.  |    |
| Figure II.2. Localisation du site expérimental de Corso   |    |
| Figure II.3. Vue générale des serres où a été menée notre expérimentation   |    |

|   |    |
|---|----|
| Figure II.4. Diagramme ombrothermique du corso durant la période 2001-2022.....   | 50 |
| Figure II.5. Climagramme Emberger des régions d'études.....   | 51 |
| Figure II.6. Piège type plaquette engluée jaune.....  | 54 |
| Figure II.7 : Serres expérimentales.....  | 55 |
| Figure II.8. Technique de dénombrement des populations de <i>Bemisia tabaci</i> .....   | 56 |
| Figure II.9 : Préparation milieu de PDA.....  | 58 |
| Figure III.1. Répartition des bioagresseurs de la tomate par ordre taxonomique.....   | 69 |
| Figure: III.2 Fréquences des populations de l'aleurode.....   | 70 |
| <i>Bemisia tabaci</i> par type de culture   |    |
| Figure III.3. Fluctuations spatio-temporelles de l'aleurode <i>Bemisia tabaci</i> sur tomate.....   | 71 |
| Figure III.4. Fluctuations spatio-temporelles de l'aleurode <i>Bemisia tabaci</i> sur poivron .....   | 73 |
| Figure III.5. Fluctuations spatio-temporelles de l'aleurode <i>Bemisia tabaci</i> sur courgette. ....   | 74 |
| Figure III.6. Fluctuations spatio-temporelles de l'aleurode <i>Bemisia tabaci</i> sur les fraises.....  | 76 |
| Figure III.7. Graphique de corrélation des variables par ACP.....   | 77 |
| Figure III.8 Adulte de <i>Clitostethus arcuatus</i> .....   | 78 |
| Figure III.9 Evolution spatio temporelle des populations de <i>B. tabaci</i> et son prédateur <i>C. arcuatus</i> sur tomate.....                          | 79 |
| Figure III.10. Adulte de <i>Nesidiocoris tenuis</i> .....   | 81 |
| Figure III.11 - Evolution spatio temporelle des populations de <i>B. tabaci</i> et son prédateur <i>Nesidiocoris tenuis</i> sur tomate. ....              | 82 |
| Figure III.12 Adulte du parasite <i>Encarsia formosa</i> .....  | 83 |
| Figure III.13 - Evolution spatio temporelle des populations de <i>B. tabaci</i> et son parasite <i>E. formosa</i> sur tomate.....                         | 84 |
| Figure III.14 - Variation du taux de mortalité de <i>B. tabaci</i> traité par les deux champignons <i>Verticillium sp</i> et <i>Poecilomyces sp</i> ..... | 85 |
| Figure III.15. Variation du taux de mortalité de <i>B. tabaci</i> .....   | 86 |

|   |    |
|---|----|
| Tableau I..1. Besoins en éléments fertilisants de la tomate.....  | 22 |
| Tableau II.1. Paramètres climatiques mensuels de la zone d'étude Corso entre janvier et Mai2022.....                    | 48 |
| Tableau II.2: Matériel et produits de laboratoire.....  | 58 |
| Tableau III.1 : Liste des espèces de ravageurs entomophages identifiées sur tomate sous serre à Boudouaou El Bahri..... | 67 |
| Tableau III.2 : Les indices écologiques.....  | 68 |
| Tableaux III.3. Corrélation de Pearson : <i>Bemisia tabaci</i> ; T°C MAX; T°C Min.....                                  | 72 |
| Tableaux III.4. Corrélation de Pearson : <i>Bemisia tabaci</i> ; T°C MAX; T°C Min.....                                  | 73 |
| Tableaux III.5. Corrélation de Pearson : <i>Bemisia tabaci</i> ; T°C MAX; T°C Min.....                                  | 75 |
| Tableaux III.6. Corrélation de Pearson : <i>Bemisia tabaci</i> ; T°C MAX; T°C Min.....                                  | 76 |
| Tableau III.7 - Résultats de l'analyse de la variance.....  | 87 |

## TABLE DES MATIERES

|  |    |
|--|----|
| RESUME .....   | 1  |
| REMERCIEMENTS .....  | 4  |
| LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX .....                  | 5  |
| TABLE DES MATIERES .....   | 8  |
| <br>   |    |
| INTRODUCTION .....   | 11 |
| <br>   |    |
| CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE .....                            | 15 |
| <br>   |    |
| I.1- Plante hôte: la tomate LYCOPERSICUM ESCULENTUM (MILL).....        | 15 |
| I.1.1 – Généralités.....   | 15 |
| I.-2- Taxonomie.....   | 16 |
| I.-3 - Origine et historique. ....                                     | 16 |
| I.-4 - Importance de la tomate.....                                    | 16 |
| I. 4.2 - En Algérie.....   | 17 |
| I. -5 - Biologie. ....   | 17 |
| I. 5.1 - Aspects botaniques. ....                                      | 17 |
| I..5.2 – Caractères anatomique d'un fruit de tomate: .....             | 18 |
| I..5.3–Cycle de la tomate. ....  | 19 |
| I.5.4 - Mode de production de la tomate. ....                          | 19 |
| I.5.5 - Classification de la tomate selon le mode de reproduction..... | 20 |
| I. 5.5.1 - Variétés fixées. ....                                       | 20 |
| I..5.5.2 - Variétés hybrides. ....                                     | 20 |
| I..5.6 - Valeur alimentaire. ....                                      | 20 |
| I..5.7 - Exigences écologiques de la tomate. ....                      | 21 |
| I..5.7.1 - Exigences climatiques. ....                                 | 21 |
| I..5.7.1.1 - Température. ....   | 21 |
| I..5.7.1.2 - Lumière. ....   | 21 |
| I..5.7.1.3 - Humidité. ....  | 21 |
| I.1.5.7.2 - Exigences édaphiques. ....                                 | 22 |
| I.1.5.7.2.1 - Type du sol. ....  | 22 |
| I.1.5.7.2.2 - PH de sol. ....  | 22 |
| I.1.5.7.2.3 - La salinité. ....  | 22 |
| I.1.5.7.2.4 - Besoins en éléments fertilisants. ....                   | 22 |

|   |        |
|---|--------|
| I..6 - Bioagresseurs insectes de la tomate. ....                              | 22     |
| I..6.1 - Homoptères. ....   | 23     |
| I..6.1.1- Aphis gossypii (Puceron du coton) ....                              | 23     |
| I..6.1.2 - <i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Puceron de la pomme de terre). .... | 24     |
| I..6.1.3 - Aulacorthum solani (Puceron tacheté de la pomme de terre). ....    | 25     |
| I..6.1.4 - Bemisia tabaci (mouche blanche, aleurode) ....                     | 26     |
| I..6.2 - Lépidoptères. ....   | 27     |
| I..6.2.1 - Mineuse de la tomate : Tuta absoluta.....                          | 27     |
| I..6.2.1.1 - Symptômes et dégâts. ....  | 27     |
| I..6.2.2 - Noctuelles.....  | 29     |
| I..7 - Diptères. ....   | 29     |
| I..7.1 - Liriomyza bryoniae (mouche mineuse des feuilles de tomate). ....     | 30     |
| I..8 - Thysanoptères.....   | 30     |
| I..8.1 - Thrips :Frankliniellaoccidentalis (Thrips californien) ....          | 31     |
| I..9 - Ravageur : l'aleurode Bemisia tabaci (Gennadius, 1889) ....            | 31     |
| I..9.1 - Généralité sur l'aleurode: ....                                      | 32     |
| I..9.2 - Classification : ....  | 33     |
| I..9.3 - Description : ....   | 33     |
| I..9.3.1 - L'œuf: ....  | 33     |
| I. 9.3.2 - La larve ....  | 33     |
| I.1.9.3.3 - L'adulte.....   | 34     |
| I.9.4 - Cycle de développement de Bemisia tabaci. ....                        | 35     |
| I..9.5 -Les dégâts: ....  | 37     |
| I.10 -Champignons entomopathogènes Verticillium sp et Poecilomyces sp. ....   | 38     |
| I.10.1 –Généralités. ....   | 38     |
| I.10.2.Les caractères généraux des champignons entomopathogènes ....          | 39     |
| I.10.3 Cycle biologique ....  | 39     |
| I. 10.4 Verticillium sp. ....   | 40     |
| I.10.4-1 –Définition.....   | 40     |
| I..10.5 - Poecilomyces. ....  | 41     |
| I..10.5 -1 –<br>Définition.....   | 41     |
| I..10.5 -2 - Caractéristiques<br>macroscopiques.....                          | 41     |
| <br>CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....                                   | <br>43 |
| II.1. Description de la région d'étude : Boumerdes.....                       | 43     |
| II.1.2. Localisation du site d'étude : Commune de Corso.....                  | 44     |
| II.2. Caractéristiques climatiques.....                                       | 46     |
| II.2.1. Température.....  | 46     |
| II.2.2. Pluviométrie.....   | 47     |
| II.2.3. Analyse des températures et des précipitations en 2022.....           | 48     |
| II.2.4. Diagramme ombrothermique du corso durant la période 2001-2022.....    | 49     |

|   |        |
|---|--------|
| II.2.5. Climagrammes d'Emberger des régions d'étude.....  | 50     |
| II.2.6. Vent.....   | 52     |
| II.2.7. Humidité relative.....  | 52     |
| II.3. Matériel expérimental.....  | 53     |
| II.3.1. Pièges chromatiques (Plaquettes angulées jaunes).....   | 53     |
| II.4. Protocole expérimental.....   | 54     |
| II.4.1. Fluctuations des populations de Bemisia tabaci.....   | 54     |
| II.4.2. Effet de deux champignons Verticillium sp et Poecilomyces sp sur la mouche<br>blanche de la tomate.....                           | 56     |
| II.4.2-1 isolement des champignons Verticillium sp et Poecilomyces sp à partir des<br>cadavres de la mouche blanche de la tomate.....     | 57     |
| II.4.2-2 Préparation milieu de PDA(Pomme de Terre Agar).....  | 58     |
| II.4.2-2 Détermination des champignons Verticillium sp et Poecilomyces sp à partir<br>des cadavres de la mouche blanche de la tomate..... | 60     |
| II.5. Analyse des résultats.....  | 61     |
| II.5.1. Richesse totale S.....  | 61     |
| II 5.2. Abondance relative.....   | 62     |
| II.5.3. Distribution des individus en espèces : Diagramme Rang/fréquence de<br>Frontier.....  | 63     |
| II.5.4 Calcul des pourcentages de mortalité.....  | 63     |
| II.5.5 Analyses statistiques.....   | 65     |
| II.5.5.1 Analyse de variance.....   | 65     |
| II.5.4.2 Analyse en Composantes Principales (ACP).....  | 65     |
| <br>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....   | <br>67 |
| III.1. Rôle de l'aleurode Bemisia tabaci dans l'entomofaune associée à la tomate...67   |        |
| III.1.1. Inventaire des principaux bioagresseurs de la tomate sous abris dans la<br>région de Corso.....                                  | 67     |
| III.1.1. Les indices écologiques.....   | 68     |
| III.2.1. Distribution des individus en espèces : Diagramme Rang/fréquence de<br>Frontier.....   | 70     |
| III.3. Abondance des populations de Bemisia tabaci sur quelques plantes hôtes....70   |        |
| III.4. Fluctuations des populations de Bemisia tabaci sur quatre types de cultures<br>maraichères.....                                    | 71     |
| III.4.1. Cas de la tomate.....  | 71     |
| III.4.2. Cas du poivron.....  | 72     |
| III.4.3. Cas de la courgette.....   | 74     |
| III.4.4. Cas de la Fraise.....  | 75     |
| III.5. Variation temporel de la population de Bemicia tabassi.....  | 76     |

|   |    |
|---|----|
| III.6. Appréciation du rôle entomophage du complexe parasite - prédateur de l'aleurode <i>Bemisia tabaci</i> .....  | 77 |
| III.6.1. Cas de la coccinelle aleurodiphage <i>Clitostethus. arcuatus</i> .....   | 77 |
| III.6.1.1. Description.   |    |
| III.6.2. Evolution des populations de l'aleurode <i>B. tabaci</i> et son prédateur <i>C. arcuatus</i> sur tomate.....   | 78 |
| III.6.3. <i>Nesidiocoristenus</i> Reuter 1895 ( <i>Miridae</i> ).....   | 79 |
| III.6.3.1. Caractéristiques morphologiques.....   | 80 |
| III.6.3.2. Evolution des populations de l'aleurode <i>B. tabaci</i> et son prédateur <i>N.tenuis</i> sur tomate.....  | 80 |
| III.6.4. Cas du parasite <i>Encarcia formosa</i> Gahan, 1924.....   | 81 |
| III.6.4.1. Evolution du parasite <i>E. formosa</i> sur les populations de <i>B. tabaci</i> sur tomate.....  | 82 |
| III.7. Effet de deux champignons entomopathogènes <i>Verticillium</i> sp et <i>Poecilomyces</i> sp sur la mouche blanche de la tomate <i>Bemisia tabaci</i> ..... | 84 |
| III.7.1. Analyse de la variance appliquée à l'effet de deux champignons de <i>Bemisia tabaci</i> .....  | 87 |
| III-2 Discussion .....  | 87 |
| III-2 -1 Effet des champignons entomopathogènes.....  | 89 |
| III-2 -2 Interaction entre <i>Bemisia tabaci</i> et les conditions climatiques.....   | 90 |
| III-2 -3 Impact des prédateurs et parasitoïdes naturels.....  | 90 |
| CONCLUSION.....   | 92 |
| APPENDICES.....   | 95 |
| APPENDICE B : ANNEXES.....  | 96 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....  | 97 |

# **INTRODUCTION**

## INTRODUCTION

L'agriculture algérienne s'est considérablement développée et beaucoup de moyens techniques et économiques sont engagés pour faire développer les différents secteurs. Le Programme National de Développement Agricole initié et mis en œuvre par le Ministère de l'Agriculture en 2000 et les résultats obtenus démontrent la volonté de l'Algérie à développer ses potentialités en matière d'agriculture.

Une stratégie agricole est un ensemble intégré de politiques sectorielles, complété par un programme d'investissements. Parmi les secteurs qui ont fait l'objet d'un programme spécial c'est la filière maraîchage. Cette spéculation spéculations est la les plus cultivées à travers le monde [1]. En effet, beaucoup d'actions ont été engagées dans ce domaine par les pouvoirs publics. En Algérie, les cultures maraîchères occupent le deuxième rang après les céréales. Sa superficie est estimée à plus de 330.000 ha avec une production de 8,5 millions de tonnes en 2015 [2]. Très peu de diversité variétale est utilisée, celles locales sont souvent délaissées au profit de variétés introduites [3].

Ces dernières années, on assiste à une importante intensification des cultures maraîchères au sud algérien et plus particulièrement dans le Sahara septentrional. Cette politique a permis à l'Algérie d'assurer une autosuffisance en produits maraîchers notamment la tomate, le poivron, la courgette et d'autres produits de large consommation. Afin d'assurer une bonne prise en charge, les agriculteurs ont bénéficié de statut de filière maraîchage [4].

Les cultures de tomate occupent une place importante dans l'économie du pays. Elles représentent une forte demande sur le marché national et constitue un aliment de grande consommation. C'est une source importante de vitamines, et aussi une culture de rente importante pour les petits exploitants et pour les agriculteurs [5].

La tomate *Lycopersicon esculentum* Mill est le légume- fruit le plus recherché et le plus consommé au niveau mondial soit en état frais ou industriel, c'est une culture très ancienne, elle fut découverte au XVIème siècle dans les

régions andéennes de l'Amérique du sud comme plante toxique et à nos jours on trouve dans ces régions toutes les formes sauvages et culturelles de la tomate. Elle a été introduite en Europe où elle a connue plusieurs domestication jusqu'à sa mondialisation au XIXème siècle [6] et [7].

Les Algériens, en tant que grands consommateurs de tomate, la préfèrent à l'état industrielle c'est-à-dire en concentrée où la consommation s'élève à proximité de 4 kg/personne/an [8].

Les cultures de tomate subie des agressions d'une multitude de bios agresseurs qui entravent la production. Parmi ces ravageurs on cite l'aleurode *Bemisia tabaci*, cette espèce a été décrit à pour la première fois par Gennadius (1889) dans le genre Aleurodes, comme un ravageur du tabac en Grèce. Il possède de nombreux synonymes répertoriés par [9] et [10]. C'est un ravageur majeur des cultures agricoles et des plantes ornementales de plein champ et protégées. C'est un vecteur de 111 virus végétaux des genres Begomovirus, Crinivirus et Carlavirus ou Ipomo virus [11] et [12] En s'attaquant inlassablement à nos cultures, les aleurodes peuvent leur transmettre certains phytovirus, comprenez par là un virus s'attaquant aux organismes végétaux.[13]

D'après BURBAN (1991), les pertes de rendement dû à ces maladies virales sont parfois considérables. Les maladies virales transmises par *B. tabaci* sont essentiellement causées par des gemini virus et touchent de nombreuses plantes cultivées appartenant principalement aux familles des Fabaceae, Malvaceae [14] Au Soudan, Mound, 1965 a pu mettre en évidence une réduction du nombre et du poids des capsules sous l'effet de fortes infestations.

L'utilisation et la gestion des produits phytosanitaires et des fertilisants chimiques ont des conséquences sur la durabilité de la production agricole et sur l'environnement [15] C'est la raison pour laquelle les spécialistes s'orientent vers d'autres alternations de lutte comme la lutte biologique, où encore la lutte intégrée. En effet, l'utilisation du parasite *Cales noakii* et la coccinelle *Clitoste thusarcuatus* peuvent contribuer à réduire les infestations de l'aleurode *Bemisia tabac* [16] Le présent travail s'articule autour de deux axes, le premier sera une contribution à l'étude des dégâts de l'aleurode *Bemisia tabaci* sur quelques cultures maraichères

en particulier la tomate. Dans le second volet on va expérimenter l'effet de deux champignons *verticillium lecanii* et *Paecilomyces fumosorose* sur leur cycle de vie.

Le premier chapitre de ce présent travail est consacré à une synthèse bibliographique comportant deux parties: la première est consacrée à la présentation de la plante hôte la tomate, la deuxième partie est réservée à des généralités sur l'aleurode *Bemisia tabaci*. Dans

le second chapitre nous aborderons le présentation de la région d'étude et le matériels et les méthodes utilisés soit sur le terrain ou au laboratoire. Le troisième chapitre est réservé aux résultats et les discussions. Enfin, nous terminant par une discussion générale des résultats obtenus, une conclusion et des perspectives.

**Chapitre I :**  
**Synthèse**  
**Bibliographique**

## CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

### I.1- Plante hôte: la tomate LYCOPERSICUM ESCULENTUM (MILL)

La tomate est la Solanaceae la plus cultivée en Algérie elle regroupe également d'autres espèces bien connues telles que la pomme de terre, le poivron et l'aubergine.

#### I.1.1 - Généralités

Les cultures maraichères demeurent l'un des secteurs agricoles les plus cultivés au monde [1]. Le terme maraîchage apparaît au XVIIIe siècle cette pratique est cependant bien plus ancienne. L'activité s'est développée dans des zones marécageuses, à la périphérie des villes, afin de les alimenter facilement en fruits et légumes frais. La diversité variétale est très peu utilisée et les variétés locales sont souvent délaissées au profit des variétés introduites [3].

Afin de pratiquer la culture maraichère divers travaux doivent être exécutés: labour, semis et/ou repiquage, arrosage, désherbage, traitement phytosanitaire, récolte. Il faut donc prévoir un accès facile aux plants cultivés en évitant de piétiner le terrain [17].

En Algérie, les cultures maraichères occupent la deuxième place après les céréales, avec une superficie estimée à plus de 330 000 ha et une production atteignant 8,5 millions de tonnes en 2015 [2].

L'analyse des cultures maraichères en Algérie ces dernières années, nous a permis la constatation d'une évolution appréciable sur le plan des superficies plantées, de la production et des rendements enregistrés. En effet, la superficie plantée a presque doublé passant de 274,93 mille ha en 2000 à 533,19 mille ha en 2019. Toutefois, l'évolution est beaucoup plus importante sur le plan de la production réalisée. Celle-ci est passée de 33,08 millions de Qx en 2000 à 146,7 millions de Qx en 2019. Cela est dû, en grande partie, à l'amélioration des rendements qui sont passés de 120,3 Qx/ha à 275,1Qx/ha pour la même période d'analyse [18]. La culture de la tomate occupe une place du premier ordre parmi les cultures maraichères pratiquées en Algérie

#### I.-2- Taxonomie

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) est cultivée dans de nombreux pays du monde et sous divers climats, y compris les régions relativement froides. Après le

développement et l'extension de la plasticulture dans le monde, la tomate est devenue la culture la plus répandue et plus particulièrement en Afrique du Nord.

D'après [6] KOLEV (1976), la classification de la tomate est comme suite:

Embranchement.....Phanérogames

Sous /Embranchement.....Spermaphytes

Ordre.....Polemonia

Famille.....*Solanacea*

Genre.....*Lycopersicum*

Espèce.....*Lycopersicon esculentum* Mill, 1763

### I.-3 - Origine et historique.

La tomate est originaire d'Amérique du Sud dont l'ancêtre sauvage est *Solanum lycopersicum var. cerasiforme*, qui est présent au Pérou, au Chili, dans la vallée des Andes et en Equateur [6]. Cette plante à fruits très petits fut d'abord domestiquée au Mexique et améliorée par les Aztèques. Dans la première moitié du 16<sup>ème</sup> siècle, la tomate fut rapportée en Europe par les conquistadors espagnols qui adoptèrent son nom indien « tomât ». Elle fut d'abord implantée dans le Sud de l'Europe, notamment en Espagne et en Italie.[19]. En Algérie, elle a été introduite par les cultivateurs du sud de l'Espagne, étant donné que les conditions se sont montrées propices. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905, puis elle s'est étendue vers le centre, notamment dans le littoral algérois [20].

### I.-4 - Importance de la tomate.

#### I.-4-.1 - Dans le monde.

Selon [21], la superficie mondiale consacrée à la culture de tomate est estimée à près de 5051983 ha en. Elle a permis une production d'environ 100 millions de tonnes. En 2020, la production moyenne mondiale de la tomate est de 186821216 tonnes [22].

Actuellement, nous assistons à la modernisation et la maîtrise des systèmes de production de cette denrée, ce qui a augmenté les niveaux de production en quantité et en qualité. Ceci, a permis de plus grands mouvements de commercialisation et exportation de 200.000 tonnes par an durant la période allant de 1990 à 1999 [23].

#### I. 4.2 - En Algérie.

L'une des cultures légumières les plus importantes en Algérie est celle de la tomate [24]. La production totale de la tomate pour l'année 2019 est de 14.778.786 qx [25], ce qui est en deçà des besoins de la population. Les Algériens, en tant que grands consommateurs de tomate, la préfèrent à l'état industriel, c'est-à-dire en concentrée où la consommation s'élève à proximité de 4kg/personne/an [8] (Tab. 1). 4800 Ha sont consacrés annuellement à la culture de tomate sous serres, représentant ainsi 33 % du potentiel serres en place. Les rendements obtenus sous serres varient entre 600 qx à 1200 qx/ha, selon la maîtrise de l'itinéraire technique. Pour une production annuelle de 5,6 millions de qx [26]. Selon les statistiques du MADR, En 2022 la production nationale de tomates a enregistré des records, avec une production frôlant les 20 millions de quintaux, dont 12 millions de quintaux de tomates transformées.

#### I. -5 - Biologie.

##### I. 5.1 - Aspects botaniques.

La tomate est une plante annuelle, dont le fruit est une baie, qui est souvent de couleur rouge, jaune ou verte. Sa forme est ronde, plus ou moins allongée selon les espèces. Le fruit à péricarpe charnu, contient des pépins. La pulpe charnue est divisée en quartiers contenant les graines dans un mucilage [27]. La tomate possède un système racinaire touffu et pivotant qui s'enfonce dans le sol à plus de 50cm. La racine principale produit une multitude de radicelles. Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pleine, fortement poilue et glandulaire pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m. Les feuilles constituées de plusieurs folioles sont couvertes de poils glandulaires et poussent en spirales. L'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs. Le pétiole mesure entre 3 et 6cm. Les fleurs sont bisexuées, mais la fécondation croisée peut avoir lieu. Les abeilles et les bourdons sont les principaux pollinisateurs. Le fruit est une baie charnue de forme globulaire ou aplatie et ronde ou côtelée, jusqu'à 15cm de diamètre. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu, La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. [21]. (Fig.I.1)

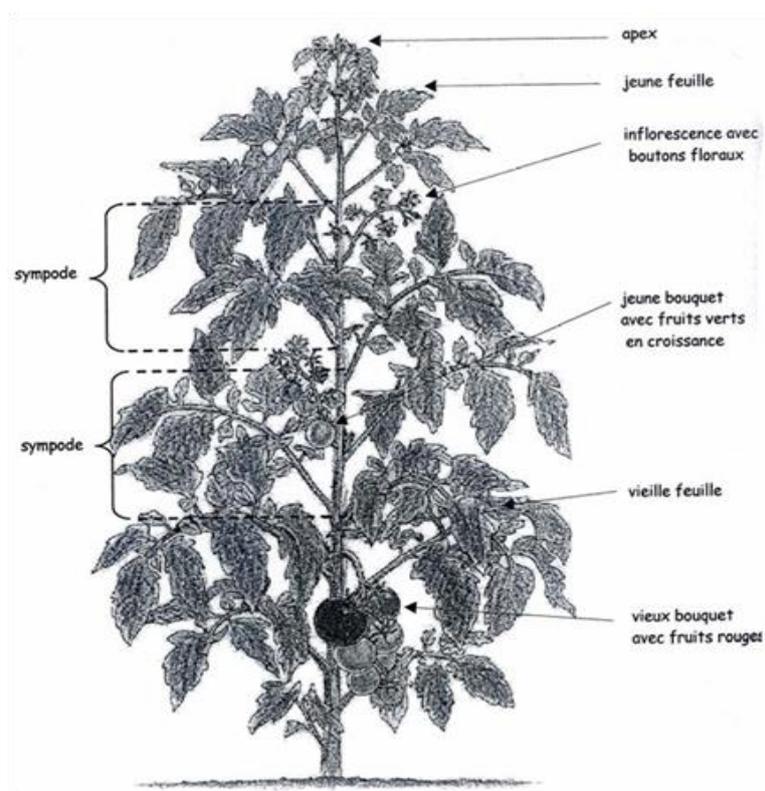


Figure I..1 - Plant de tomate *Lycopersicon esculentum* Miller  
(SHANKARA *et al.*2005)

#### I..5.2 – Caractères anatomique d'un fruit de tomate:

Le fruit de la tomate (*Solanum lycopersicum*, de la famille des Solanacées) est une baie (fruit à péricarpe entièrement charnu, contenant des graines appelées pépins). Cette baie est rouge, parfois jaune ou orangée, de forme ronde ou plus ou moins allongée, lisse ou creusée de sillons. Il est situé au-dessus du plan d'insertion des pièces florales, il dérive d'un ovaire supère. Il contient plusieurs loges dont on ne peut déterminer le nombre sur une coupe longitudinale. La placentation est axile et les placentas sont proéminents [28]. (Fig.I.2)

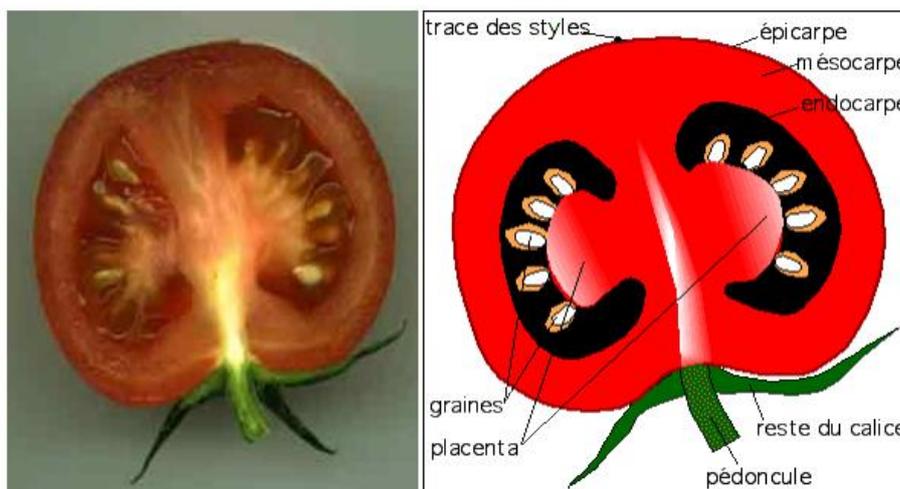


Figure 1..2 - Caractéristiques anatomique d'une tomate (<https://plantamus.com>)

### 1..5.3–Cycle de la tomate.

Le cycle de la graine est variable selon les variétés et les conditions de culture, il est en moyenne de 3,5 à 4 mois, de 7 à 8 semaines de la graine à la fleur et de 7 à 9 semaines de la fleur au fruit [29].

La tomate est une culture annuelle bien qu'elle soit pérenne dans certaines conditions. Les semences sont mises en pépinière et la germination a lieu 3 à 4 jours après. Elle est épigée. Les plantules sont repiquées au bout de 25 à 45 jours après la mise en pépinière lorsqu'elles ont à peu près 15 cm de hauteur, 5 à 6 feuilles et une tige d'environ 5 mm de diamètre. La floraison débute 50 à 65 jours après la mise en pépinière. Les plantes sont très sensibles à la température qui joue un rôle au moment de la formation des fleurs. La première récolte intervient 60 à 80 jours après le repiquage et se fait lorsque les fruits sont rouges (pour la transformation), orange à rouge pour la consommation immédiate ou vert jaunâtre pour la consommation différée [30].

### 1.5.4 - Mode de production de la tomate.

La tomate est produite selon plusieurs modes de production :

- Sous abris sous tunnel (primeur) et sous serre multi chapelles (primeur)

Ce système de culture vise à produire les tomates tout au long de l'année. Il permet de développer des productions hydroponiques, supprimant ainsi certaines contraintes liées au sol [31]. La culture sous abri fournit aujourd'hui une part essentielle du marché de frais pour les légumes-fruits tels que la tomate [32]. Les

serres présentent des avantages non négligeables par rapport aux cultures de plein champ. Elles permettent en premier lieu de pallier les difficultés liées aux fluctuations de température, de lumière et des conditions d'humidité de plein champ, ce qui a pour avantage d'étendre considérablement la période de production (près de 11 mois de cycle) [33].

➤ Plein champ (saison et arrière-saison)

Ce système de culture est le plus répandu. Si l'irrigation est disponible, les plantations peuvent être faites en saison sèche. La mécanisation est souvent réduite à la préparation du sol [30]. Par ses différents modes de production, la tomate est disponible toute l'année [34].

#### I.5.5 - Classification de la tomate selon le mode de reproduction

Selon le mode de fécondation, on distingue deux types de variétés de tomate

##### I. 5.5.1 - Variétés fixées.

Il existe plus de 500 variétés dont les caractéristiques génotypiques et phénotypiques se transmettent aux générations descendantes. Elles sont sensibles aux maladies, mais donnent des fruits d'excellente qualité gustative [35].

##### I..5.5.2 - Variétés hybrides.

Elles sont nombreuses et présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt agronomique (bonne précocité, résistance aux maladies, aux attaques parasitaires et des hauts rendements). Ces hybrides ne peuvent être multipliés puisqu'ils perdent leurs caractéristiques avec la descendance [35].

#### I..5.6 - Valeur alimentaire.

La tomate est riche en vitamine A, C (19mg/100g de fruit de la tomate) et B<sub>6</sub> bénéfique pour les globules rouges [36]. D'après ce même auteur, cette baie renferme du magnésium (Mg), du potassium (K), du phosphore (P) et des oligoéléments. Sa couleur rouge vif provient du pigment appelé lysogène dont la quantité dépend en grande partie de la variété de la tomate et de son degré de mûrissement.

La tomate est très importante dans l'alimentation humaine, elle constitue un bon réservoir d'antioxydants, comme le lysogène, l'acide ascorbique, les caroténoïdes, les flavonoïdes et les composés phénoliques [37]. Elle est riche en glucides, en

protéines, en lipides, en vitamines (A, B, C, E) et ainsi qu'en oligo-éléments (potassium). Sa peau et ses graines sont riches en fibres [38].

#### I..5.7 - Exigences écologiques de la tomate.

##### I..5.7.1 - Exigences climatiques.

###### I..5.7.1.1 - Température.

La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. Les températures optimales pour la plupart des variétés se situent entre 21 et 24°C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en dessous de 10°C et au-dessus de 38°C, les tissus végétaux sont endommagés. L'équilibre et l'écart entre température diurne et nocturne, semblent nécessaire pour obtenir une bonne croissance et une bonne nouaison de la tomate [21]. Les températures optimales de développement du plant se situent entre 20 et 25°C le jour, 13 et 17°C la nuit et 14 et 18°C dans le sol [39].

###### I..5.7.1.2 - Lumière.

Un éclairage de 14h par jour est nécessaire pour le développement végétatif de la plante. Toutefois, la photopériode ne doit pas dépasser 18h par jour [40].

###### I..5.7.1.3 - Humidité.

L'humidité en pépinière doit être supérieure à 75 % pour une bonne germination. Lors de la pollinisation, elle doit être comprise entre 55 et 60 % pour éviter le développement des maladies cryptogamiques [40].

### I.1.5.7.2 - Exigences édaphiques.

#### I.1.5.7.2.1 - Type du sol.

La tomate pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau, une bonne aération et qui sont libres de sels. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées [21].

#### I.1.5.7.2.2 - PH de sol.

La tomate tolère modérément un large intervalle de valeurs du pH, mais, pousse mieux dans des sols où la valeur du pH varie entre 5,5 et 6,8 [21].

#### I.1.5.7.2.3 - La salinité.

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis-à-vis de la salinité [39].

#### I.1.5.7.2.4 - Besoins en éléments fertilisants.

Les carences en éléments minéraux les plus connues chez la tomate sont : Calcium, Magnésium, Potassium et Manganèse. Alors les besoins en éléments organiques sont très importants, elles doivent être ajustées par des apports en éléments fertilisants [7]. Les besoins en ce dernier chez la tomate sont regroupés dans le tableau 2 suivant :

Tableau I..1.Besoins en éléments fertilisants de la tomate [7].

| Élément fertilisants     | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca O  | MgO       |
|--------------------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|-----------|
| Apports (Kg/t de fruits) | 4 à 5 | 1 à 1,5                       | 5 à 8            | 3 à 5 | 0,8 à 1,2 |

### I..6 - Bioagresseurs insectes de la tomate.

A l'instar des autres plantes, la tomate est menacée aussi par plusieurs ravageurs. Parmi ces déprédateurs on cite: les acariens du genre Tetranychus, les aleurodes ou mouches blanches, les pucerons, les thrips, les mineuses et les noctuelles en serres [41].

Les ravageurs et les maladies de la tomate sont souvent communs à d'autres espèces de solanacées cultivées, comme l'aubergine ou le tabac. Cette sensibilité est dû à la particularité écologique de cette culture qui l'expose à diverses

nuisances, notamment les maladies et les insectes déprédateurs dont les dégâts sont parfois très importants [7] et [42].

### I.6.1 - Homoptères.

Les dommages directs sont produits lorsque les colonies apparaissent en grand nombre sur la culture. Les pucerons préfèrent les feuilles et les tiges tendres. En plus des dommages directs qu'ils peuvent provoquer, les pucerons transmettent également différents virus [21]. Ils constituent un problème économique et agricole majeurs dans de nombreuses cultures tempérées par la transmission de virus et par les dommages directs qu'ils infligent aux plantes en se nourrissant du phloème [43]. Sur tomate, les pucerons sont surtout redoutables par leur capacité à transmettre plusieurs viroses. Selon [44] Ils sont vecteurs de virus phytopathogènes et sont capables de transmettre 28 % des phytovirus transmis par les insectes. Les cultures maraîchères sous serre et plus particulièrement la tomate sont confrontées aux attaques de plusieurs espèces de pucerons. C'est le cas d'*Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, et *Aulacorthum solani* [45]. [46] rapporte que la maîtrise chimique des populations de ces ravageurs est souvent problématique du fait de leur résistance possible à plusieurs insecticides.

#### I.6.1.1- *Aphis gossypii* (Puceron du coton)

L'individu aptère est vert olive à brunatre, en général depourvu de pigmentation dorsale. Parfois la région pleurale présente des sclerites inter - segmentaires. Les cornicules sont noires uniformément pigmentées, elles sont plus foncées que la cauda notamment à l'extrémité. Le sinus frontal de la tête est faiblement et régulièrement sinué. La cauda est rembrunie et porte six soies caudales [47] (Fig.1.3). L'individu aile porte parfois de petites taches pigmentées éparses sur l'abdomen, notamment entre les cornicules [46]. Deux morphes ailées et aptères peuvent être observées dans la même population: Les individus ailés sont généralement petits [48] et souvent noirs [49].

C'est une espèce très polyphage et souvent présente sur les cultures protégées (serres, tunnels. Il s'attaque aux cucurbitacés comme le melon (*Cucumis melo*), la courgette, (*Cucurbita pepo*), le concombre (*Cucumis sativus*), les Malvaceae et les Rutaceae (*Citrus*) [50]. En effet, il occasionne des dégâts directs pouvant aboutir à la destruction quasi totale de la culture. Il est également vecteur de nombreux virus

selon deux modes, non persistant: mosaïque du concombre (CMV) et persistants (jaunisses du pois [51]).



Figure I..3. Adulte du puceron *Aphis gossypii* (Photos originales,2023)

#### I..6.1.2 - *Macrosiphum euphorbiae* (Puceron de la pomme de terre).

C'est une grosse espèce verte, parfois rose. Le puceron aptère et ailé possèdent un corps ovale, appendices très longs (Fig. a et b). Le front a la forme d'un U. Les antennes sont longues, assez pigmentées sauf aux articulations. Elles portent 1 à 8 sensorias secondaires sur le troisième article. Les cornicules présentent un refculum dans leur partie apicale. La cauda montre 10 soies [46] (Fig. 1.4). Les larves sont allongées et plus pâles que les adultes [52].

*Macrosiphum euphorbiae* est une espèce holocyclique dioecique dont les hôtes primaires sont les rosiers. Les hôtes secondaires s'élèvent à environ 200 plantes appartenant à 20 familles différentes dont beaucoup sont des maraîchères comme les Solanacées (poivron), les Brassicacées (chou), les Astéracées (laitue), les Apiacées, les Cucurbitacées (concombre), les Liliacées ou les Fabacées ou même des plantes à fleurs appartenant à diverses familles (Chrysanthème) [53]. Il peut causer des dommages importants en attaquant surtout les fleurs et les pousses (HAWARD *et al.* 1994).

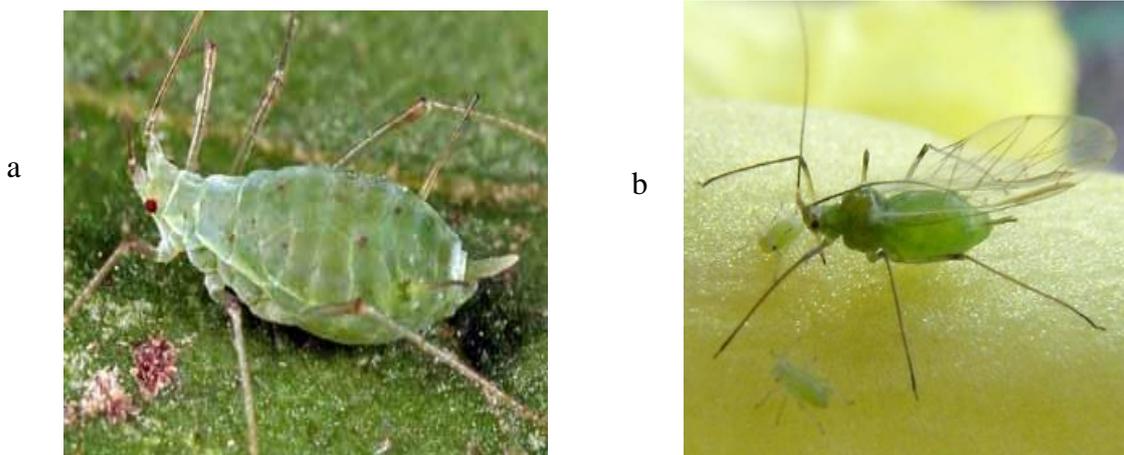


Figure I.4 - Adulte de *Macrosiphum euphorbiae*

a : aptère (<https://www.google.dz>)

b : ailé (<https://plantamus.com>)

I..6.1.3 - *Aulacorthum solani* (Puceron tacheté de la pomme de terre).

Femelle aptère : 1,8 à 3,0 mm de long ; piriforme, jaune-verdâtre brillant, avec des taches plus foncées à la base des cornicules ; antennes presque aussi longues que le corps ; cornicules longues, minces et effilées, claires, foncées à l'extrémité et nettement frangées. Ailé : 1,8 à 3,0 mm de long ; tête et thorax brun foncé à noirs, abdomen vert jaunâtre marqué de points et de barres transversales brun foncé. [46]. (Fig. 1.5). *Aulacorthum solani* est une espèce holocyclique dioecique. Les œufs d'hiver sont pondus sur des plantes appelées digitales (*Digitalis purpurea*) et épervières (*Hieracium sp.*) ainsi que sur de très nombreuses autres plantes. En effet, les digitales, et les épervières sont les plantes hôtes primaires de l'aphide tandis que ses plantes hôtes secondaires sont les Apiacées, les Astéracées (salade), les Brassicacées (chou, navet), les Solanacées (tomate pomme de terre) et de nombreuses autres plantes (tulipes) [53]. Elle peut également passer l'hiver sur digitale en se maintenant toute l'année sous forme d'individus parthénogénétique (anholocyclie) lorsque les conditions climatiques le permettent. C'est une espèce très polyphage, elle est répandue dans les régions à climat tempéré. On la retrouve également dans les régions subtropicales. Elle transmet de nombreux virus aux plantes maraichères : virus de la Mosaïque du concombre (CMV), virus de la jaunisse de la betterave (BYV), de la jaunisse occidentale de la betterave (BWYV) [47].

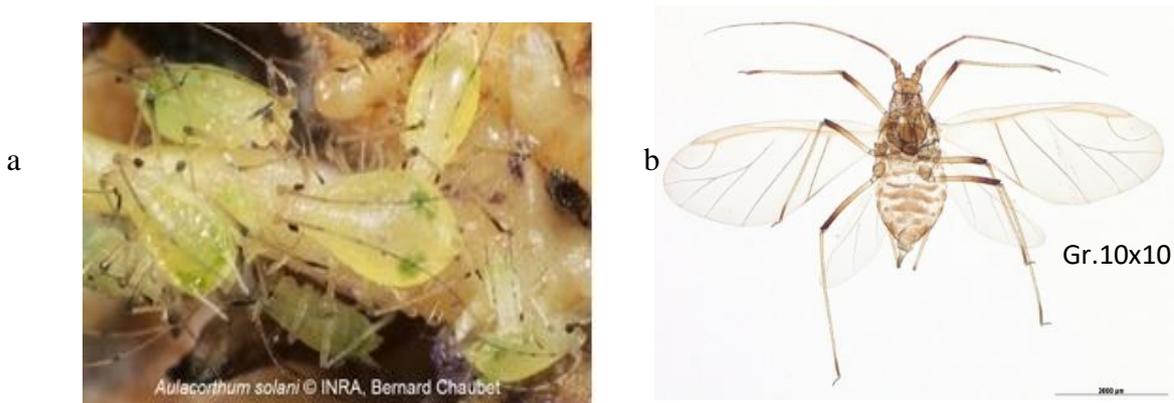


Figure 1.5. Adulte du puceron *Aulacorthum solani*

a : Aptère (<https://www6.inrae.fr>)

b : ailé après montage (Photos originales,2023)

#### 1..6.1.4 - *Bemisia tabaci* (mouche blanche, aleurode)

L'adulte de *Bemisia tabaci* est de couleur blanche, il a une longueur de 1 à 2 mm (Fig.1.6). Tout comme les larves, il se nourrit de la sève des feuilles. La femelle dépose ses œufs à la face inférieure des feuilles. Ceux-ci éclosent après environ 1 semaine. Après 2 à 4 semaines, les larves vont former un cocon dans lequel elles resteront pendant à peu près une semaine afin de se métamorphoser [21]. *Bemisia tabaci* vit souvent en Cohabitation avec une autre espèce d'aleurode, *Trialeurodes vaporariorum*. C'est un insecte très polyphage, il peut s'attaquer à plus de 540 espèces végétales appartenant à 75 familles botaniques [54]. Il est en effet l'un des ravageurs agricoles les plus dévastateurs des cultures sous serres. Il affecte les rendements de diverses cultures maraichères comme les tomates, les concombres et les plantes ornementales comme le poinsettia, le gerbera et un certain nombre de cultures printanières. Certaines espèces de mauvaises herbes servent également d'hôtes à l'aleurode et sont souvent sources d'infestations [55] et [56] Par ailleurs, il transmet comme ses autres congénères certaines virus responsables de la TYLCD [57].

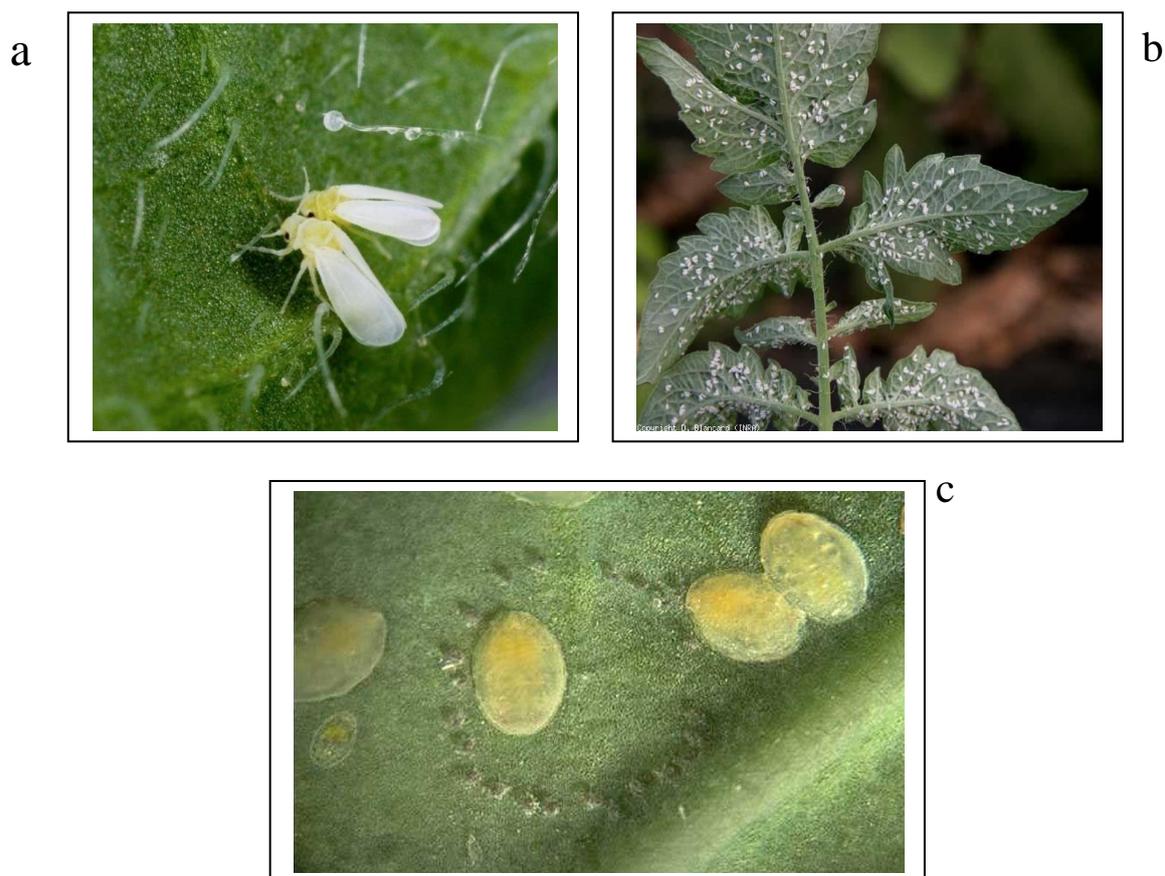


Figure 1.6. Adulte de l'aleurode *Bemisia tabaci*,  
(<https://lh3.googleusercontent.com>)

a : Aptère [tps://www6.inrae](https://www6.inrae).

b : Dégâts de l'aleurode

c – Œufs et larves de *Bemisia tabaci*

## 1.6.2 - Lépidoptères.

### 1.6.2.1 - Mineuse de la tomate : *Tuta absoluta*.

La mineuse *Tuta absoluta* est un nouveau ravageur de la tomate sur le pourtour méditerranéen. C'est un micro lépidoptère de la famille des Gelechiidae, Ses chenilles mineuses peuvent provoquer des dégâts pouvant aller jusqu'à 80 et même 100 % de pertes au niveau de la culture [58].

#### 1.6.2.1.1 - Symptômes et dégâts.

Après l'éclosion, les jeunes larves pénètrent dans le fruit de la tomate, les feuilles ou les tiges sur lesquelles ils se nourrissent et se développent, créant ainsi

des mines et des galeries. Les fruits peuvent être attaqués dès qu'ils sont formés, et dans les galeries les larves peuvent être envahies par des pathogènes secondaires conduisant à la pourriture des fruits. [59] et [60].

➤ Sur feuille, l'attaque se caractérise par la présence de plages décolorées nettement visibles. Les larves dévorent seulement le parenchyme en laissant l'épiderme de la feuille. Par la suite, les folioles attaquées se nécrosent entièrement (Fig.7a).

➤ Sur tige ou pédoncule, la nutrition et l'activité de la larve perturbent le développement des plantes.

➤ Sur fruits, les tomates présentent des nécroses sur le calice et des trous de sortie à la surface. Les fruits sont susceptibles d'être attaqués dès leur formation jusqu'à la maturité. Une larve peut provoquer des dégâts sur plusieurs fruits d'un même bouquet.

➤ Les premiers dégâts de *T. absoluta* sont localisés préférentiellement sur les parties jeunes des plantes : apex, jeune fruit, fleur (Fig. 1.7). Contrairement à la mineuse des feuilles de *Citrus* dont les larves sont strictement endophytes [61], celles de *Tuta absoluta* peuvent vivre à l'air libre, ce qui leur permet d'attaquer plusieurs fois une même feuille (provoquant plusieurs plages minées) mais également visiter plusieurs fruits, avec des dégâts considérables dans les cultures sous serre, détruisant parfois la totalité de la production (Fig. 4a et b)



a



b

Figure 1.7. Dégâts de la mineuse de la tomate sur fruits et sur feuilles

a: sur feuilles, b: Sur fruit (Photos originales,2023)

### I.6.2.2 - Noctuelles

La famille des Noctuidae est le groupe le plus diversifié au sein des Lépidoptères et comprend le plus grand nombre d'espèces d'intérêt agricole (LAFONTAINE & SCHMIDT, 2010). En effet, les noctuelles sont des ravageurs courants de la tomate. Les femelles pondent leurs œufs qui se reconnaissent à leurs couleurs vertes ou brunes, sur les jeunes feuilles, les fleurs et les fruits. A l'éclosion, les larves se nourrissent des feuilles, des fleurs, des fruits et même des racines. Les chenilles en grandissant passent par un certain nombre de phases de croissance avant de tomber dans le sol pour former des cocons. Quelques semaines plus tard, les adultes ailés émergeront, s'envoleront et se disperseront [21]. Les chenilles âgées occasionnent des dégâts importants en consommant le limbe de diverses cultures maraichères et en particulier la tomate. Cela se traduit par la présence de nombreuses perforations plus ou moins régulières situées sur le limbe ou à sa périphérie. Ces perforations facilitent la pénétration de nombreux agents de pourriture [62].

#### I.6.2.2.1 – *Autographa gamma*( Noctuidae)

Le papillon mesure 40 à 45 mm d'envergure, les ailes antérieures sont rougeâtres, plus foncées sur leurs disques, au milieu se trouve une tache ressemblant à la lettre grecque gamma. Les ailes postérieures sont d'un brun clair rembrunies sur les pourtours. Selon [63], en Algérie *A gamma* a une constante activité de vol avec des pics au printemps, de fin mai à fin juin et en d'automne du début août à la mi-septembre, ce qui suppose plusieurs générations par an (Fig. 1.8).



Figure I.. 8. Adultes de *Autographa gamma*, (Gr.8X10)

a - Adulte : b: Génitalia

(<https://www.soundhorticulture.com>)

Le papillonde 4 cm d'envergure est nocturne, aux ailes antérieures gris-brun portant des dessins plus clairs bordés de noir ; les ailes postérieures sont blanches chez le mâle, grises chez la femelle [62] (Fig. 1.9).



Figure 1.9. Adultes de la noctuelle *Agrotis segetum* (Gr.8X10)

a - Adulte ., b – Génitalia

(<https://www.soundhorticulture.com>)

## 1.7 - Diptères.

### 1.7.1 - *Liriomyza bryoniae* (mouche mineuse des feuilles de tomate).

La femelle adulte a une longueur de 2,0 à 2,3 mm alors que le mâle mesure 1,5 mm de longueur (Fig. 10a). C'est une petite mouche verdâtre avec un mésonotum noir brillant. Les fémurs sont majoritairement jaunes mais les tibias et les tarsi sont plutôt marrons. L'abdomen est pourvu latéralement de tergites jaunes. Les squames sont jaunâtres avec des marges sombres et des franges ocre à marron. Les larves âgées sont jaunes à l'avant et blanches à l'arrière (Fig. 10b). La puppe ovale est de couleur jaune-doré à marron-noir sombre [64].

C'est une mouche qui s'attaque aux cultures maraichères notamment les tomates (Fig. 1.10). Les concombres, les melons, les aubergines, les pommes de terre et diverses autres plantes poussant sous serres et en plein champs. Il est hautement polyphage car il a été signalé sur 16 familles botaniques [65]. Les larves se nourrissent de mésophylle foliaire, ce qui peut provoquer la dépréciation de la qualité et la réduction du rendement [64].



Figure 1.10 - *Liriomyza bryoniae*

a : Adulte., b - Dégâts

(<https://www.soundhorticulture.com>)

## 1.8 - Thysanoptères

### 1.8.1 - Thrips : *Frankliniella occidentalis* (Thrips californien)

Le mâle adulte mesure environ 1 mm de long, la femelle est légèrement plus grande, environ 1,4 mm de long. Les mâles sont rares. Ils sont de couleur variée, certains types de couleurs étant plus abondants à certaines saisons. Les couleurs varient du rouge au jaune et au brun. Les adultes sont allongés et fins, avec deux paires de longues ailes. Les œufs, ovales ou réniformes, sont blancs et mesurent 0,2 millimètre de long. La nymphe est jaunâtre aux yeux rouges. [66] et [67].

Le développement de *F. Occidentalis*, de l'œuf à l'adulte est lié linéairement à la température (Macdonald et al. 1998). Le thrips peut avoir jusqu'à 12 à 15 générations par an [68] et passe par six stades : deux larvaires, deux nymphaux inactifs, l'adulte et l'œuf [69].

Le thrips de Californie *F. Occidentalis* est une espèce polyphage. Il se nourrit de plus de 500 espèces végétales appartenant à 50 familles [69]. Il attaque les plantes ornementales, les cultures sous serres et les arbres ainsi que le Chrysanthème [65]. *F. occidentalis* est l'agent le plus important de transmission de plusieurs virus qui causent des dommages énormes aux cultures sous serres [70]. (Fig.1.11).



Figure I.. 11. Adulte de thrips *Frankliniella occidentalis* et dégâts sur feuilles  
(<https://www.soundhorticulture.com>)

### I..9 - Ravageur : l'aleurode *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889)

#### I..9.1 - Généralité sur l'aleurode:

Les aleurodes sont des insectes piqueurs-suceurs qui appartiennent à l'ordre des hémiptères et la famille Aleyrodidae qui est composée d'insectes minuscules nommés de «mouches blanches» comme les ailes et le corps des adultes sont recouverts d'une fine cire blanche en poudre ou farineuse. Il y en a environ 1500 [71]. L'aleurode *B. tabaci* été décrit pour la première fois par GENNADIUS (1889) dans le genre *Aleurodes*, comme un ravageur du tabac en Grèce est considéré comme un bioagresseur à forte incidence économique à l'échelle mondiale. Il est ainsi largement étudié depuis plusieurs dizaines d'années et vient au premier plan des contraintes phytosanitaires de la culture de la tomate [72] et [73] (Fig. 1.12)



Figure I. 12 –Adultes de l'aleurode *Bemisia tabaci*)

(<https://www.soundhorticulture.com>)

#### I..9.2 - Classification :

|                 |  |
|-----------------|--|
| Règne :         | Animalia                                 |
| Embranchement : | Arthropoda                               |
| Sous-embr. :    | Hexapoda                                 |
| Classe :        | Insecta                                  |
| Sous-classe :   | Pterygota                                |
| Ordre :         | Hemiptera                                |
| Genre :         | Bemisia                                  |
| Espèce :        | <i>Bemisia tabaci</i> ( Gennadius, 1889) |

#### I..9.3 - Description :

##### I..9.3.1 - L'œuf:

Il est allongé, ovale de couleur jaune à noir, possède un court pédicelle qui sert à l'attacher lors de la ponte sur la plante hôte [74], Leurs surfaces peuvent être lisses ou sculptées (en nid d'abeille). De nombreuses espèces pondent leurs œufs dans un ou plusieurs rangs concentriques semi-circulaires ou circulaires, mais d'autres dispersent leurs œufs sur la feuille [75] . (Fig. 1.13 a).

### I. 9.3.2 - La larve :

On trouve quatre stades larvaires chez la mouche blanche. Le premier stade a des pattes et des antennes bien développées et est généralement de couleur pâle à légèrement translucide. En tant que seul stade larvaire mobile, la larve du premier stade sélectionne un site pour sa fixation permanent [75] (.Les larves sont ovales et aplaties, de couleurs variées. Elles ont souvent des expansions scieuses. La larve de 4e stade cesse bientôt de s'alimenter, restant ancrée au végétal par ses stylets. Au travers de sa cuticule, on voit apparaître progressivement le futur adulte avec ses appendices. Lors de la mue imaginale, ce dernier sort de la cuticule du puparium par une fente en [74] (Fig. 1.13 b,c, et d).

### I.1.9.3.3 - L'adulte :

L'imago, jaune pâle, mesure 1 mm; il tient ses ailes à plat sur le dos. La larve verdâtre pâle, de 0,3 mm à l'éclosion, ressemble à une cochenille [75]. La tête a une forme presque triangulaire. Les yeux composés généralement resserrés au milieu (réniformes). Les ocelles sont au nombre de deux et sont situées près du bord antérieur des yeux composés. La position de ces ocelles par rapport aux yeux composés varie chez les différentes espèces. Les antennes sont placées sous les yeux, ils ont une ressemblance frappante avec ceux de l'Aphididae, Les premier et second segments antennaires sont toujours courts et épais, tandis que les autres segments sont allongés ou sub-cylindriques [76]. Les mâles et les femelles sont ailés et possèdent 4 ailes membraneuses sans veines croisées. Le dimorphisme sexuel se présente au niveau des organes génitaux, et dans le nombre de plaques de cire abdominales ventrales, des antennes et de la taille du mâle qui est légèrement plus petit [74] (Fig. 1.13 f).

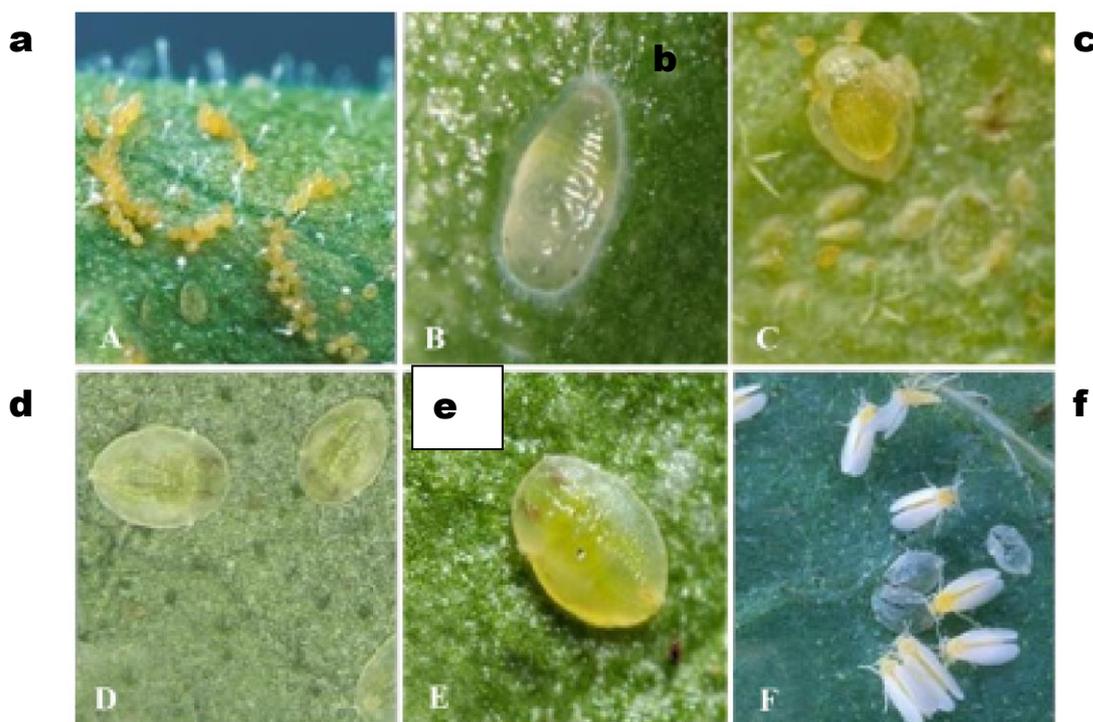


Figure I..13 - Différents stades de développement de l'aleurode *Bemisia tabaci* (<https://www.soundhorticulture.com>)

#### I.9.4 - Cycle de développement de *Bemisia tabaci*.

Les aleurodes ont six stades de développement: l'œuf, quatre stades larvaires et l'adulte. Les oeufs sont pondus séparément sur le dessous de la feuille et sont de couleur blanche. Chaque femelle peut produire jusqu'à 300 œufs. La durée du cycle de vie dépend de la température et des espèces végétales. Il peut prendre 14 à 60 jours, mais généralement *Bemisia spp* rend 20 jours. Ces espèces se reproduisent par parthénogenèse (reproduction sans fertilisation) [77].

L'accouplement a généralement lieu entre une heure et trois jours après l'émergence des adultes. [78] pensent que si des phéromones sont impliquées lorsque le male courtise la femelle, elles n'agiraient qu'à de très faibles distances. Il existe une reproduction asexuée de type arrhénotoque, les femelles non fécondées produisant alors des males. Dans les zones tropicales, le nombre de générations par an peut varier de 11 à 15 [79]. (Fig 1.14)

La ponte débute quelque temps après l'accouplement. Le nombre d'œufs pondus et la durée sont très variables. Une femelle de *B. tabaci* pond

approximativement 200 œufs et l'incubation dure environ une semaine à 25C° [80]. *Trialeurodes vaporariorum* peut pondre 150 à 450 œufs selon la différente température [81]. Cette variation s'observe chez *Aleurodes brassicae* [82].

L1 (0.3 mm).

L2 (0.37 mm).

L3 (0.51 mm).

L4 ou "pupe" (0.73mm)

Pupe" (0.73mm).

Adulte (1 mm) (DOURDAINE, 2013).

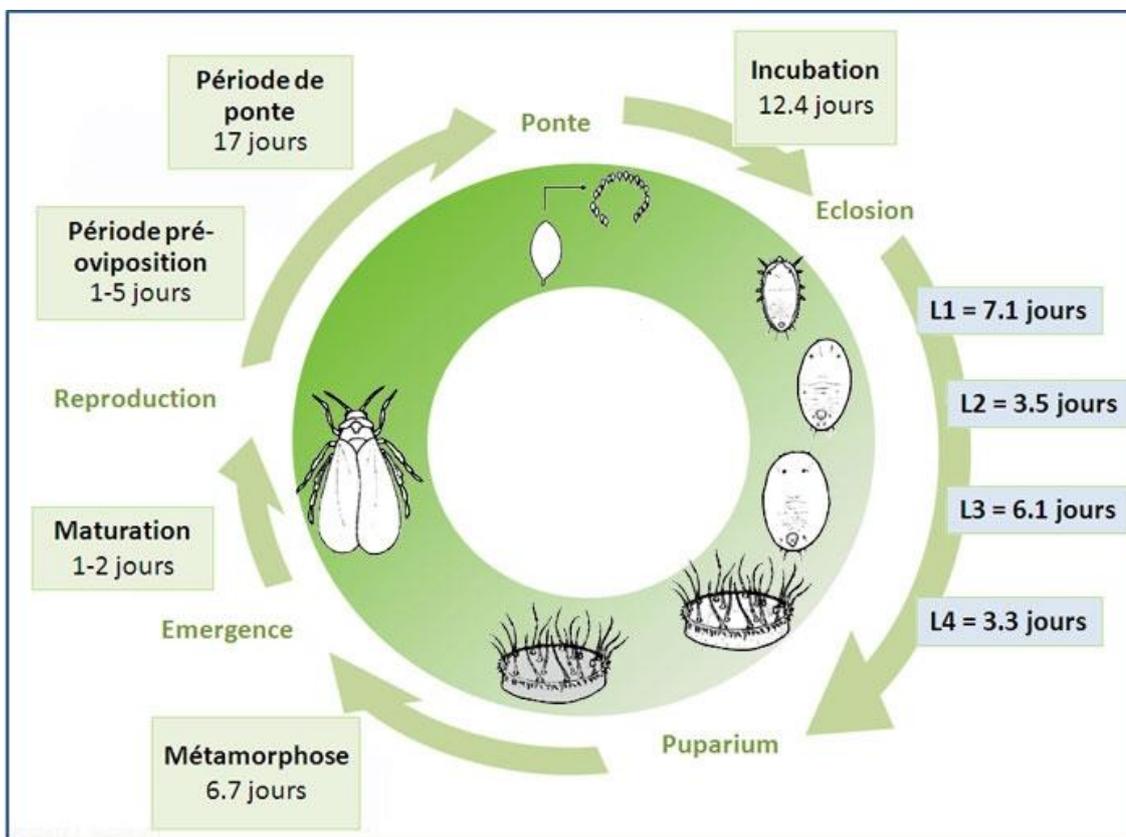


Figure I..14 -Cycle biologique d'un aleurode (DOURDAINE, 2013).

### 1.9.5 -Les dégâts:

Un aleurode sur une tomate est un phénomène courant, l'insecte se multiplie rapidement dans les conditions favorables. [83]

- ❖ L'aleurode possède des pièces buccales de type piqueur-suceur (suce la sève des feuilles) : (Fig 1.15)

Ralentissement de la croissance de l'hôte

- Jaunissement des feuilles.
- ❖ Le miellat sécrété par l'aleurode favorise le développement de la fumagine de couleur noire, ce qui nuit à la photosynthèse.
- ❖ L'aleurode est vecteur de virus
- ❖ Le genre *Bemisia* injecte des enzymes et cause un mûrissement irrégulier des fruits des tomates.



Figure 1.15 -Dégâts d'un aleurode sur fruit et sur feuilles (DOURDAINE, 2013).

## I.10 -Champignons entomopathogènes *Verticillium lecanii* et *Poecilomyces fumosorose*.

### I.10.1 –Généralités.

Les champignons sont étudiés par les mycologues, un terme dérivé du grec mykes (champignon) et logos (discours), et la science qui les analyse est la mycologie. Les champignons entomopathogènes, quant à eux, représentent des agents infectieux capables de provoquer des maladies chez les insectes. Ces micro-organismes, dotés d'un noyau, sont des eucaryotes et des hétérotrophes [83].

Les champignons entomopathogènes appartiennent principalement à l'embranchement des Entomophthoromycètes et à l'ordre des Hyphomycètes (ou Deuteromycètes), qui sont les plus représentés dans ce domaine. Il existe environ 700 espèces recensées dans près de 100 ordres différents, ce qui témoigne de leur grande diversité. On distingue deux ordres principaux de champignons entomopathogènes : les Entomophthorales (Zygomycètes) et les Hypocreales (Ascomycètes) [84].

D'après les classifications proposées par [85], ces champignons entomopathogènes se regroupent en quatre catégories : les champignons imparfaits, les Entomophthorales, les Coelomycètes et les Ascomycètes [86]. Ces classifications soulignent l'importance de ces organismes dans les écosystèmes, notamment en tant que régulateurs biologiques des populations d'insectes, ce qui les rend essentiels dans la gestion des ravageurs agricoles. (Fig 1.16)



Figure 1.16 Différents groupes taxonomiques des champignons entomopathogènes

### 1.10.2. Les caractères généraux des champignons entomopathogènes

Ces champignons sont des eucaryotes, caractérisés par des cellules possédant un noyau bien défini et des organites spécialisés, ainsi qu'une paroi cellulaire composée de chitine. Bien qu'ils puissent parfois se présenter sous la forme de cellules individuelles, leur forme la plus courante est filamenteuse. Leur reproduction peut être sexuée ou asexuée, en fonction des conditions environnementales et des espèces spécifiques [87].

#### 1.10.3 Cycle biologique

Le cycle biologique des champignons entomopathogènes varie légèrement selon les groupes taxonomiques, mais il suit un schéma commun comprenant deux phases distinctes : une phase parasitaire, durant laquelle le champignon infecte l'hôte, entraînant la mort de ce dernier, et une phase saprophyte, qui se déclenche après la mort de l'insecte-hôte. La survie et la reproduction de ces champignons dépendent directement de l'infection d'insectes, et la mort de ces derniers est inévitable dans ce processus [88].

Ces champignons sont capables d'affecter leur hôte de manière spécifique en pénétrant l'insecte, ce qui conduit à sa mort. En général, la colonisation commence par la fixation de spores microscopiques sur la surface externe de l'insecte. Ces

spores sont le plus souvent des conidies, des spores mitosporiques asexuées, qui germent et pénètrent dans l'hôte, initiant ainsi le processus infectieux. (Fig 1.17)

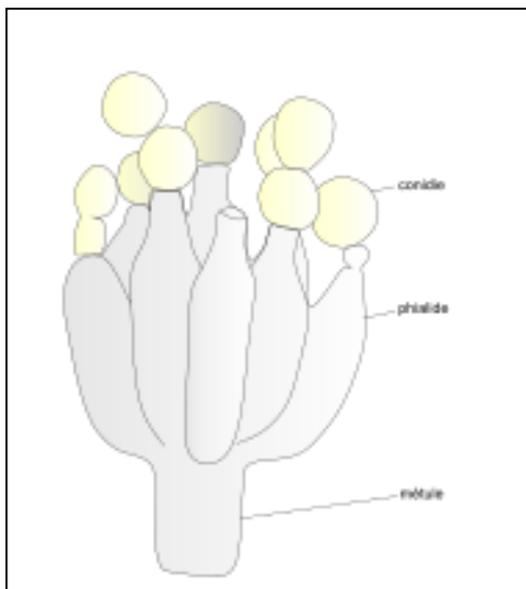


Figure 1.17 Ramification de conidiophore de *Penicillium* portant des conidies

#### I. 10.4 *Verticillium* sp.

##### I.10.4-1 –Définition

*Verticillium* est un genre de champignons appartenant à la division des *Ascomycota* et à la famille des *Plectosphaerellaceae*. Ce genre regroupe différentes espèces qui peuvent être classées en trois groupes principaux :

- Mycopathogènes : Champignons causant des maladies chez d'autres organismes.
- Entomopathogènes : Champignons responsables d'infections chez les insectes.
- Agents pathogènes des plantes : Champignons qui affectent les végétaux.

Les symptômes provoqués par *Verticillium* sont souvent similaires à ceux observés lors d'infections par *Fusarium*, ce qui peut rendre leur identification initiale difficile. Les champignons de ce genre sont de taille microscopique et ne présentent pas de forme sexuelle clairement identifiée [89]. Ils possèdent des conidiophores, qui

peuvent être hyalins (transparents) ou noirs, et portent des conidies [90], des spores asexuées essentielles pour la propagation de l'infection. (Fig 1.18)



Figure 1.18 - Champignon *Verticillium Lecanii*.

#### 1.10.5 - *Poecilomyces*.

##### 1.10.5 -1 –Définition

*Poecilomyces* est un genre de moisissures (mycètes) dont plusieurs espèces sont reconnues comme phytopathogènes. Il s'agit d'un champignon filamenteux cosmopolite qui se trouve couramment dans le sol, sur des plantes en décomposition, ainsi que sur des produits alimentaires. Certaines espèces de *Poecilomyces* ont également été isolées à partir d'insectes. Les télémorphes de ce genre, qui correspondent aux formes sexuelles des champignons, sont classés dans divers genres, dont *Byssochlamys*, *Chromocleista*, *Talaromyces* et *Thermoascus* [91].

##### 1.10.5 -2 - Caractéristiques macroscopiques

Les colonies de *Poecilomyces* se développent rapidement et peuvent atteindre leur pleine maturité en seulement trois jours. Des espèces telles que *Poecilomyces crustaceus* et *Poecilomyces variotii* sont thermophiles, ce qui signifie qu'elles peuvent se développer à des températures aussi élevées que 50 °C, voire 60 °C. Les colonies, selon l'espèce, ont tendance à être plates, avec une texture soit poudreuse, soit veloutée [91]. (Fig 1.18)

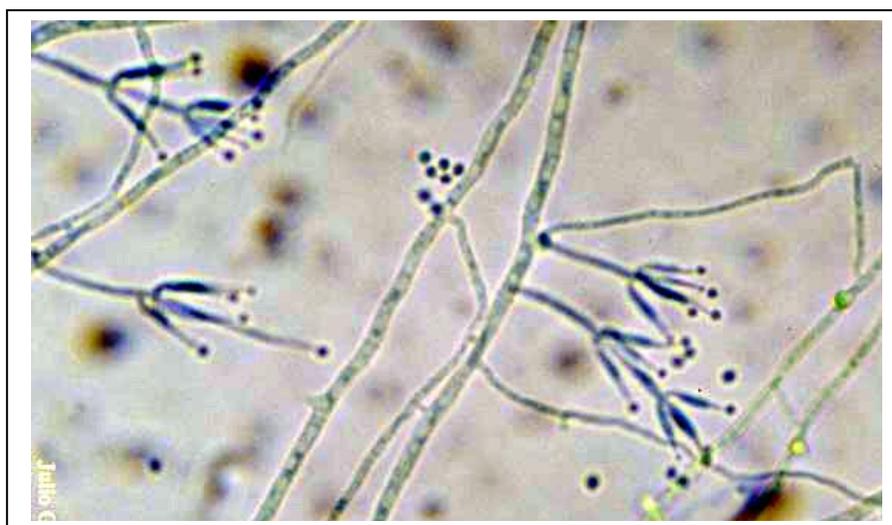


Figure L.19-Champignon du genre *Poecilomyces*.

# **Chapitre II :**

# **Matériels et**

# **Méthodes**

## CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

### II.1. Description de la région d'étude : Boumerdes

La région de Boumerdes est une zone côtière située au centre du nord de l'Algérie, s'étendant sur une superficie de 1 456,16 km<sup>2</sup>. Elle se caractérise par un littoral s'étirant sur environ 100 km, depuis le cap de Boudouaou El Bahri à l'ouest jusqu'à la limite orientale de la commune d'afir.

Cette région est délimitée :

- **Au nord** : par la mer Méditerranée,
- **À l'ouest** : par la wilaya d'Alger,
- **Au sud-ouest** : par la wilaya de Blida,
- **Au sud** : par la wilaya de Bouira,
- **À l'est** : par la wilaya de Tizi-Ouzou.

Boumerdes bénéficie d'un climat méditerranéen typique, avec des hivers doux et humides, et des étés chauds et secs, conditions idéales pour une agriculture diversifiée. Cette localisation stratégique, combinée à ses ressources naturelles et sa proximité avec les grandes villes, en fait une zone d'intérêt pour les activités agricoles et scientifiques (Fig. II.1).



Figure II.1. Situation géographique de la wilaya de Boumerdes.

### II.1.2. Localisation du site d'étude : Commune de Corso

L'étude s'est déroulée dans la commune de Corso, située à 36° 45' 23" nord et 3° 26' 00" est, à environ 28 km au nord-est de Boumerdes. Corso fait partie des zones côtières, bénéficiant d'une proximité immédiate avec la mer Méditerranée, ce qui lui confère un environnement agro-écologique favorable à l'exploitation agricole sous abri et en plein champ.

Le site d'expérimentation est une exploitation agricole privée dédiée à la culture de légumes sous serre. Cette exploitation est délimitée :

- **Au sud** : par une route de wilaya menant à la localité de Boudouaou El Bahri,
- **Au nord** : par une route reliant la ville de Corso,
- **À l'est** : par une oliveraie adjacente à une parcelle de vigne,
- **À l'ouest** : par une autre route jouxtant des parcelles de légumes cultivés en serre.

Le site a été sélectionné pour mener à bien deux activités principales :

1. Le suivi des populations d'aleurodes (*Bemisia tabaci*), un ravageur majeur des cultures maraîchères sous abri.
2. L'évaluation des traitements microbiens, dans le cadre d'une stratégie de lutte biologique contre ce ravageur.

L'exploitation est située dans une région marquée par une mosaïque paysagère, combinant des terres agricoles, des oliveraies, et des vignes, ce qui favorise une biodiversité importante. Ces caractéristiques permettent une meilleure compréhension des interactions entre les cultures et leur environnement (Figs. II.2 et II.3).

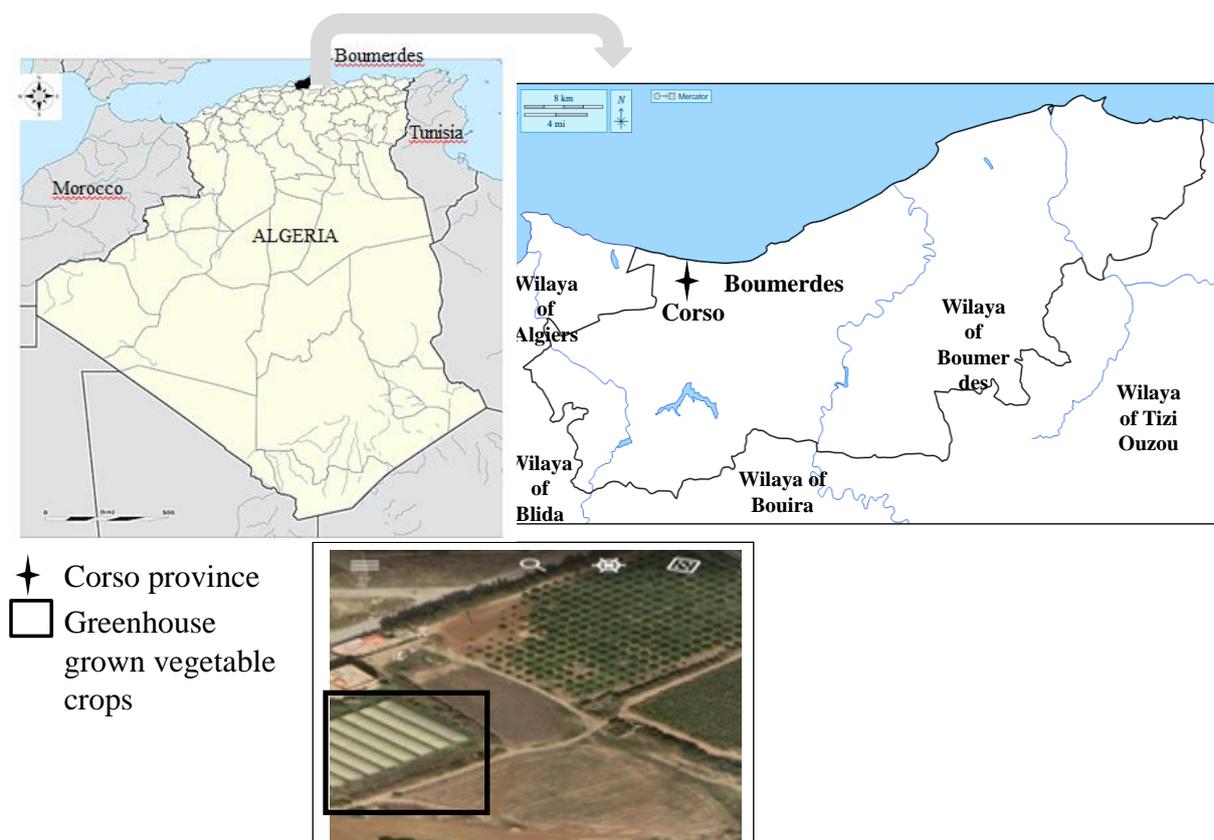


Figure II.2. Localisation du site expérimental de Corso



Figure II.3. Vue générale des serres où a été menée notre expérimentation

## II.2. Caractéristiques climatiques.

Le climat, dans son sens strict, désigne l'état moyen de l'atmosphère sur une période prolongée, en tenant compte de la moyenne et de la variabilité de variables climatiques pertinentes comme la température, les précipitations et le vent. Ces données sont analysées statistiquement sur des échelles temporelles allant de quelques mois à des millénaires, voire plus [92].

Dans un sens plus large, le climat représente une description statistique complète de l'état du système climatique. Il joue un rôle central dans la répartition des espèces et la dynamique des écosystèmes. Pour caractériser le climat de notre zone d'étude, des données météorologiques issues de l'Office National de la Météorologie (ONM) ont été utilisées. Ces données proviennent de la station météorologique de Dellys, située à proximité de la région d'étude, et couvrent les principaux paramètres climatiques.

### II.2.1. Température.

La température constitue l'un des facteurs climatiques les plus déterminants, car elle influence directement les phénomènes physiques et biologiques dans l'environnement. Elle agit notamment sur la répartition de l'eau à travers le processus d'évaporation [93].

Sur le plan écologique, la température est un facteur limitant majeur. Elle contrôle une grande partie des processus métaboliques des êtres vivants, conditionnant ainsi la répartition des espèces et des communautés au sein de la biosphère [94]. Une variation significative de la température peut altérer les cycles de vie des organismes, la phénologie des cultures et le développement des ravageurs agricoles, notamment ceux ciblés dans notre étude.

Les données climatiques analysées montrent une répartition saisonnière des températures typique des régions méditerranéennes :

- **Étés** : Marqués par des températures élevées, favorisant l'évaporation et la sécheresse relative.

- **Hivers** : Doux, avec des températures minimales rarement proches de 0°C, permettant le maintien de la végétation et la survie de nombreuses espèces d'insectes.

Cette variabilité thermique joue un rôle crucial dans la dynamique des ravageurs étudiés, notamment en influençant leur cycle biologique et leur distribution dans les cultures sous abri.

### II.2.2. Pluviométrie.

#### Précipitations

L'analyse du facteur pluviométrique, ainsi que sa répartition annuelle et son intensité, revêt une importance capitale, car il constitue un facteur abiotique majeur influençant l'évolution et la répartition des espèces dans leur environnement naturel [95].

Dans les régions méditerranéennes, les précipitations jouent un rôle central dans le fonctionnement des écosystèmes. Leur distribution irrégulière tout au long de l'année, marquée par une saison humide (automne et hiver) et une période de sécheresse estivale, est un élément clé pour comprendre les spécificités écologiques et biologiques des forêts et des zones agricoles de cette région.

Le rythme des précipitations est particulièrement crucial dans les zones méditerranéennes. La période de sécheresse estivale constitue un facteur écologique déterminant. Elle est responsable de l'adaptation des écosystèmes à des conditions hydriques limitantes, ce qui explique :

- La diversité des types forestiers : Ce phénomène favorise l'émergence d'un nombre élevé de formations forestières spécifiques, adaptées aux conditions arides [96].
- L'influence sur les espèces végétales : Les précipitations conditionnent la phénologie des cultures agricoles, notamment celles pratiquées dans les exploitations sous abri, en régulant l'apport en eau nécessaire à leur développement.

Dans notre zone d'étude, les précipitations annuelles moyennes se situent dans les normes méditerranéennes, oscillant entre 600 mm et 800 mm par an, avec une concentration des pluies durant les mois d'automne et d'hiver. Cette répartition inégale impose des stratégies de gestion des ressources en eau, notamment pour les exploitations agricoles sous serre, où l'irrigation joue un rôle compensatoire essentiel pendant la saison sèche.

### II.2.3. Analyse des températures et des précipitations en 2022

L'année 2022 a été marquée par des variations significatives des températures et des précipitations dans la région étudiée, particulièrement entre les mois de janvier et mai.

Un résumé des températures et des précipitations mensuelles pour la période de janvier à mai 2022 est présenté dans le Tableau 2.1.

Tableau II.1. Paramètres climatiques mensuels de la zone d'étude Corso entre janvier et Mai2022

| Paramètres climatiques      | Janvier | Février | Mars  | Avril | Mai  |
|-----------------------------|---------|---------|-------|-------|------|
| Température moyenne (°C)    | 16.6    | 18.6    | 19.3  | 20.1  | 26.8 |
| Précipitations cumulée (mm) | 27.3    | 18.5    | 112.2 | 133.4 | 16.3 |

Source (O.N.M., 2022)

#### Températures

Durant cette période, le mois le plus froid a été janvier, avec une température moyenne de 16,6 °C, reflétant les conditions hivernales typiques de la région méditerranéenne. À l'inverse, le mois de mai a enregistré la température moyenne la plus élevée, atteignant 26,8 °C, marquant ainsi l'approche de la saison estivale et le début d'une augmentation significative de l'évapotranspiration. Ces variations saisonnières influencent directement les cycles biologiques des ravageurs et des cultures dans les exploitations agricoles.

#### Précipitations

La répartition des précipitations au cours de cette période présente des disparités marquées :

- Avril a été le mois le plus pluvieuse, avec une pluviométrie de 133,4 mm, suivi de mars, qui a enregistré 112,2 mm.
- En revanche, mai s'est révélé être le mois le plus sec, avec seulement 16,3 mm de précipitations, indiquant le début de la transition vers la période sèche.

Ces données mettent en évidence l'importance de la saison printanière pour le rechargement des sols en eau, un facteur crucial pour les cultures maraîchères, particulièrement celles sous abri. Par ailleurs, la diminution des précipitations en mai pourrait avoir un impact direct sur la dynamique des populations de ravageurs et sur l'efficacité des traitements microbiens appliqués dans le cadre de la lutte biologique.

#### II.2.4. Diagramme ombrothermique du corso durant la période 2001-2022

Le diagramme ombrothermique ci-dessous illustre clairement l'alternance saisonnière des températures et des précipitations au cours de l'année. Il met en évidence une concentration des précipitations durant les mois d'automne et d'hiver, tandis qu'un déficit hydrique marqué se fait ressentir en été, avec une nette diminution des pluies, particulièrement en mai.

Cette répartition des précipitations reflète un climat méditerranéen typique, caractérisé par un hiver relativement humide et un été sec, où les besoins en eau des cultures augmentent en raison de la hausse des températures et de l'évaporation. Ce phénomène a des répercussions directes sur les stratégies de gestion de l'eau et les pratiques agricoles dans la région, qui doivent adapter l'irrigation pendant la saison sèche pour compenser ce déficit hydrique.

Le diagramme ombrothermique (Fig. II.4) fournit une représentation visuelle de ces variations mensuelles, offrant ainsi une meilleure compréhension des conditions climatiques auxquelles les écosystèmes et les activités agricoles doivent faire face.

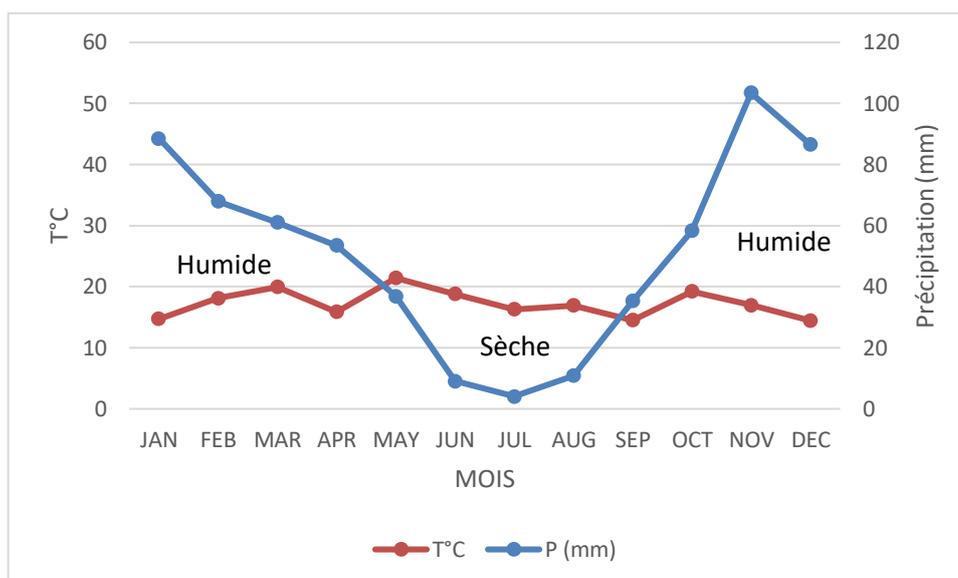


Figure II.4. Diagramme ombrothermique du corso durant la période 2001-2022

### II.2.5. Climagrammes d'Emberger des régions d'étude

Emberger a développé un quotient pluviométrique qui permet de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen, en prenant en compte à la fois le total annuel des précipitations et les températures minimales et maximales au cours de l'année [97] et [98]. Ce quotient, dit également indice climatique, est utilisé pour caractériser plus précisément les conditions climatiques d'une région et ses implications sur les écosystèmes.

L'indice original d'Emberger a été simplifié par Stewart, qui a proposé une version de l'indice exprimée par la formule suivante :

$$Q_2 = 3.43 \times \left( \frac{P}{(M-m)} \right)$$

Où :

- **M** représente la moyenne mensuelle des températures maximales du mois le plus chaud, exprimée en °C.
- **m** représente la moyenne mensuelle des températures minimales du mois le plus froid, également en °C.

- **P** représente les précipitations annuelles en mm.

Ce quotient permet ainsi de classer les zones selon leur caractère humide, semi-aride, ou aride, en fonction des rapports entre les précipitations et les températures extrêmes. Cet indice est particulièrement utile pour l'étude des climats méditerranéens, où les périodes sèches d'été et les pics de températures peuvent largement influencer la répartition des espèces végétales et animales.

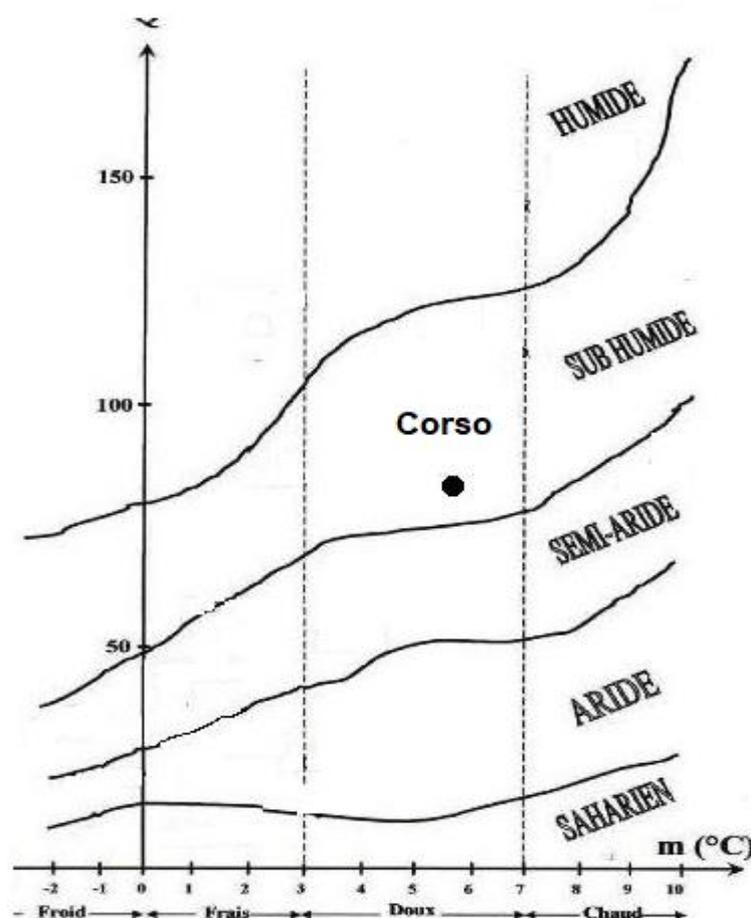


Figure II.5. Climagramme Emberger des régions d'études.

Nous avons calculé le quotient pluviométrique  $Q_2$  pour les quatre régions de l'étude sur la période de 2001 à 2022. Les résultats obtenus ont permis de classer la région de Corso dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux (Figure II.5).

Ce calcul du  $Q_2$ , basé sur les précipitations annuelles ainsi que les températures maximales et minimales, nous a fourni une évaluation précise des conditions climatiques spécifiques de la région. En utilisant cet indice, nous avons pu

localiser Corso dans une zone caractérisée par une pluviométrie modérée et des températures hivernales douces, typiques des zones subhumides du climat méditerranéen.

#### II.2.6. Vent.

Le vent constitue l'un des facteurs climatiques les plus déterminants, en raison de son influence sur les conditions atmosphériques locales. La compréhension de sa force et de sa direction est essentielle, car il accélère le phénomène d'évaporation [99]. De plus, le vent joue un rôle majeur en induisant des variations de température et d'humidité, affectant ainsi la dynamique des écosystèmes. Il exerce également une action mécanique et physiologique sur certains facteurs biotiques, influençant particulièrement les plantes et animaux locaux [95].

L'effet du vent sur la croissance des végétaux est particulièrement marqué, car il peut inhiber leur développement en favorisant une perte d'humidité rapide et en exerçant une pression mécanique sur les tissus végétaux. En outre, le vent joue un rôle dans la sélection des espèces d'arthropodes, éliminant certaines d'entre elles en raison des conditions climatiques rigoureuses qu'il impose. Cette dynamique de l'air peut entraîner la disparition partielle ou totale de certaines populations arthropodiennes dans des zones exposées aux vents forts [100].

En ce qui concerne la région de Rahouia, les vents dominants proviennent principalement du nord-ouest, apportant souvent un air sec et frais. En revanche, les vents du sud-est, bien qu'existant, sont moins fréquents et ont une influence moins marquée sur la région [95].

Ces informations sur la direction et la fréquence des vents sont cruciales pour l'analyse des conditions écologiques et agricoles, notamment pour la gestion des cultures et la distribution des ravageurs et auxiliaires.

#### II.2.7. Humidité relative.

L'humidité relative (ou degré hygrométrique) est un indicateur crucial qui représente le pourcentage de vapeur d'eau présente dans l'air par rapport à la quantité maximale que l'atmosphère pourrait contenir à une température et une

pression données. Autrement dit, elle mesure la quantité de vapeur d'eau comparée à sa capacité théorique de saturation dans les mêmes conditions environnementales.

En ce qui concerne les variations saisonnières, la saison humide débute en automne, se poursuit en hiver et s'étend parfois jusqu'au printemps. Pendant cette période, l'humidité relative de l'air est généralement plus élevée, en raison des précipitations fréquentes et des températures plus fraîches. Toutefois, l'humidité relative varie non seulement d'une saison à l'autre, mais aussi au cours de la journée. Par exemple, lors des premières heures du matin, notamment à l'aube, l'humidité peut dépasser 80 %, favorisant la condensation de la vapeur d'eau. À mesure que la journée progresse et que le soleil se lève, cette humidité commence à diminuer, pouvant parfois chuter en dessous de 30 %, surtout pendant les heures les plus chaudes de l'après-midi [101].

Ces fluctuations quotidiennes et saisonnières de l'humidité relative jouent un rôle majeur dans les processus biologiques et écologiques de la région, influençant notamment la croissance des végétaux, la répartition des ravageurs et la dynamique des agents pathogènes. La gestion de l'humidité est également essentielle dans les pratiques agricoles, en particulier pour les cultures sensibles à l'hygrométrie.

### II.3. Matériel expérimental.

Dans le cadre de notre étude menée sur le site de Boumerdes, nous avons utilisé des pièges chromatiques sous forme de plaquettes engluées pour suivre les fluctuations et les périodes de vol de l'aleurode *Bemisia tabaci*. Afin d'optimiser la capture de cette espèce, nous avons installé dans chaque serre de tomate deux types de plaquettes : une de couleur jaune et une de couleur bleue.

#### II.3.1. Pièges chromatiques (Plaquettes angulées jaunes).

Pour le suivi des fluctuations et des périodes de vol de l'aleurode *Bemisia tabaci* sur le site de Boumerdes, nous avons utilisé des pièges chromatiques, également appelés plaquettes engluées. Ces plaquettes sont fabriquées à partir de plastique de couleur jaune et bleue, et mesurent 25 x 40 cm. Leur taille et leur

composition en font des outils pratiques et efficaces pour la capture d'une grande variété d'insectes volants.

Les plaquettes sont résistantes à l'eau et biodégradables, ce qui permet une gestion écologique après leur utilisation, notamment en les enterrant. Leur couleur jaune est particulièrement attractive pour certains insectes, comme les aleurodes, les pucerons, et les thrips, tandis que la couleur bleue attire d'autres espèces volantes, créant ainsi une capture plus diversifiée.

Les plaquettes engluées exploitent l'attractivité lumineuse et colorée des plaques pour piéger les insectes, capturant ainsi les individus qui viennent se poser sur la surface collante. Elles ont été utilisées dans le cadre de l'inventaire des bioagresseurs et pour le suivi des populations de *Bemisia tabaci* sur les quatre cultures maraîchères ciblées par notre étude (Fig. II.6).

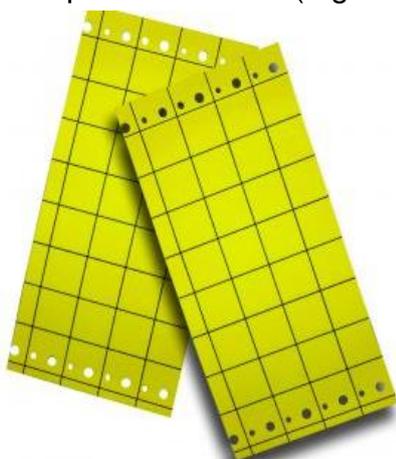


Figure II.6. Piège type plaquette engluée jaune

#### II.4. Protocol expérimental.

##### II.4.1. Fluctuations des populations de *Bemisia tabaci*.

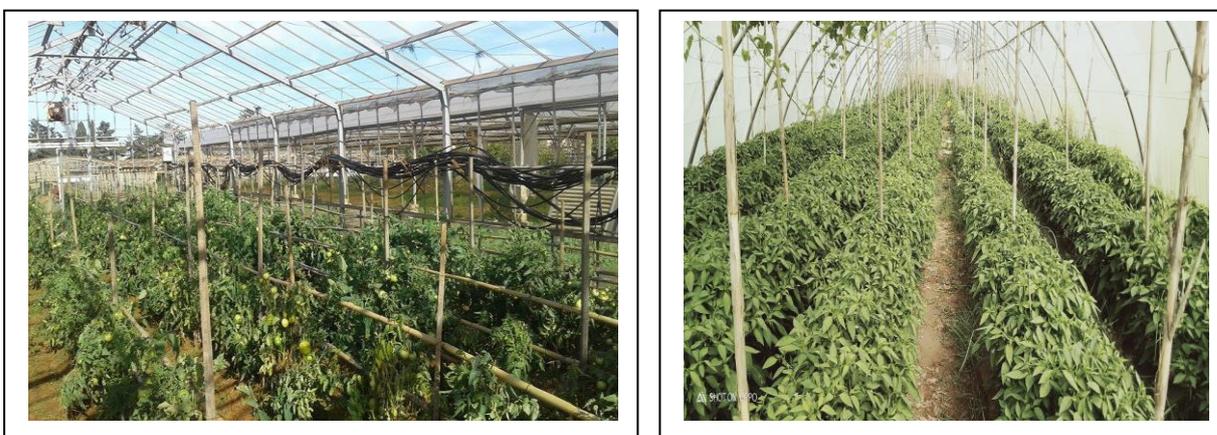
L'expérimentation a été réalisée au cours de l'année 2023, en se concentrant sur quatre cultures sous abri, à savoir :

- **Tomate** (*Lycopersicon esculentum* Mill),
- **Poivron** (*Capsicum annuum*),
- **Courgette** (*Cucurbita pepo*),
- **Fraise** (*Fragaria vesca*) (Fig. II.7).

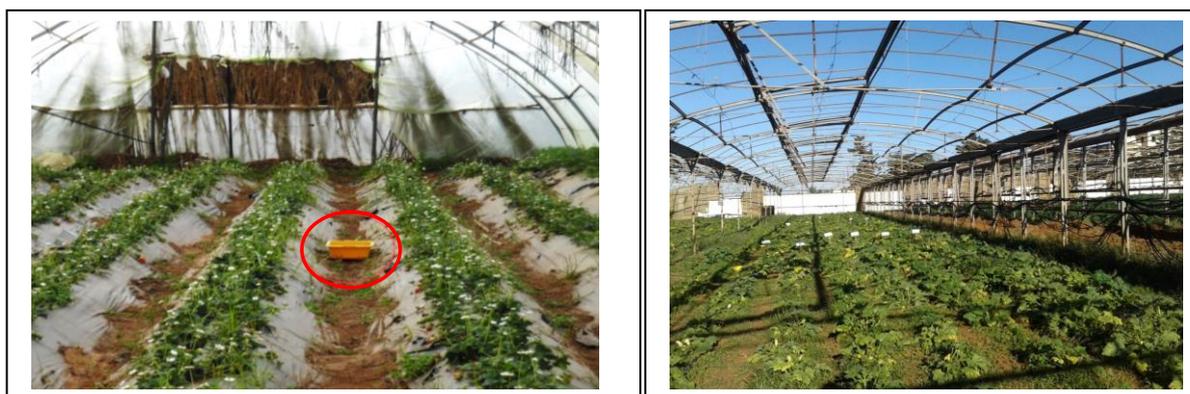
Pour suivre les fluctuations des populations de *Bemisia tabaci*, nous avons utilisé des pièges chromatiques sous forme de plaquettes engluées jaunes et bleues.

Chaque serre a été équipée d'une plaquette engluée de chaque couleur, permettant une capture sélective et une meilleure observation des dynamiques de vol de l'aleurode.

Les prélèvements ont été réalisés deux fois par mois pour suivre l'évolution des populations. Afin d'éviter que les plaquettes se collent entre elles et perturbent les observations, celles-ci ont été recouvertes de papier transparent lors de leur manipulation. Une fois les pièges récupérés et envoyés au laboratoire, un comptage systématique des adultes de *Bemisia tabaci* et de ses ennemis naturels a été effectué à l'aide d'une loupe binoculaire pour une analyse précise (Fig. II.8).



a – Serre de tomate., b – Serre de poivron



c – Serre de la fraise

d – Serre de courgette

Figure II.7 : Serres expérimentales

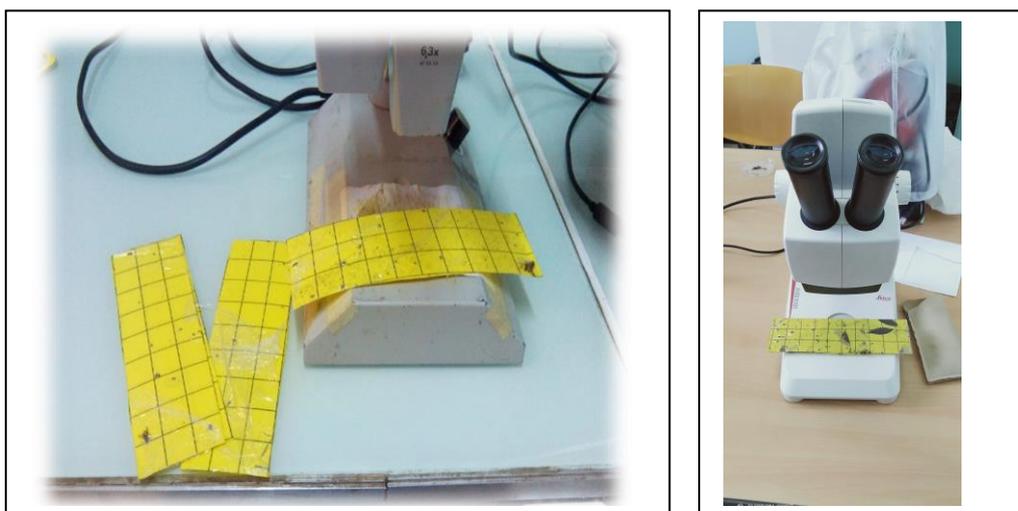


Figure II.8. Technique de dénombrement des populations de *Bemisia tabaci*

#### II.4.2. Effet de deux champignons *Verticillium sp* et *Poecilomyces sp* sur la mouche blanche de la tomate.

L'étude portant sur l'effet de deux champignons entomopathogènes, *Verticillium lecanii* et *Poecilomyces fumosorose*, sur la mouche blanche de la tomate (*Bemisia tabaci*) a été menée in vivo dans une serre de 400 m<sup>2</sup>, située dans une ferme privée spécialisée dans les cultures maraîchères. Les souches des champignons ont été fournies par le laboratoire de mycologie du département d'agronomie de Boumerdes.

Les souches de *Verticillium lecanii* et *Poecilomyces fumosorose* ont été identifiées morphologiquement et/ou à l'aide de techniques moléculaires. Pour chaque essai, une quantité spécifique de spores a été utilisée pour préparer des suspensions fongiques de différentes concentrations, à savoir 0,25 %, 0,50 % et 0,75 %, ainsi qu'un groupe témoin sans traitement.

Les suspensions ont été préparées en veillant à ce que la température de l'eau ne dépasse pas 20°C, afin de préserver l'efficacité des spores. Le mélange a été agité pendant une heure, jusqu'à l'obtention d'une bouillie homogène. Ensuite, la suspension a été laissée décanter pendant environ une heure, afin de permettre aux sédiments de se déposer au fond du seau. Après cette phase, le mélange a été agité à nouveau, puis laissé reposer une heure supplémentaire. Pour l'application, seule la

colonne d'eau supérieure, dépourvue des sédiments, contenant les spores, a été utilisée.

L'application des suspensions a été réalisée à l'aide d'un pulvérisateur, qui a été soigneusement conservé dans un endroit frais et sec, à l'abri de la lumière directe du soleil, afin de ne pas altérer la solution. Les conditions climatiques de la serre jouent également un rôle crucial dans l'efficacité du traitement : la lutte contre les aleurodes est la plus efficace lorsque la température de la serre est comprise entre 20 et 28°C, et obligatoirement inférieure à 32°C.

#### II.4.2-1 isolement des champignons *Verticillium sp* et *Poecilomyces sp* à partir des cadavres de la mouche blanche de la tomate

Dans le but de confirmer l'effet des deux traitements fongiques sur la mouche blanche de la tomate (*Bemisia tabaci*), des isolats des champignons *Verticillium lecanii* et *Poecilomyces fumosorose* ont été obtenus à partir des cadavres de cette dernière. Cette étape vise à s'assurer de l'origine fongique des contaminations observées et à valider l'implication de ces champignons dans la mortalité des aleurodes.

Les cadavres des mouches blanches infectées ont été récoltés directement sur les pièges englués ou dans les zones expérimentales, où elles avaient été préalablement traitées avec les suspensions fongiques. Une fois collectés, les cadavres ont été placés dans des boîtes de Pétri contenant un milieu de culture sélectif, adapté à la croissance des champignons entomopathogènes.

Après une incubation sous des conditions optimales de température et d'humidité, les isolats fongiques ont été récupérés et identifiés sur la base de leurs caractéristiques morphologiques et microscopiques, ainsi qu'à l'aide de techniques moléculaires lorsque cela était nécessaire, pour confirmer leur identité en tant que *Verticillium lecanii* ou *Poecilomyces fumosorose*.

Cette étape permet de garantir que l'infection des mouches blanches est bien due à l'action des champignons testés, et de mieux comprendre le rôle de ces agents biologiques dans la lutte contre le ravageur

Tableau II.2: Matériel et produits de laboratoire

| Verreries et appareillage  | Milieux de culture |
|--|--------------------|
| -Tubes à essais, Pipette, Boites de pétrie, Entonnoirs, Micropipette, Béchers, pipettes, ballons, éprouvettes graduées, flacons, Verre a montré, Papier Aluminium, papier filtre).<br>-broyeur électrique, balance de précision Micropipette, Agitateur, étuve, Evaporateur, Spectrométrie-l'autoclave). | Milieu PDA         |

#### II.4.2-2 Préparation milieu de PDA(Pomme de Terre Agar)

Pour le repiquage des champignons et les tests antifongiques, nous avons utilisé le milieu PDA (Pomme de Terre Agar), qui favorise la croissance des champignons entomopathogènes. Voici les étapes détaillées de la préparation de ce milieu de culture :Fig II.9

- Préparation de l'infusion de pomme de terre :
  - 200 g de pommes de terre sont soigneusement lavées, épluchées, puis coupées en morceaux.
  - Les morceaux de pomme de terre sont cuits dans de l'eau pendant 30 minutes, puis le mélange est filtré pour obtenir un extrait de pomme de terre.
- Préparation du milieu de culture :
  - L'extrait filtré est ensuite dilué avec de l'eau distillée pour obtenir un volume final de 1 litre.
  - On ajoute à cette solution 20 g d'agar (gélosé) et 20 g de glucose pour fournir les nutriments nécessaires à la croissance fongique. Le mélange est homogénéisé.

➤ Stérilisation du milieu :

- Le mélange homogène est ensuite placé sur une plaque chauffante agitatrice, où il est agité jusqu'à obtention d'une solution parfaitement homogène, ce qui constitue notre milieu PDA.
- Ce milieu est ensuite versé dans des flacons stériles, puis stérilisé à l'aide d'une autoclave à 121°C, sous une pression de 2 bars, pendant 20 minutes, afin d'éliminer toute contamination microbienne.

Le milieu PDA ainsi préparé est maintenant prêt à être utilisé pour la culture et le test des champignons entomopathogènes.

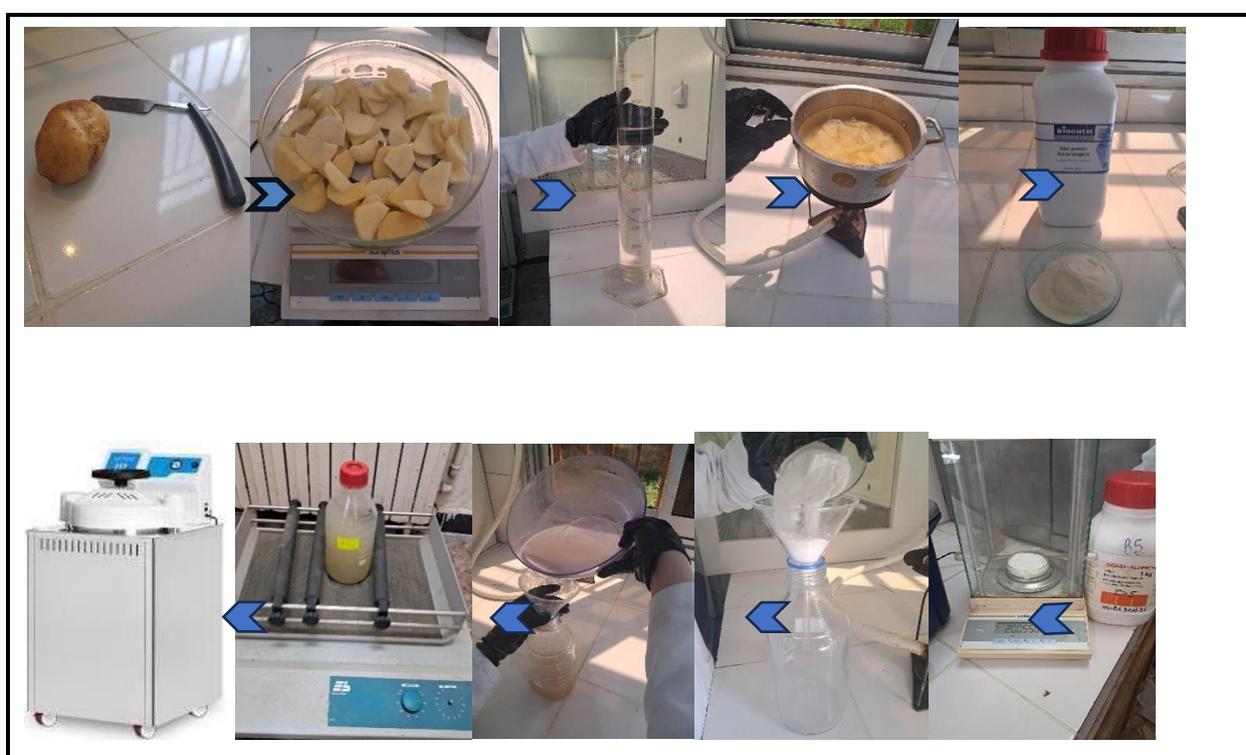


Figure II.9 : Préparation milieu de PDA

L'isolement des champignons *Verticillium lecanii* et *Poecilomyces fumosorose* à partir des cadavres de la mouche blanche de la tomate (*Bemisia tabaci*) se fait selon les étapes suivantes :

➤ Préparation des fragments de cadavres de la mouche blanche :

- Chaque cadavre de mouche blanche est immergé dans de l'éthanol à 98% afin de désinfecter la surface.

- Ensuite, les fragments sont plongés dans un bain d'eau de javel pendant 30 secondes pour une désinfection supplémentaire.
- Rinçage et séchage :
  - Après le bain d'eau de javel, les fragments sont rincés plusieurs fois à l'eau distillée stérile pour éliminer toute trace de désinfectant et éviter toute contamination.
  - Les fragments sont ensuite sécher soigneusement à l'air libre dans des conditions aseptiques pour éviter toute contamination.
- Inoculation sur le milieu PDA :
  - Les fragments de cadavres préparés sont placés aseptiquement dans des boîtes de Pétri, avec quatre morceaux par boîte.
  - Chaque boîte contient le milieu PDA préparé précédemment.
- Incubation :
  - Les boîtes de Pétri sont ensuite incubées à 28°C pendant 5 jours, permettant aux champignons de croître et de se développer à partir des cadavres de la mouche blanche.

Cette procédure permet d'isoler les champignons entomopathogènes présents sur les cadavres de la mouche blanche et de les cultiver pour des analyses ultérieures.

#### II.4.2-2 Détermination des champignons *Verticillium lecanii* et *Poecilomyces fumosorose* à partir des cadavres de la mouche blanche de la tomate:

Avant de commencer les manipulations, il est essentiel de travailler en conditions d'asepsie pour éviter toute contamination. Cette précaution est réalisée en créant une zone stérile à l'aide de la flamme du bec Bunsen sur une paillasse soigneusement nettoyée avec de l'eau de javel.

L'identification des champignons *Verticillium Lecanii* et *Poecilomyces fumosorose* se base sur deux principaux critères : l'identification macroscopique

(caractéristiques visibles à l'œil nu) et l'identification microscopique (examen des structures fongiques au microscope).

### *1. Identification Macroscopique*

Cette première étape consiste à observer les champignons à l'œil nu en se basant sur les caractéristiques suivantes :

- L'aspect morphologique : La forme générale de la colonie et la disposition des structures fongiques.
- La pigmentation : La couleur générale de la colonie et des éventuelles variations colorées sur la surface.
- La couleur de la colonie : Certaines espèces présentent des couleurs spécifiques qui aident à l'identification.
- La vitesse de croissance : Le taux auquel les colonies se développent sur le milieu de culture.
- L'aspect du mycélium : L'apparence générale du réseau de filaments fongiques, qui peut être plus ou moins dense, soyeux ou cotonneux.
- Couleur de l'envers de la colonie : L'examen de la couleur de la face inférieure de la colonie peut fournir des indices sur l'espèce de champignon.

Une fois ces critères observés, l'identification macroscopique permet de faire une première distinction entre les différentes espèces fongiques et d'orienter les analyses plus approfondies.

## II.5. Analyse des résultats.

### II.5.1. Richesse totale S

La richesse totale (S) correspond au nombre total d'espèces présentes dans l'échantillon étudié. Elle permet de quantifier la diversité des espèces observées au cours des relevés effectués. La richesse totale est obtenue en comptabilisant toutes les espèces identifiées durant les relevés dans les différentes zones d'étude, sans tenir compte de leur abondance relative.

Elle peut être calculée à partir des relevés systématiques effectués durant la période d'étude [102] et [94]. Cette méthode consiste à compter les espèces

présentes dans chaque échantillon ou zone, puis à en faire la somme pour obtenir un total global. La richesse totale est un indicateur important pour évaluer la diversité biologique et la complexité écologique d'une zone donnée.

## II 5.2. Abondance relative

L'abondance relative mesure l'importance numérique d'une espèce au sein d'un peuplement ou d'une communauté écologique. Elle permet de quantifier la probabilité d'occurrence d'une espèce dans un échantillon donné, en fonction de sa présence relative par rapport aux autres espèces présentes.

Il est important de distinguer l'abondance absolue, qui représente la densité réelle de la population d'une espèce dans son habitat, de l'abondance relative. Cette dernière se mesure en prenant en compte des descripteurs quantitatifs, tels que :

- Le dénombrement des individus : Compter le nombre d'individus de chaque espèce dans un échantillon.
- La biomasse totale : Calculer la masse totale des individus d'une espèce.
- La fréquence d'occurrence : Mesurer combien de fois une espèce est présente par rapport à l'ensemble des échantillons.

La formule de l'abondance relative est la suivante :

$$AR = n_i / N$$

- $n_i$  : Le nombre d'individus de l'espèce  $i$ ,
- $N$  : Le nombre total d'individus de toutes les espèces confondues.

Selon [101], l'amplitude d'habitat et le barycentre sont des paramètres importants pour mieux comprendre la répartition des espèces au sein d'une succession écologique. Ces indicateurs permettent de mieux cerner comment chaque espèce utilise les ressources dans son environnement, et comment elle se répartit au fil du temps et de l'espace.

### II.5.3. Distribution des individus en espèces : Diagramme Rang/fréquence de Frontier.

La fréquence d'une espèce est calculée en divisant le nombre d'individus de cette espèce par le nombre total d'individus de toutes les espèces présentes dans l'échantillon. Cette mesure permet d'évaluer la proportion d'individus d'une espèce donnée par rapport à la communauté totale.

Les diagrammes Rang/ Fréquence, inspirés des travaux de Frontier, sont utilisés pour analyser la distribution des individus au sein des différentes espèces. Ces diagrammes sont construits en classant les espèces par ordre décroissant de leurs fréquences d'occurrence. Sur ces diagrammes :

- Les rangs des espèces (leur position dans le classement) sont représentés en abscisse,
- Les fréquences d'occurrence de chaque espèce (proportion d'individus dans la population totale) sont représentées en ordonnée.

Les fréquences sont souvent tracées sur une échelle logarithmique afin de mieux illustrer les différences entre les espèces, particulièrement lorsque celles-ci varient grandement en termes d'abondance. Cette approche permet de visualiser plus facilement la distribution des individus entre les différentes espèces au sein de la communauté.

Selon [102], la forme du diagramme peut varier en fonction de la diversité spécifique de la communauté étudiée. Ces diagrammes fournissent ainsi des informations précieuses pour caractériser la répartition de l'abondance des espèces et pour étudier l'équilibre écologique au sein du peuplement. Ils permettent également de mieux comprendre la structure de la communauté en fonction des espèces dominantes et rares.

### II.5.4 Calcul des pourcentages de mortalité

L'évaluation de la mortalité des insectes étudiés repose sur un suivi quotidien des individus morts par *Verticillium Lecanii* et *Poecilomyces sp* en sur la mouche blanche de la tomate. Ce comptage est effectué aussi bien dans les séries traitées

que dans les séries témoins, permettant ainsi de mesurer précisément l'impact du traitement appliqué.

Les observations se poursuivent jusqu'à ce que l'ensemble des individus traités ait succombé, garantissant une évaluation exhaustive des effets du traitement sur la population étudiée. Ce suivi rigoureux permet d'obtenir des données fiables et comparables entre les différentes conditions expérimentales.

#### a. Calcul de la mortalité observée

Le taux de mortalité brute des individus est déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Mortalité observée (\%)} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\text{Nombre total des individus}} \times 100$$

Cette formule permet d'estimer la proportion d'individus décédés au sein de la population étudiée, sans prendre en compte les éventuelles mortalités naturelles qui pourraient fausser l'interprétation des résultats.

#### b. Correction de la mortalité avec la formule d'Abbot (1925)

Pour neutraliser l'effet des mortalités naturelles qui peuvent survenir dans la série témoin, la mortalité observée est corrigée en appliquant la formule d'Abbot (1925) :

$$\mathbf{Mc} = \frac{M2 - M1}{100 - M1} \times 100$$

Où :

- **M1** : Pourcentage de mortalité observé dans la série témoin (mortalité naturelle).
- **M2** : Pourcentage de mortalité observé dans la série traitée.
- **Mc** : Pourcentage de mortalité corrigée, reflétant uniquement l'effet du traitement appliqué.

Cette correction est essentielle pour éviter toute surestimation des effets du traitement. En effet, si une mortalité naturelle significative est observée dans la série témoin, la simple comparaison des mortalités entre les groupes traités et témoins pourrait conduire à des conclusions biaisées. Grâce à cette approche, il est possible d'obtenir une mesure plus précise de l'efficacité réelle du traitement étudié. [92]

## II.5.5 Analyses statistiques

### II.5.5.1 Analyse de variance

L'analyse de variance (ANOVA) est une méthode statistique fondamentale pour évaluer si des différences significatives existent entre les moyennes de plusieurs groupes ou traitements. Cette technique permet de tester l'hypothèse nulle, qui postule que toutes les moyennes des groupes sont égales. En comparant les variances intra-groupe et intergroupe, l'ANOVA permet de déterminer si les variations observées sont dues à des facteurs expérimentaux ou à la variabilité aléatoire.

Dans le cadre de notre étude, l'ANOVA a été utilisée pour comparer les effets des traitements fongiques sur la mortalité de la mouche blanche (*Bemisia tabaci*) à travers différentes conditions expérimentales, incluant plusieurs concentrations de suspensions fongiques et un groupe témoin. Les données recueillies ont été analysées à l'aide du logiciel Excel STAT (version 2016), qui offre des outils permettant de calculer les valeurs statistiques et de générer des visualisations facilitant l'interprétation des résultats.

La procédure inclut la vérification des hypothèses de normalité et d'homogénéité des variances avant d'interpréter les résultats de l'ANOVA. En fonction des résultats, si des différences significatives sont détectées ( $p < 0.05$ ), une analyse post-hoc, telle que le test de Tukey, peut être réalisée pour identifier les groupes qui diffèrent entre eux.

### II.5.4.2 Analyse en Composantes Principales (ACP)

Pour étudier les relations complexes entre les variables environnementales (telles que les températures et les mois de l'année) et les rendements des cultures, une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été effectuée. Cette méthode permet de réduire la dimensionnalité des données tout en conservant un maximum d'information, facilitant ainsi l'identification des corrélations entre les variables étudiées.

Les données collectées comprenaient des relevés mensuels de température ainsi que des observations sur les cultures, obtenues sur le terrain. L'ACP a été réalisé à l'aide du logiciel PAST (version 1.6), qui permet de centrer et réduire les

variables, assurant ainsi une homogénéité dans les comparaisons. L'interprétation des résultats a été facilitée par la projection des individus (points représentant les différentes observations) et des variables (vecteurs représentant les variables) sur les axes factoriels.

L'analyse a suivi le critère de l'éboulis de valeurs propres (critère de Kaiser), qui permet de sélectionner les composantes principales significatives. Cela a permis d'identifier les facteurs les plus influents et d'observer les interactions entre eux.

# **Chapitre III :**

## **Résultats et**

### **Discussion**

## CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

### III.1. Rôle de l'aleurode *Bemisia tabaci* dans l'entomofaune associée à la tomate

#### III.1.1. Inventaire des principaux bioagresseurs de la tomate sous abris dans la région de Corso

Les résultats obtenus à partir de l'inventaire des principaux bioagresseurs de la tomate, réalisé dans une serre située à Corso (Mitidja orientale), sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : Liste des espèces de ravageurs entomophages identifiées sur tomate sous serre à Boudouaou El Bahri

| Ordres           | Familles           | Espèces  | Ni          |
|------------------|--------------------|--|-------------|
| Homoptères       | Aphididae          | <i>Aphis fabae</i> Scopoli                       | 12          |
|                  |                    | <i>Aphis gossypii</i> Glover, 1877               | 121         |
|                  |                    | <i>Aulacorthum solanii</i> Kaltenbach 1843       | 45          |
|                  |                    | <i>Macrosiphum euphorbiae</i> Thomas, 1878       | 22          |
|                  |                    | <i>Myzus persicae</i>                            | 35          |
|                  | Aleyrodidae        | <i>Bemisia tabaci</i> Gennadius, 1889            | 517         |
| Diptères         | Agromyzidae        | <i>Liriomyza brioniae</i> Kaltenbach, 1958       | 256         |
|                  | Sciaridae          | <i>Bradysia</i> sp                               | 81          |
|                  | Drosophilidae      | <i>Drosophila melanogaster</i> Meigen, 1830      | 8           |
| Lépidoptères     | Gelechiidae        | <i>Tuta absoluta</i> Meyrick, 1917               | 363         |
|                  | Noctuidae          | <i>Agrotis segetum</i> De & Schi., 1775          | 9           |
|                  |                    | <i>Autographa gamma</i> Linnaeus, 1758           | 35          |
|                  |                    | <i>Helicoverpa armigera</i> Hübner, 1808         | 22          |
|                  |                    | <i>Spodoptera exigua</i> Hübner, 1808            | 5           |
|                  |                    | <i>Lacanobia oleracea</i> Linnaeus, 1758         | 12          |
| Thysanoptère     | Thripidae          | <i>Aeolothrips fasciatus</i> Linnaeus 1758       | 85          |
|                  |                    | <i>Melanthrips pallidior</i> Priesner 1919       | 38          |
|                  |                    | <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande, 1895 | 1400        |
|                  |                    | <i>Thrips tabaci</i> Lindeman 1889               | 485         |
| <b>04 Ordres</b> | <b>08 familles</b> | <b>19 Espères</b>                                | <b>3551</b> |

Dans le cadre de notre projet de thèse de doctorat et afin de quantifier l'importance relative du principal ravageur de la tomate, à savoir *Bemisia tabaci*, par

rapport aux autres bioagresseurs, nous avons réalisé un premier inventaire des principaux ennemis naturels associés à cette culture. L'expérimentation s'est déroulée au cours de l'année 2023. Un total de 3 551 individus d'insectes a été recensé, représentant une diversité entomologique composée de 19 taxons répartis en 4 ordres et 8 familles.

### III.1.1. Les indices écologiques :

Tableau III.2 : Les indices écologiques\_

| <b>Indices écologiques</b> | <b>Valeurs de l'indice</b> |
|----------------------------|----------------------------|
| Richesse spécifique        | <b>19</b>                  |
| Richesse individuelle      | <b>3551</b>                |
| Indice de shannone H       | <b>1.97</b>                |
| Dominance (D)              | <b>0.21</b>                |
| Equitabilité               | <b>0.66</b>                |

Les résultats révèlent que la communauté associée à *Bemisia tabaci* présente les caractéristiques suivantes :

- **Une diversité spécifique modérée** : Avec 19 espèces identifiées, la communauté n'est ni particulièrement riche ni très appauvrie.
- **Une dominance relative** : Bien que la répartition des individus soit relativement équilibrée (indice de 0,66), une seule espèce représente 21 % de la communauté, ce qui témoigne d'une certaine dominance.
- **Une structure relativement stable** : Les données indiquent une communauté équilibrée, caractérisée par une richesse spécifique modérée et une répartition des individus assez homogène.

### III.2. Répartition des bioagresseurs de la tomate par ordre taxonomique.

L'analyse des histogrammes présentés dans la figure III.1 révèle que les ordres des Homoptères et des Lépidoptères dominent au sein de la serre, regroupant chacun 6 taxons.

- **Homoptères** : Cet ordre comprend deux familles :
  - **Aphididae** : Représentée par les espèces *Aphis fabae*, *Aphis gossypii*, *Aulacorthum solani*, *Macrosiphum euphorbiae* et *Myzus persicae*.

- **Aleyrodidae** : Inclut le principal ravageur de la tomate, *Bemisia tabaci*.
- **Lépidoptères** : Cet ordre inclut également deux familles :
  - **Gelechiidae** : Avec *Tuta absoluta*, un ravageur ayant auparavant causé d'importants dégâts à la tomate en Algérie.
  - **Noctuidae** : Dont les chenilles provoquent de graves dommages aux feuilles et aux fruits de la tomate. Les taxons concernés sont *Agrotis segetum*, *Autographa gamma*, *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera exigua* et *Lacanobia oleracea*.
- **Thysanoptères** : Regroupe une seule famille, les Thripidae, représentée par quatre espèces de thrips : *Frankliniella occidentalis*, *Aeolothrips fasciatus*, *Melanthrips pallidior* et *Thrips tabaci*.
- **Diptères** : Cet ordre est composé de trois familles :
  - **Agromyzidae** : Avec *Liriomyza brioniae*.
  - **Sciaridae** : Avec *Bradysia sp.*
  - **Drosophilidae** : Avec *Drosophila melanogaster*.

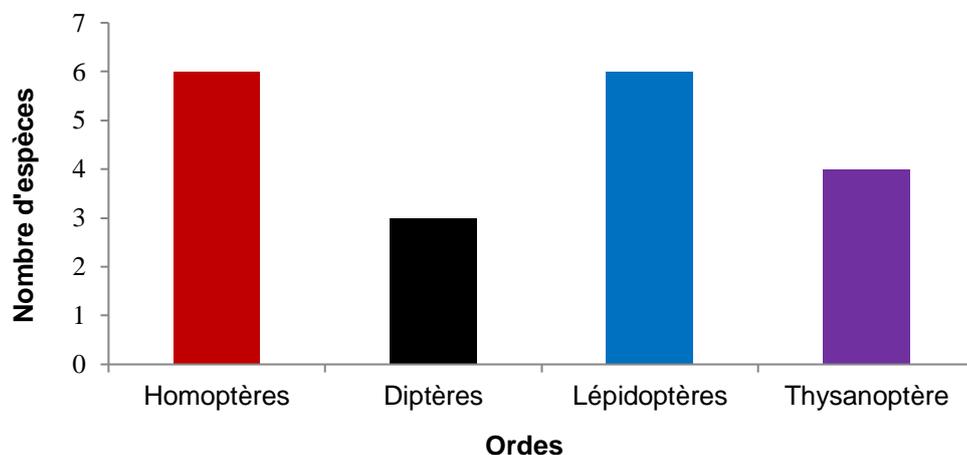


Figure III.1. Répartition des bioagresseurs de la tomate par ordre taxonomique .

### III.2.1. Distribution des individus en espèces : Diagramme Rang/fréquence de Frontier

Selon le diagramme Rang/Fréquence, la diversité entomologique associée à la tomate révèle que, tant sur le site de Zéralda que sur celui de Boudouaou, les mêmes espèces déprédatrices sont présentes. Toutefois, leur position varie en fonction de leur importance relative dans chaque site. Par ailleurs, le modèle de Motomura affiche des valeurs très proches, avec 0,94 pour Zéralda et 0,93 pour Boudouaou El Bahri. Cela indique que les groupes fonctionnels évoluent de manière similaire, soulignant une grande ressemblance structurelle entre les cultures de tomate de saison et celles de primeur.

### III.3. Abondance des populations de *Bemisia tabaci* sur quelques plantes hôtes

Le suivi de la dynamique des populations adultes de l'aleurode *Bemisia tabaci* tout au long du cycle végétatif de quatre cultures maraîchères, à savoir la tomate, la courgette, le poivron et la fraise, a permis d'évaluer le niveau d'infestation de ce ravageur sur chacune de ces cultures. Les résultats, présentés dans les histogrammes de la figure 3, montrent que *B. tabaci* est particulièrement actif sur la culture de tomate, avec un effectif de 450 individus, représentant 43,73 % de la population totale. La serre de poivron se classe en deuxième position avec 247 individus (24,00 %), suivie de celle de la courgette, qui en compte 197 (19,14 %). Enfin, la fraise enregistre les fluctuations les plus faibles, avec 135 individus (13,11 %) (Fig. III.2).

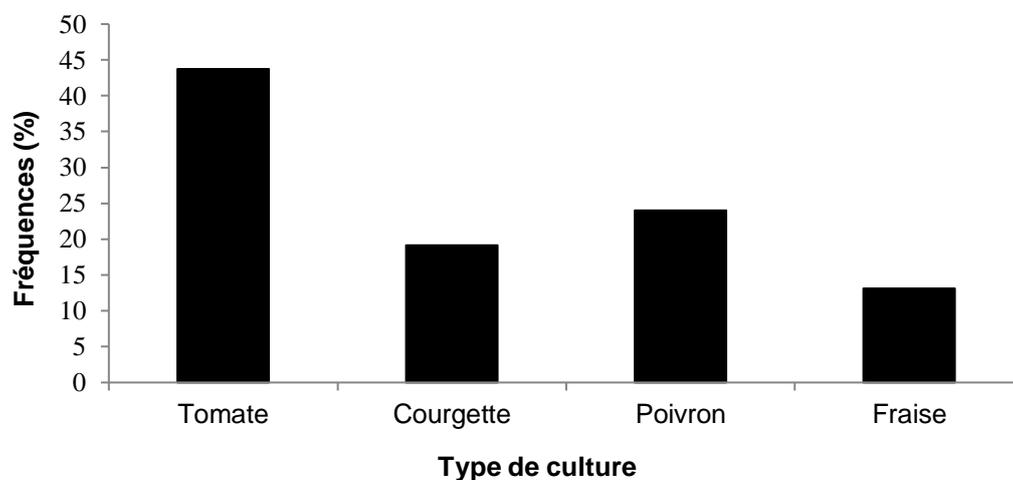
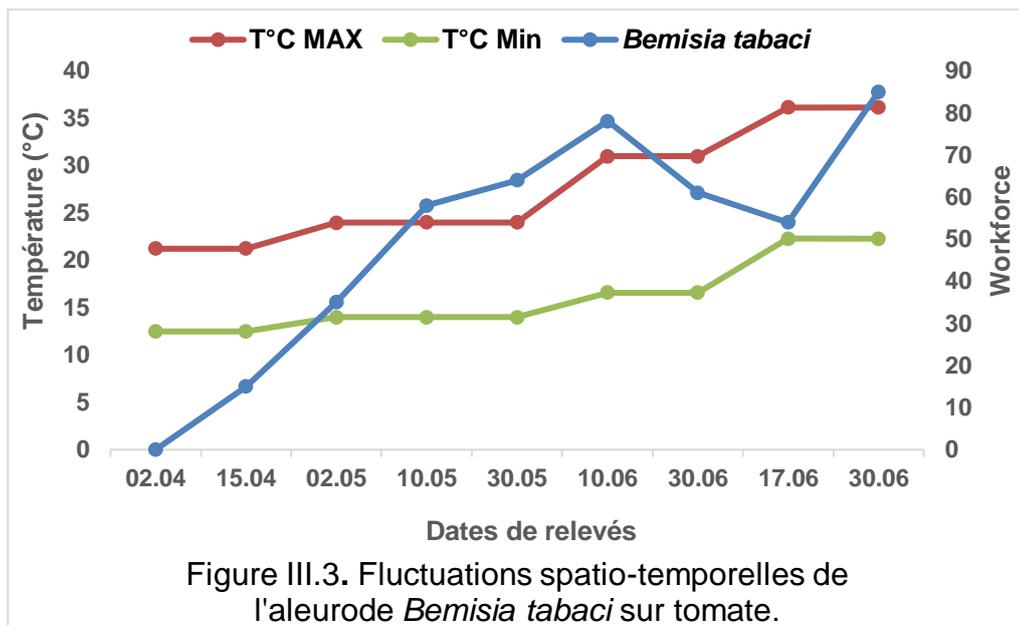


Figure: III.2 Fréquences des populations de l'aleurode *Bemisia tabaci* par type de culture

### III.4. Fluctuations des populations de *Bemisia tabaci* sur quatre types de cultures maraichères.

#### III.4.1. Cas de la tomate

*Bemisia tabaci* est le deuxième ravageur majeur de la tomate, après le thrips *Frankliniella occidentalis*, dans les serres. Le suivi des infestations de cet aleurode a été effectué sur de la tomate de saison. Les résultats montrent que les adultes apparaissent pour la première fois au cours de la deuxième semaine d'avril. Par la suite, une augmentation progressive des populations est observée, atteignant un premier pic de 78 individus lors de la première semaine de juin. Après une chute des populations marquant la fin de la deuxième génération, l'activité des vols reprend dès la deuxième semaine de juillet, avec un autre pic de 85 individus, relevé lors de notre dernier suivi (Fig. III.3).



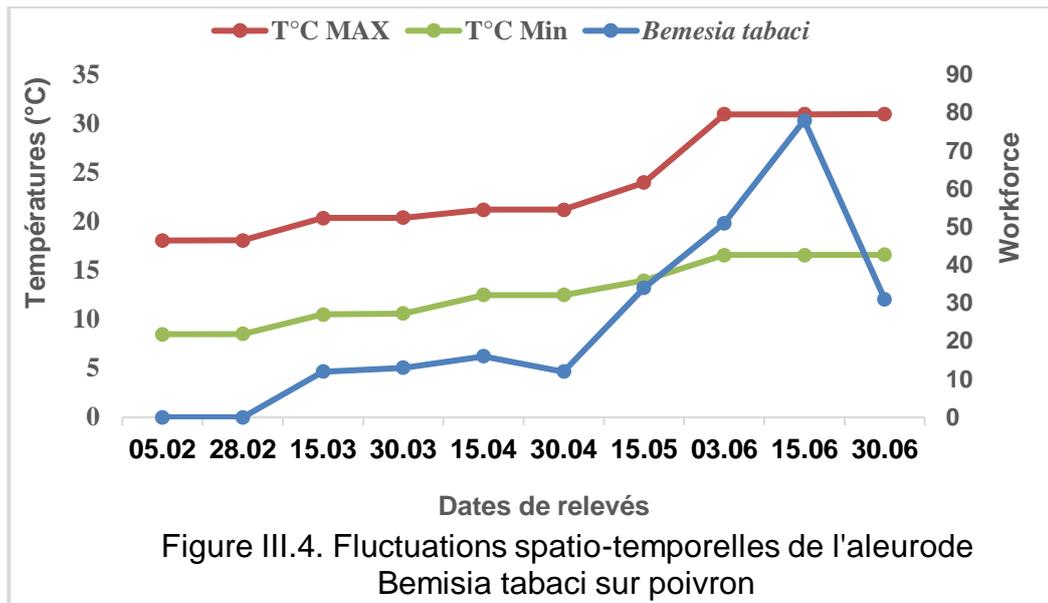
Tableaux III.3. Corrélation de Pearson : *Bemisia tabaci*; T°C MAX; T°C Min

|                               | <i>Bemisia tabaci</i> G | T°C MAX |
|-------------------------------|-------------------------|---------|
| T°C MAX                       | 0,725                   |         |
|                               | 0,027                   |         |
|                               |                         |         |
| T°C Min                       | 0,643                   | 0,969   |
|                               | 0,062                   | 0       |
| <i>Contenu de la cellule</i>  |                         |         |
| <i>Corrélation de Pearson</i> |                         |         |
| <i>Valeur de P</i>            |                         |         |

L'analyse de corrélation a mis en évidence une relation significative entre la population de *Bemisia tabaci* et les températures maximales ( $p = 0,027$ ). Cette corrélation est positive, suggérant qu'une hausse des températures maximales est liée à une augmentation de la population de cet insecte. En revanche, aucune corrélation n'a été observée entre les températures minimales et la population de *Bemisia tabaci*.

#### III.4.2. Cas du poivron.

*Bemisia tabaci* cause des dégâts considérables sur les cultures maraîchères en général, et plus particulièrement sur le poivron, principalement par la transmission de divers virus qui peuvent détruire la culture. Le suivi des fluctuations de cette espèce au cours de notre expérimentation révèle que les infestations les plus importantes se produisent pendant la phase de croissance des plantes. La courbe présentée dans la figure III.4 montre que, durant les trois premiers mois de l'expérimentation, seuls quelques individus isolés investissent la culture. À partir de fin avril, une augmentation progressive des populations de l'insecte est observée, atteignant un pic de 78 individus lors du relevé du 15 juin. Les infestations diminuent ensuite, avec seulement 31 individus piégés lors du dernier relevé du 30 juin.



Tableaux III.4. Corrélation de Pearson : *Bemisia tabaci*; T°C MAX; T°C Min

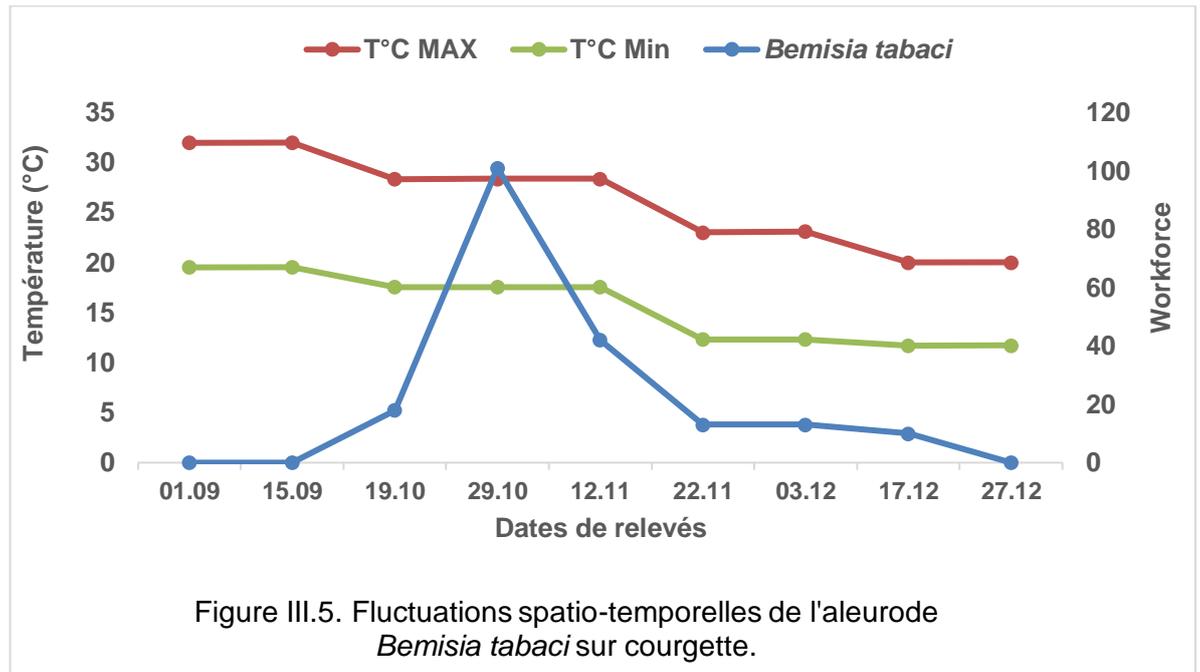
|                               | <i>Bemisia tabaci</i> | T°C MAX |
|-------------------------------|-----------------------|---------|
| T°C MAX                       | 0,882                 |         |
|                               | 0,001                 |         |
| T°C Min                       | 0,866                 | 0,964   |
|                               | 0,001                 | 0       |
| <i>Contenu de la cellule</i>  |                       |         |
| <i>Corrélation de Pearson</i> |                       |         |
| <i>Valeur de P</i>            |                       |         |

Les résultats de l'analyse de corrélation indiquent une association très significative ( $p \leq 0,001$ ) entre la population de *Bemisia tabaci* et les températures maximales et minimales dans les cultures de poivron. Cette corrélation positive suggère que des températures extrêmes favorisent le développement de cet insecte.

#### III.4.3. Cas de la courgette.

Le suivi des fluctuations des populations de la mouche blanche a été effectué sur de la courgette primeur. Les pièges ont été installés dans la serre après le repiquage des plants, au début du mois de septembre. L'observation de la courbe présentée dans la figure III.5 montre que les premiers individus de la mouche blanche sont apparus vers la deuxième semaine d'octobre. Par la suite, une forte augmentation de la population a été observée, coïncidant avec la floraison de la

culture et l'émergence des adultes. Un premier pic de 101 individus a été enregistré à la fin du mois d'octobre. Les populations de l'aleurode ont diminué progressivement, atteignant un minimum de 42 individus lors du relevé du 12 novembre. Enfin, au mois de décembre, seuls quelques individus isolés ont été observés dans la culture, ne dépassant pas 10 individus.



Tableaux III.5. Corrélation de Pearson : *Bemisia tabaci*; T°C MAX; T°C Min

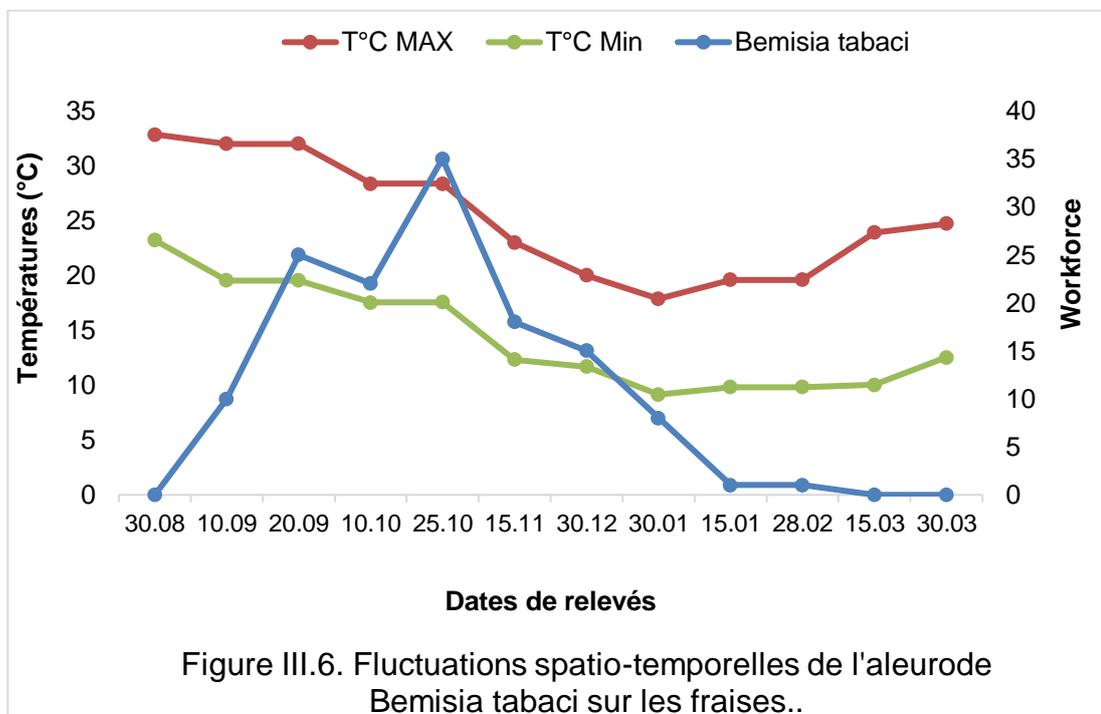
|                               | <i>Bemisia tabaci</i> | T°C MAX |
|-------------------------------|-----------------------|---------|
| T°C MAX                       | 0,684                 |         |
|                               | 0,04                  |         |
| T°C Min                       | 0,802                 | 0,944   |
|                               | 0,03                  | 0,001   |
| <i>Contenu de la cellule</i>  |                       |         |
| <i>Corrélation de Pearson</i> |                       |         |
| <i>Valeur de P</i>            |                       |         |

L'analyse de corrélation a mis en évidence une relation significative entre la population de *Bemisia tabaci* et les températures extrêmes, tant maximales que minimales, dans

les cultures de concombre. Les résultats de probabilité obtenus ( $P = 0,04$  et  $0,03$  respectivement) confirment cette relation positive.

#### III.4.4. Cas de la Fraise.

L'expérimentation a été menée dans une serre abritant la variété *Fragaria vesca* entre juin 2023 et mars 2024. Les premiers adultes de la mouche blanche sont apparus le 20 septembre, avec un effectif initial relativement faible de 10 individus. Une activité plus intense a été observée à la fin du mois de septembre, avec 25 individus. Cette hausse a été suivie d'une légère baisse au début du mois d'octobre, avec 20 individus. La population a continué à augmenter progressivement, atteignant un pic de 35 individus le 25 octobre, coïncidant avec la floraison de la fraise qui fournit une abondante biomasse alimentaire. Par la suite, les populations de la mouche ont diminué pour atteindre un minimum de 8 individus à la fin du mois de janvier. En résumé, l'activité la plus intense de *B. tabaci* a eu lieu entre septembre et décembre (Fig. III.6).



Tableaux III.6. Corrélation de Pearson : *Bemisia tabaci*; T°C MAX; T°C Min

|                               | <i>Bemesia tabaci</i> | <b>T°C MAX</b> |
|-------------------------------|-----------------------|----------------|
| T°C MAX                       | 0,546                 |                |
|                               | 0,043                 |                |
|                               |                       |                |
| T°C Min                       | 0,699                 | 0,951          |
|                               | 0,017                 | 0              |
| <i>Contenu de la cellule</i>  |                       |                |
| <i>Corrélation de Pearson</i> |                       |                |
|                               | <i>Valeur de P</i>    |                |

Les résultats de l'analyse de corrélation montrent une relation significative entre les populations de *Bemisia tabaci* et les températures maximales et minimales dans les parcelles de fraises. Cette corrélation positive est confirmée par des valeurs de probabilité inférieures à 0,05.

### III.5. Variation temporel de la population de *Bemisia tabaci*

Le nombre de *B. tabaci* sur les poivrons est fortement corrélé aux températures maximales ( $r = 0,882$  ;  $p = 0,001$ ) et minimales ( $r = 0,866$  ;  $p = 0,001$ ). Il est important de souligner que les températures maximales ( $r = 0,725$  ;  $p = 0,027$ ) sont également positivement corrélées à l'évolution du nombre de *B. tabaci* sur les tomates. En revanche, dans la culture de courgettes, le nombre de *B. tabaci* présente une corrélation positive uniquement avec les températures minimales ( $r = 0,802$  ;  $p = 0,03$ ). Concernant les fraises, la population d'aleurodes est uniquement positivement corrélée aux températures minimales ( $r = 0,699$  ;  $p = 0,017$ ) (FigIII.7.).

Analyse multifactorielle de la population de *B. tabaci* par rapport aux cultures :

L'analyse en composantes principales (ACP), qui explique 39% de la variance par le premier axe et 36% par le second, met en évidence une structure claire dans les données. Les cultures de tomate et de poivron, fortement corrélées aux températures maximales et minimales, se regroupent avec les mois de mai à août, suggérant une préférence pour des conditions chaudes. À l'inverse, les cultures de fraise et de concombre, associées aux mois de janvier, février, mars et décembre, semblent préférer des températures plus fraîches.

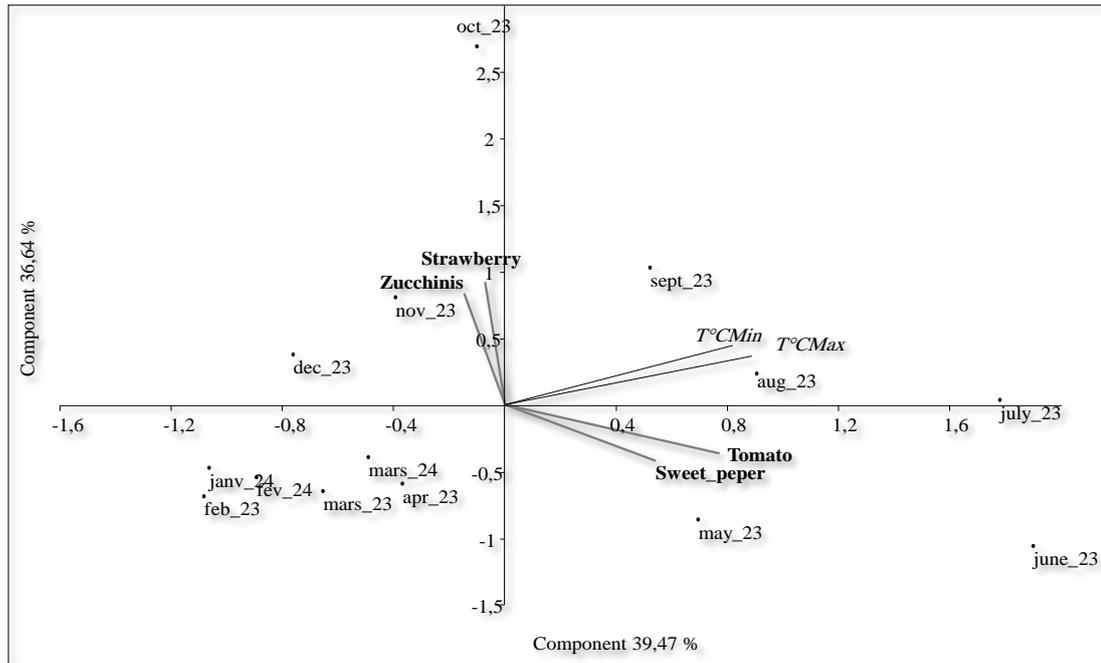


Figure III.7. Graphique de corrélation des variables par ACP

### III.6. Appréciation du rôle entomophage du complexe parasite - prédateur de l'aleurode *Bemisia tabaci*

#### III.6.1. Cas de la coccinelle aleurodiphage *Clitostethus arcuatus*

Synonyme: *arquatus* J. Müller., *undatus* Germar et Schaum., *variegatus* Apetz

*Signatus* Malsheimer.

##### III.6.1.1. Description.

Il s'agit d'une coccinelle de petite taille, au corps ovale, plus ou moins arrondi, court et très convexe, recouvert d'une pubescence blanchâtre. Sa taille varie de 1,2 à 1,6 mm de longueur et de 0,7 à 1 mm de largeur. La tête est noire chez la femelle et blanche-jaunâtre chez le mâle, parfois légèrement jaunâtre. Les antennes sont composées de 11 articles, les deux premiers étant nettement séparés, les six suivants étant très petits, et les trois derniers étant progressivement dilatés, formant une massue. Le pronotum est jaune roussâtre ou blanc-jaunâtre, avec une grande tache basale noire ou brunâtre de forme triangulaire, dont la taille et la forme varient. Selon [103], et d'après [16], en Algérie, cette coccinelle présente généralement deux variations distinctes au niveau des élytres. L'une est constituée de femelles aux élytres noirs, tandis que l'autre, comprenant principalement des mâles, présente des élytres

jaunes-brunâtres, parfois plus foncés. La forme la plus courante en Algérie, décrite par [103], est dénommée *m. basalis*, caractérisée par des élytres noirs ou brunâtres clairs, décorés de deux arcs concentriques blancs, l'un sous l'autre. Les lignes fémorales du premier segment abdominal sont incomplètes, naissant du bord antéro-médian, descendant obliquement jusqu'à environ les deux tiers du sternite, puis remontant pour disparaître près du bord antérieur du segment (Fig. III.8).

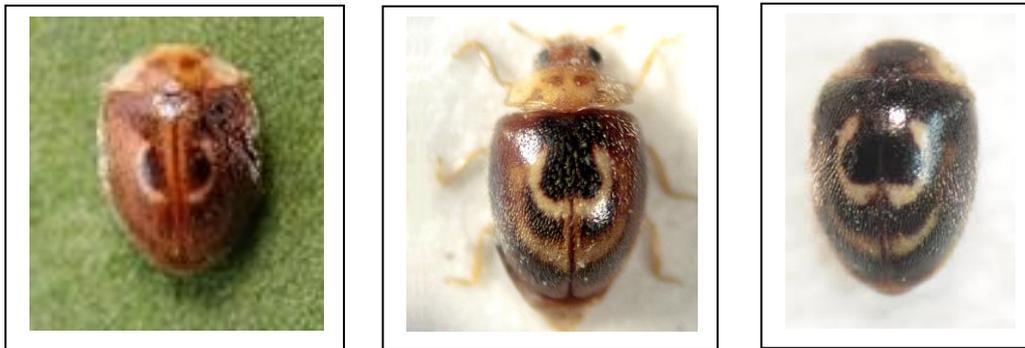


Figure III.8 Adulte de *Clitostethus arcuatus*

a - Adulte variété *m. Indistinct.*, b – Adulte variété *m. basalis.*, c – Adulte variété *m. ulema.*,

### III.6.2. Evolution des populations de l'aleurode *B. tabaci* et son prédateur *C. arcuatus* sur tomate.

La coccinelle *C. arcuatus* (Scymnini) est un prédateur des aleurodes en général et joue un rôle crucial dans le contrôle des populations de *Bemisia tabaci*. Cependant, elle est mal connue des agriculteurs qui la considèrent comme un ravageur, et elle est donc souvent soumise aux traitements pesticides destinés aux autres ravageurs de la tomate. Comme le montre la courbe de la figure III.9, les premiers adultes de *C. arcuatus* ont été capturés au début du mois de mai. L'arrivée de cette coccinelle dans la serre coïncide avec la hausse des populations de son principal aliment, l'aleurode. Les populations de la coccinelle augmentent progressivement au mois de mai, parallèlement à celles de l'aleurode. Lors de notre relevé du 10 juin, les deux espèces ont atteint des pics respectifs de 78 individus pour l'aleurode et de 21 individus pour la coccinelle. Par la suite, on observe une chute progressive des populations de la coccinelle, qui atteint un minimum de 2 individus vers le 17 juin. Il est important de noter qu'aucun individu de la coccinelle n'a été capturé lors de notre dernier relevé,

tandis que les populations d'aleurodes ont augmenté, ce qui peut être expliqué par l'émergence des adultes d'une nouvelle génération du déprédateur.

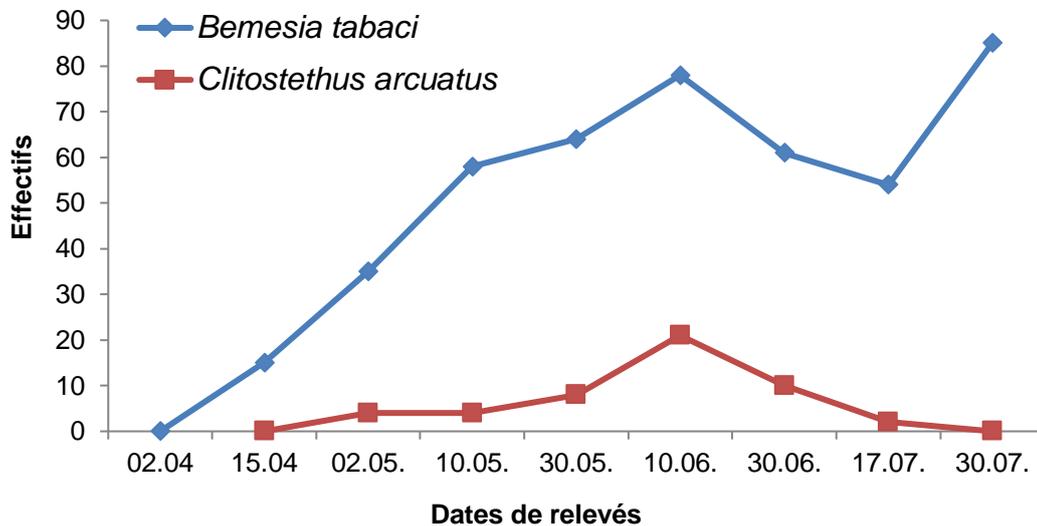


Figure III.9 Evolution spatio temporelle des populations de *B.tabaci* et son prédateur *C.arcuatus* sur tomate

### III.6.3. *Nesidiocoris tenuis* Reuter 1895 ( Miridae)

Originnaire des régions méditerranéennes, *Nesidiocoris tenuis* est une punaise prédatrice de l'ordre des Hémiptères et de la famille des Miridae. Cette espèce a été observée pour la première fois en France en 1986, dans la vallée du Rhône [104]. *N. tenuis* a été introduite dans les cultures de tomates en tant qu'auxiliaire en raison de sa forte activité prédatrice [105]. Cependant, malgré ce rôle, cette punaise a longtemps été considérée comme un ravageur dans les cultures du sud de la France [106]. Elle se nourrit à la fois de proies et de plantes pendant le même stade de développement [107] et [108].

#### III.6.3.1. Caractéristiques morphologiques

L'adulte de *N. tenuis* mesure entre 3 et 4 mm. Son corps est de couleur vert-brun, avec des taches foncées sur le dernier tiers des ailes (Fig. 32). Les antennes portent des anneaux noirs caractéristiques, et la tête présente un collet noir, tandis que les yeux sont de couleur marron foncé. L'appareil buccal est constitué d'un stylet fin, permettant la pénétration dans les tissus des plantes et des proies pour en aspirer le contenu [107] (Fig III.10). La distinction entre mâle et femelle est visible au niveau

de l'abdomen : celui des mâles est plus fin que celui des femelles. Les femelles pondent leurs œufs dans les tissus végétaux, ne laissant dépasser qu'un opercule légèrement visible. Cette caractéristique rend les œufs difficiles à observer et moins accessibles. Plusieurs études ont ainsi montré qu'en l'absence de proies dans les cultures de tomate, les dégâts causés par *N. tenuis* sont plus importants [109] et [110].



Figure III.10. Adulte de *Nesidiocoris tenuis*

a – Forme de l'adulte, b- Adulte s'attaquant à une larve d'aleurode

### III.6.3.2. Evolution des populations de l'aleurode *B. tabaci* et son prédateur *N.tenuis* sur tomate

*Nesidiocoris tenuis* fait partie du groupe des parasites-prédateurs de l'aleurode *B. tabaci*. Plusieurs experts en lutte biologique ont démontré son rôle dans la régulation des populations d'aleurodes. Dans le cadre de notre étude, nous avons fréquemment capturé cette espèce dans nos plaquettes engluées. Les premiers adultes de cette punaise de la famille des Miridae ont été observés au début du mois de mai, avec une capture de 3 individus. Un premier pic de 8 individus a été enregistré lors du relevé du 30 mai. Après une diminution des populations, où seulement 2 individus ont été capturés début juin, la punaise profite d'une forte population d'aleurodes, qui atteint un pic de 78 individus, pour reprendre son activité prédatrice. Ainsi, un deuxième pic de 7 individus a été noté vers la fin du mois de juin. Par la suite, une chute brutale des populations de *N. tenuis* a été observée, avec seulement 2 individus capturés le 17 juin (Fig. III.11).

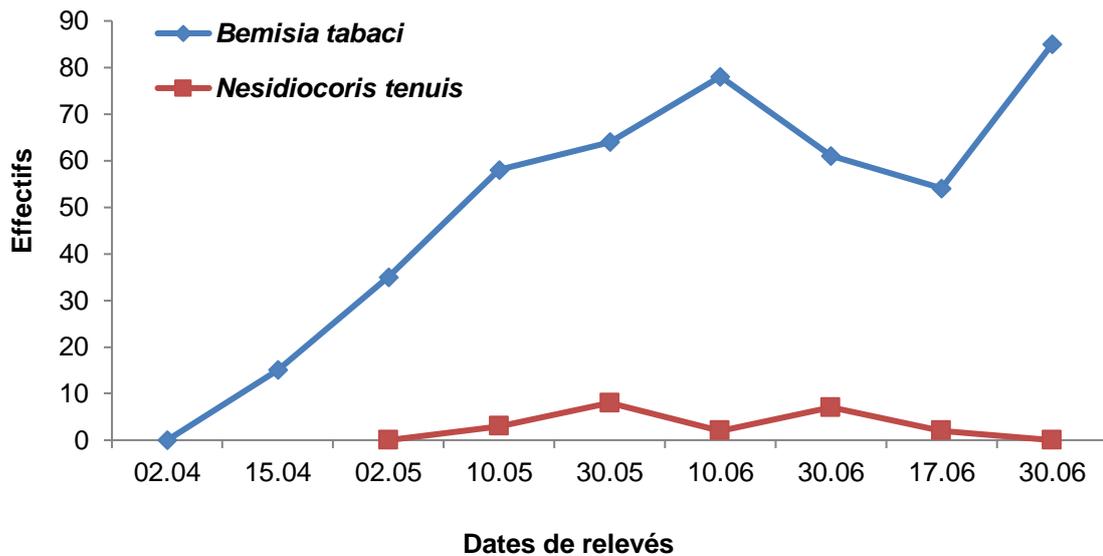


Figure III.11 - Evolution spatio temporelle des populations de *B.tabaci* et son prédateur *Nesidiocoris tenuis* sur tomate.

#### III.6.4. Cas du parasite *Encarsia formosa* Gahan, 1924

*Encarsia formosa* est un ecto-parasitoïde bien connu des aleurodes, appartenant à la famille des Aphelinidae et à l'ordre des Hyménoptères. Les femelles, très petites, mesurent environ 0,6 mm de long et sont de couleur noire avec un abdomen jaune et des ailes opalescentes. Les mâles, légèrement plus grands et entièrement noirs, sont beaucoup plus rares que les femelles [111]. Ce parasitoïde a été découvert en 1926 chez un producteur de tomates en Angleterre, qui a observé des pupariums noirs de *Trialeurodes vaporariorum*, d'où émergeaient les parasitoïdes [112] [113].

Les femelles pondent entre 50 et 100 œufs, qu'elles déposent individuellement dans le corps des nymphes ou des pupes de l'espèce hôte. La larve du parasitoïde se développe en environ deux semaines à l'optimum de température (23 °C), en passant par quatre stades successifs. Les pupes parasitées de *Trialeurodes vaporariorum* prennent une couleur noire après environ dix jours, tandis que celles de *Bemisia tabaci* deviennent brunes. Dans les deux cas, les pupes parasitées sont facilement distinguables des non parasitées. La nymphose du parasitoïde se produit à l'intérieur du corps de la larve parasitée. Les adultes d'*Encarsia formosa* émergent dix jours plus tard [114].

*Encarsia formosa* a été utilisé dès les années 1920 pour limiter les populations d'aleurodes dans les serres. Cependant, avec l'augmentation de l'utilisation des

insecticides chimiques, l'emploi de ce parasitoïde a pratiquement disparu à partir des années 1940. Néanmoins, depuis les années 1970, *Encarsia formosa* est de nouveau utilisé à travers le monde, notamment dans les cultures de tomates [115]. (Fig. III.12).

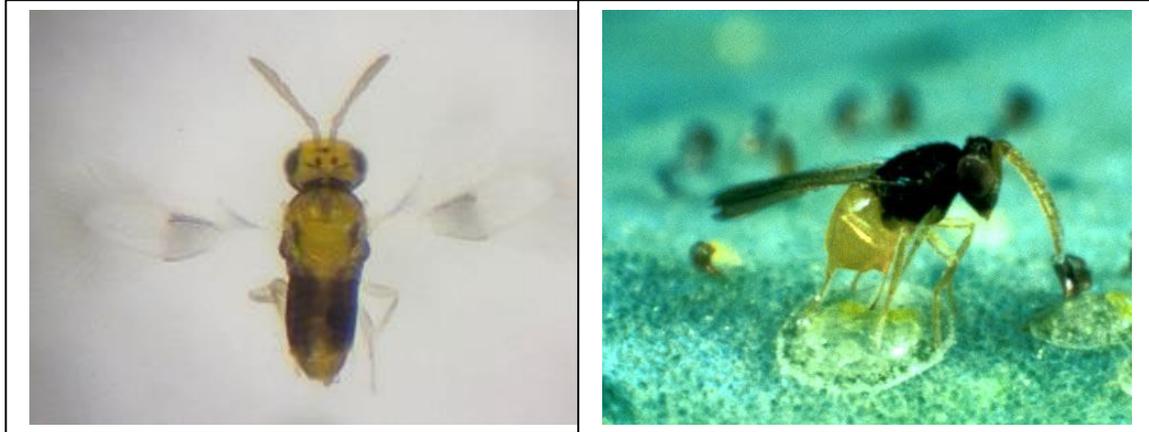


Figure III.12 Adulte du parasite *Encarsia formosa*

#### III.6.4.1. Evolution du parasite *E. formosa* sur les populations de *B. tabaci* sur tomate

Dans le cadre du suivi des adultes de *B. tabaci* à l'aide des plaquettes engluées jaunes, nous avons jugé important d'évaluer le rôle de son principal parasite, *Encarsia formosa*. Nos observations montrent que les premiers adultes de cet ectoparasite ont été capturés lors du quatrième relevé, autour du 10 mai, avec un effectif initial de seulement 2 individus, tandis que 58 adultes de l'aleurode étaient piégés. Les populations d'*Encarsia formosa* ont ensuite montré une augmentation progressive, atteignant un pic de 25 individus vers la fin du mois de juin. Pendant cette période, les populations de *B. tabaci* ont chuté après avoir atteint un pic de 78 individus au début de juin. Les populations d'*Encarsia formosa* ont diminué par la suite, atteignant un minimum de 5 individus lors de notre dernier relevé, le 30 juillet (Fig. III.13).

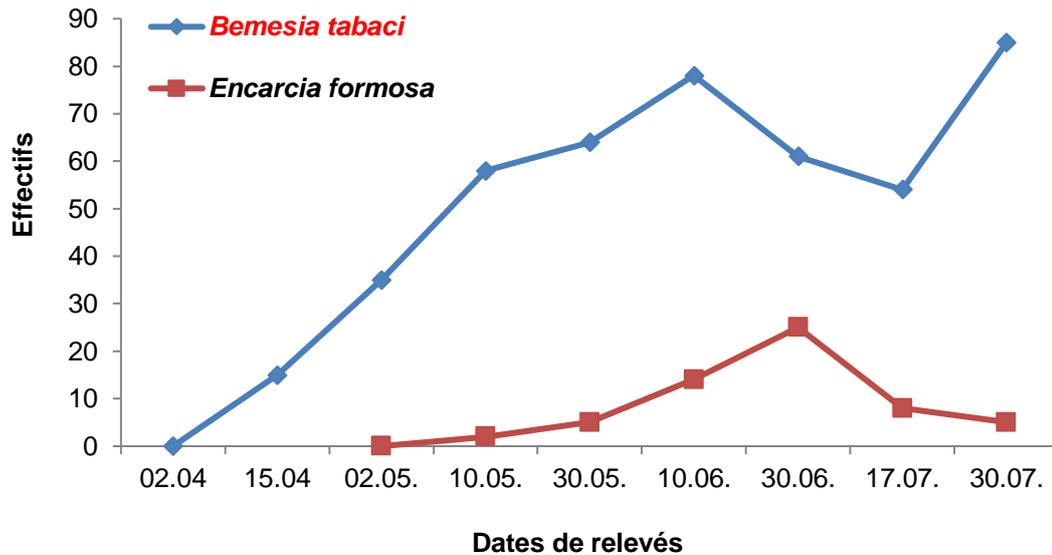


Figure III.13 - Evolution spatio temporelle des populations de *B.tabaci* et son parasite *E. formosa* sur tomate.

### III.7. Effet de deux champignons entomopathogènes *Verticillium Lecanii* et *Poecilomyces Fumoso* sur la mouche blanche de la tomate *Bemisia tabaci*.

Les résultats de l'essai révèlent que le champignon *Verticillium Lecanii*.a montré un effet insecticide supérieur à celui de *Poecilomyces Fumoso*. (Fig. III.14).

Pour la Dose 1 (témoin), le taux de mortalité observé est très faible, seulement 2 %. En Dose 2, *Poecilomyces Fumoso*. Provoque une mortalité de 10 %, tandis que *Verticillium Lecanii*. Induit une mortalité de 50 %. Avec la Dose 3, les taux de mortalité augmentent considérablement, atteignant 19 % pour *Poecilomyces Fumoso*. et 65 % pour *Verticillium Lecanii*.. Enfin, pour la Dose 4, un taux de mortalité élevé est observé : environ 23 % pour *Poecilomyces* sp.et 73 % pour *Verticillium Lecanii*.

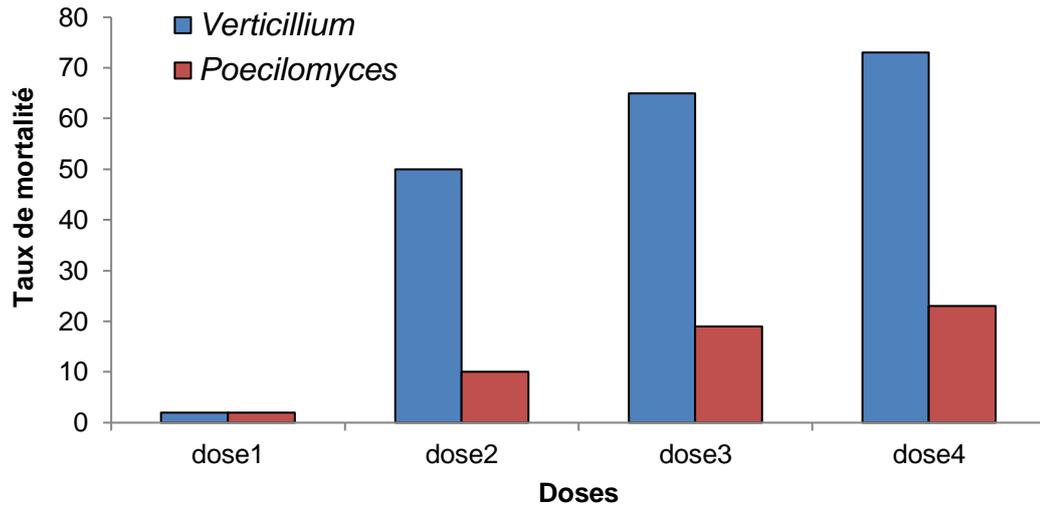


Figure III.14 - Variation du taux de mortalité de *B. tabaci* traité par les deux champignons *Verticillium Lecanii* et *Paecilomyces Fumosorose*.

Les champignons entomopathogènes *Verticillium* sp. ont montré un effet insecticide supérieur à celui de *Paecilomyces Fumosorose*. (Fig. III.15 a, b, c). Un taux de mortalité très faible de seulement 2 % a été observé dans la population témoin. Pour la Dose 2, le champignon *Paecilomyces Fumosorose* a provoqué une mortalité de 10 % chez les aleurodes, tandis que *Verticillium Lecanii* a induit une mortalité de 50 %. Avec la Dose 3, l'évolution du taux de mortalité a été significative, débutant à 19 % et atteignant jusqu'à 65 % pour les deux champignons *Paecilomyces Fumosorose* et *Verticillium Lecanii*. Enfin, pour la Dose 4, un taux de mortalité élevé a été enregistré, avec 23 % pour *Paecilomyces* sp. et 73 % pour *Verticillium Lecanii*. fig III.15

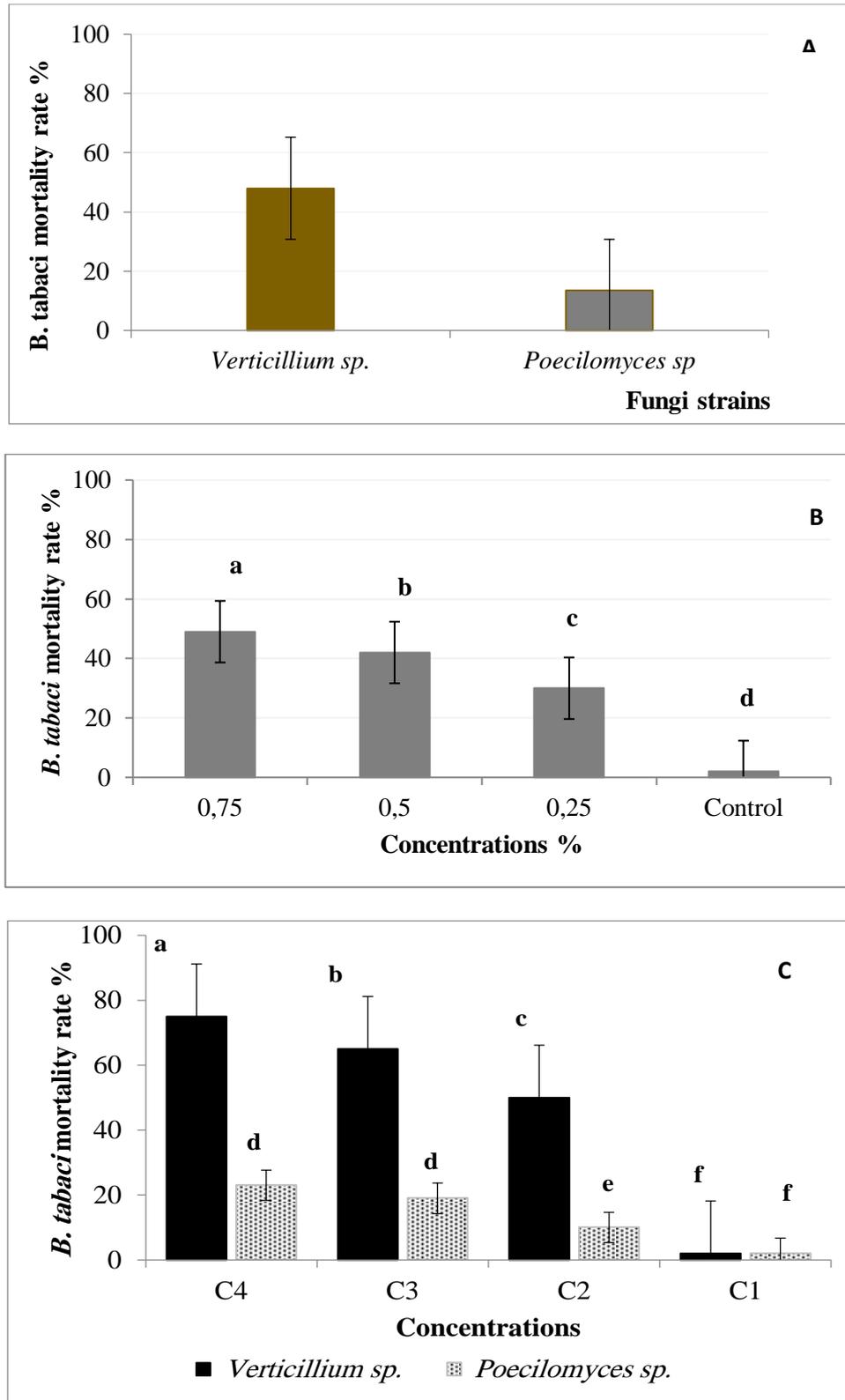


Figure III.15. Variation du taux de mortalité de *B. tabaci*  
 a - par espèce fongique ; b- selon la concentration fongique ;  
 c- en raison de l'effet de *Verticillium sp.* et *Paecilomyces sp.* Sur *B. tabaci*.

### III.7.1. Analyse de la variance appliquée à l'effet de deux champignons de *Bemisia tabaci*.

L'analyse de la variance a été réalisée dans le but de déterminer s'il existe une différence significative de mortalité entre les différentes doses des champignons *Poecilomyces sp.* et *Verticillium Lecanii*. Sur les populations de l'aleurode *Bemisia tabaci*. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau III.7 - Résultats de l'analyse de la variance

| Source        | DL | Som Car | CM ajust | Valeur F | Valeur de p |
|---------------|----|---------|----------|----------|-------------|
|               |    | ajust   |          |          |             |
| Doses         | 3  | 7720,5  | 2573,5   | 747,02   | 0,00000     |
| Souches       | 1  | 7141,5  | 7141,5   | 2073     | 0,00000     |
| Doses*Souches | 3  | 2488,5  | 829,5    | 240,78   | 0,00000     |
| Erreur        | 16 | 55,1    | 3,45     |          |             |
| Total         | 23 | 17405,6 |          |          |             |

L'analyse de variance (ANOVA) réalisée vise à déterminer si les différences observées dans les populations de *Bemisia tabaci* sont dues aux souches de champignons et aux doses appliquées. Les résultats de l'ANOVA ont révélé des effets principaux hautement significatifs ( $p < 0,001$ ) des souches de champignons et des doses sur les populations de *Bemisia tabaci*. De plus, une interaction significative entre ces deux facteurs a également été observée.

### III-2 Discussion

Cette étude a exploré les dynamiques des populations de *Bemisia tabaci* et leur gestion biologique à travers l'utilisation de champignons entomopathogènes, dans le but de proposer des solutions alternatives pour la lutte contre ce ravageur majeur des cultures, notamment la tomate. *Bemisia tabaci* est un insecte polyphage dont l'impact sur l'agriculture est important, non seulement en raison des dégâts physiques qu'il cause par la succion de la sève, mais aussi parce qu'il est le vecteur de nombreux virus, dont le *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV). La compréhension de sa

dynamique, associée à une gestion intégrée et durable, est essentielle pour le développement de stratégies de contrôle efficaces et respectueuses de l'environnement.

#### Dynamique des populations de *Bemisia tabaci*

Les résultats de cette étude montrent clairement que *Bemisia tabaci* est le principal ravageur de la tomate, représentant 43,73 % de la population totale d'insectes observée dans cette culture. Ce constat rejoint plusieurs travaux précédents, qui ont souligné l'importance de ce ravageur pour les cultures solanacées, notamment en serre [113] et [116]. *B. tabaci* est reconnu pour sa capacité à transmettre des virus tels que le TYLCV, qui cause des pertes économiques considérables. L'impact de ce ravageur est exacerbé par sa reproduction rapide et sa mobilité, lui permettant de coloniser facilement de nouvelles cultures et de transmettre les virus à travers des cycles de transmission complexes [117].

Le taux d'infestation plus faible sur la fraise (13,11 %) peut être attribué à la moindre attractivité de cette plante pour *B. tabaci*, comparativement aux tomates et poivrons. En effet, bien que *B. tabaci* soit capable d'infecter plus de 500 espèces végétales, seules certaines d'entre elles sont sensibles aux géminivirus responsables du TYLCV [118]. Ce phénomène pourrait être expliqué par des facteurs tels que la composition chimique des plantes, leur structure, ou encore la présence d'autres facteurs écologiques régulant les populations de *B. tabaci*.

Nos observations ont également révélé que *B. tabaci* montre des pics d'infestation pendant la phase de croissance des cultures, notamment en mai et juin pour la tomate, et en octobre pour la courgette. Cette observation est cohérente avec l'idée que les conditions de température et d'humidité influencent fortement le développement et la reproduction de ce ravageur [119]. En effet, des températures plus élevées favorisent la reproduction rapide de *B. tabaci*, comme l'indiquent les travaux de [120], qui ont montré que les populations de *B. tabaci* connaissent un développement plus rapide à des températures supérieures à 25°C.

Les fluctuations observées entre les différentes cultures, et notamment les variations de population observées sur la tomate, suggèrent également un rôle important des interactions entre les plantes et les insectes hôtes. Selon les recherches de Wang et al. (2014), certains types de culture peuvent soit attirer soit repousser *B.*

*tabaci* en fonction de leur composition chimique et de leur structure, influençant ainsi la dynamique des populations. Cette dynamique peut également être modulée par les interactions avec d'autres insectes et les pratiques culturales [121].

### III-2 -1. Effet des champignons entomopathogènes

Les tests réalisés avec *Verticillium Lecanii* et *Poecilomyces Fumosorose* ont montré des résultats prometteurs pour la lutte biologique contre *B. tabaci*. En effet, *Verticillium Lecanii* a induit un taux de mortalité de 73 %, alors que *Poecilomyces Fumosorose* a été moins efficace avec seulement 23 % de mortalité. Ces résultats sont en accord avec les travaux antérieurs de [122], qui ont observé que *Verticillium Lecanii* est particulièrement efficace pour contrôler les populations de *B. tabaci*, grâce à sa capacité à infecter les insectes par leur cuticule. En comparaison, *Poecilomyces Fumosorose*, bien qu'il soit également un champignon entomopathogène, a montré une efficacité moindre, ce qui pourrait être dû à sa moindre capacité à s'adapter aux conditions environnementales spécifiques des serres [123].

Les résultats obtenus avec *Verticillium Lecanii* suggèrent que ce champignon pourrait constituer une alternative intéressante pour le contrôle de *B. tabaci*, d'autant plus qu'il est naturellement présent dans de nombreux environnements agricoles. Des études récentes ont démontré l'efficacité de *Verticillium Lecanii* pour atteindre des taux de mortalité de jusqu'à 96 % chez les larves de *Bemisia tabaci* [124], renforçant ainsi son potentiel dans le cadre de programmes de lutte biologique. Toutefois, une gestion précise des doses et des périodes d'application est nécessaire pour optimiser les effets de ces champignons. En effet, comme l'indiquent [125], la réussite des applications d'entomopathogènes dépend largement des conditions environnementales, telles que l'humidité et la température, qui influencent leur virulence.

Un autre facteur important à considérer est l'adaptation de ces champignons aux conditions spécifiques des serres. *Verticillium Lecanii* semble particulièrement adapté aux températures élevées, qui sont fréquentes dans les serres, et il pourrait ainsi être utilisé en combinaison avec des stratégies de gestion de la température pour maximiser son efficacité.

### III-2 -2 Interaction entre *Bemisia tabaci* et les conditions climatiques

Les conditions climatiques en serre, en particulier les températures maximales et minimales, ont montré un effet significatif sur la dynamique des populations de *B. tabaci*. La corrélation positive observée entre les températures maximales et les populations de *B. tabaci* sur la tomate peut être expliquée par le fait que des températures élevées favorisent le développement et la reproduction de ce ravageur, comme le montrent les travaux [126] et [120]. En revanche, sur la courgette et la fraise, où les températures minimales ont une corrélation plus marquée, cela pourrait suggérer que ces cultures réagissent différemment à des conditions de température plus modérées, influençant ainsi la dynamique des populations de *B. tabaci*.

Cette étude met en évidence l'importance de la gestion climatique dans les serres pour moduler les populations de ravageurs. Des stratégies comme l'optimisation de l'irrigation, le contrôle de la ventilation et l'ajustement de la température peuvent jouer un rôle clé dans le contrôle des populations de *B. tabaci* [127]. L'intégration de ces pratiques dans des systèmes de culture en serre pourrait compléter efficacement les méthodes biologiques telles que l'utilisation de *Verticillium Lecanii*.

### III-2 -3-Impact des prédateurs et parasitoïdes naturels

L'utilisation de prédateurs et parasitoïdes naturels constitue un autre pilier dans la lutte intégrée contre *B. tabaci*. L'augmentation des populations d'*Encarsia formosa*, un parasitoïde ectoparasite de la mouche blanche, a montré une réduction significative des populations de *B. tabaci* à la fin du mois de juin, ce qui confirme son efficacité en tant que bio contrôleur dans les systèmes de culture en serre. Ce résultat est cohérent avec les études de [128] et [129], qui ont rapporté l'efficacité d'*Encarsia formosa* pour la gestion des populations de *B. tabaci*. Ce parasitoïde offre un contrôle naturel du ravageur sans recourir aux produits chimiques, ce qui est bénéfique pour la durabilité des systèmes agricoles.

L'introduction d'autres prédateurs, comme la coccinelle *Clitostethus arcuatus* et le miridé *Nesidio coristenuis*, a également montré un contrôle partiel des populations de *B. tabaci*. Ces insectes prédateurs se nourrissent de différents stades de développement de *B. tabaci*, y compris les œufs, les nymphes et les adultes, ce qui permet de limiter l'expansion des populations de ravageurs [130]. Ce type de lutte

biologique, combiné à l'utilisation de champignons entomopathogènes, pourrait permettre une gestion plus efficace et durable des populations de *B. tabaci*.

En conclusion, cette étude souligne l'importance de la gestion intégrée pour contrôler les populations de *Bemisia tabaci*, en combinant des méthodes biologiques (utilisation de champignons entomopathogènes et de prédateurs naturels) avec une gestion optimisée des conditions climatiques en serre. *Verticillium Lecanii* a montré une grande promesse en tant qu'agent de contrôle biologique, et son efficacité pourrait être renforcée par des recherches supplémentaires sur les conditions d'application. De plus, l'introduction de parasitoïdes comme *Encarsiaf ormosa* et de prédateurs comme *Clitostethus arcuatus* constitue une approche complémentaire essentielle pour réduire les populations de ce ravageur de manière durable. Ces stratégies de lutte intégrée pourraient offrir une solution efficace pour la gestion de *B. tabaci* tout en minimisant l'utilisation de produits chimiques, contribuant ainsi à la durabilité des systèmes agricoles.

# Conclusion

## CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en lumière l'importance écologique de l'aleurode *Bemisiatabaci* dans la biodiversité des bioagresseurs principaux affectant la tomate dans la région de Corso, située dans la Wilaya de Boumerdès. Le nombre total d'insectes capturés à l'aide de plaquettes engluées jaunes a atteint 3 551, reflétant une diversité entomologique riche, répartie en 19 taxons appartenant à quatre ordres et huit familles. Cette diversité a révélé une prédominance marquée des Homoptères et des Lépidoptères, chaque groupe regroupant six taxons. Parmi les Homoptères, la famille des Aleyrodidae, incluant *Bemisiatabaci*, s'est imposée comme le principal ravageur des cultures de tomate dans cette région, ce qui souligne son rôle dominant dans le réseau trophique local.

Le suivi des populations adultes de *B. tabaci* sur quatre cultures maraîchères (tomate, courgette, poivron et fraise) a permis d'observer des dynamiques intéressantes. L'activité des adultes de *B. tabaci* s'est avérée particulièrement intense sur la tomate, suivie du poivron, puis de la courgette, tandis que la fraise a montré les fluctuations les plus faibles. Ces résultats indiquent des préférences marquées de *B. tabaci* pour certaines cultures, avec une implication directe dans l'impact des dommages observés. Dans la serre de tomate, *B. tabaci* a été identifié comme le deuxième ravageur clé après le thrips *Frankliniellaoccidentalis*, ce qui révèle la concurrence intense entre ces deux ravageurs pour les ressources de la culture. Les infestations les plus graves ont été enregistrées durant la phase de croissance de la tomate, avec des pics d'activité notables au début et à la fin du mois de juin, coïncidant avec les deux principales générations de *B. tabaci*. Cette cyclicité suggère que la gestion du ravageur doit tenir compte de ces périodes clés pour une lutte plus efficace.

L'activité de vol de *B. tabaci* sur le poivron a également atteint des niveaux élevés en juin, indiquant une phase larvaire bien définie en mai. Cela suggère une phase de reproduction particulièrement importante durant cette période. Pour les serres de courgette et de fraise, une activité de vol culminante en octobre a été observée, ce qui indique que la ponte et la phase larvaire se sont concentrées en septembre. Ces observations mettent en lumière la complexité des cycles

biologiques de *B. tabaci* et l'importance de comprendre les facteurs environnementaux qui influencent ces variations, notamment les températures maximales et minimales, qui ont montré une corrélation positive avec le nombre d'adultes. Cette relation souligne l'importance du climat local dans la gestion des populations de ce ravageur et la nécessité d'adapter les stratégies de lutte en fonction des conditions climatiques.

Au cours de cette étude, l'identification de deux prédateurs naturels et d'un parasite a renforcé l'idée que la régulation des populations de *B. tabaci* peut être réalisée par des méthodes de contrôle biologique. Ces entomophages comprennent la coccinelle aleurodophage *Clitostethus arcuatus*, le Miridae *Nesidiocoris tenuis* et le parasite *Encarsia formosa*. Leur activité a été étroitement liée à l'augmentation des populations de *B. tabaci*, ce qui montre leur rôle crucial dans le maintien de l'équilibre écologique au sein des agrosystèmes. La synergie entre ces différents régulateurs biologiques devrait être prise en compte dans la mise en place de stratégies de lutte intégrée, permettant de réduire la dépendance aux traitements chimiques et de favoriser des pratiques plus durables.

L'étude des champignons entomopathogènes, notamment *Verticillium* sp. et *Poecilomyces* sp., a également révélé des résultats prometteurs. *Verticillium* sp. a montré une action insecticide plus marquée que *Poecilomyces* sp., suggérant que ce champignon pourrait être plus efficace dans la lutte contre *B. tabaci*. Cependant, des recherches complémentaires sont nécessaires pour optimiser l'utilisation de ces agents biologiques, en particulier en termes de dosage, de conditions d'application et de compatibilité avec d'autres méthodes de lutte.

D'un point de vue prospectif, il est impératif d'établir un inventaire détaillé et exhaustif des bioagresseurs affectant les cultures maraîchères dans cette région, en particulier des espèces moins étudiées, afin de mieux comprendre la structure de la communauté entomologique locale. Un tel inventaire devrait inclure les ennemis naturels des ravageurs, pour permettre le développement de programmes de lutte intégrée plus précis et efficaces. Ces programmes pourraient inclure des pratiques culturales adaptées, comme la rotation des cultures, l'implantation de haies végétales refuges pour les entomophages, et l'introduction de cultures pièges pour détourner *B. tabaci* des cultures principales.

Concernant *B. tabaci*, il serait crucial de mener des recherches approfondies sur sa bioécologie, sa distribution spatiale et temporelle, ainsi que sur ses plantes hôtes. De telles études permettraient non seulement de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents à son développement, mais aussi de définir les périodes critiques de son cycle de vie, ce qui facilitera la mise en place de stratégies de gestion ciblées. Il est également important de prendre en compte l'aspect sanitaire de ce ravageur, qui est un vecteur majeur de virus, notamment le virus de la mosaïque de la tomate, avec des conséquences potentielles pour la production agricole à l'échelle locale et régionale.

Cette étude a permis de mettre en évidence non seulement les caractéristiques écologiques et biologiques de *B. tabaci*, mais aussi les interactions complexes entre ce ravageur, ses prédateurs, ses parasites et l'environnement agricole. Les résultats obtenus soulignent l'importance de mettre en place une gestion intégrée des bioagresseurs dans les cultures de tomate et autres légumes, en combinant des méthodes biologiques, culturales et chimiques, selon des approches adaptées au contexte local. À cet égard, la poursuite des recherches sur la dynamique des populations de *B. tabaci*, ainsi que l'évaluation continue de l'efficacité des stratégies de lutte biologique et intégrée, est essentielle pour garantir une production agricole durable et une gestion efficace des ravageurs.

# APPENDICES

## APPENDICES

### APPENDICE A : LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations  
 MADR : Ministère de l'Agriculture et du développement Rural  
 ADN : Acide désoxyribonucléique  
 ARN : Acide ribonucléique  
 CaCO<sub>3</sub> : Carbonate de calcium  
 PDA : PotatoDixtroseAgar  
 ST : Sans traitement  
 AT : avec traitement  
 ITCMI : Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles  
 ACP : Analyse en composante principale  
 CAH : Classification ascendante hiérarchique  
 FR : Facteur de résistance  
 FRAC : Fungicide Resistance Action Comitee  
 RFLP : Restriction Fragment Length Polymorphism  
 AFLP : Amplified Fragment Length Polyphormism  
 R : Gène de résistance R  
 SC : Somme des carrés  
 DDL : Degré de liberté  
 MC : Moyenne des carrés  
 F : F critique  
 HS : Hautement significative  
 NS : Non significative  
 S : Significative  
 P : Probabilité  
 CV : Coefficient de variation  
 UE Union Européenne  
 JO : Journal Officiel  
 SSR Simple Sequence Repeats  
 MLG Multi-Locus Genotype  
 : Unités de mesures  
 c : Concentration  
 µg : Microgramme  
 °C : Degré Celsius  
 µm : Micromètre  
 Kg : Kilogramme  
 g : Gramme

## APPENDICE B : ANNEXES

### Annexe 1

Le milieu de culture PDA est favorable pour la croissance des champignons phyto

- pathogènes. A chaque préparation, une dose de 0,4 g de sodium azide a été ajouté dans 1 l de milieu pour limiter les contaminations bactériennes des milieux de culture.

Voici le protocole utilisé pour la préparation de milieu de culture pour la croissance des champignons :

Constituants :

- 200 g de Pomme de terre ; 15 g de Dextrose ou de sucre blanc de cannes ;  
- 20

g d'agar - agar, gélose ou de gélatine ; 1 litre d'eau distillée.

Préparation :

1. Dissoudre 20g d'agar-agar dans 300 ml d'eau distillée, homogénéiser la solution.

2. Peser 200g de pomme de terre, éplucher la pomme de terre, mélanger 200g de

pomme de terre bien découpé avec 300 ml d'eau distillée,

Bouillir à 100° C pendant 20 à 25 minutes, ensuite recueillir l'eau de la pomme de

terre environ 300 ml.

3. Le 300 ml de l'eau venant de la pomme de terre est mélangé à 300 ml de la solution agar - agar.

4. Ajuster ensuite le volume du mélange au moyen de l'eau distillée jusqu'à 1000

ml.

5. Auto - claver le mélange à la température de 125° C, la pression de 1,4 bar pendant 15 minutes.

6. Sous hotte à flux laminaire, couler la solution obtenue sur des boîtes de Pétri.

7. Laisser sécher pendant 24 à 48 heures<sup>55</sup>.

En présence de PDA de synthèse, la procédure devient simple, car il suffit de :

1. Prendre 39 gr de PDA de synthèse,

2. Le mélanger à 1 l d'eau distillée,

3. Secouer doucement jusqu'à obtenir un mélange homogène,

4. Auto - clavé sous une pression de 1,4 bar à la température de 125°C durant 15

minutes,

5. Laisser refroidir un peu sous le hotte, puis couler la solution sur les boîtes de

Pétri,

6. Laisser sécher pendant 24 à 48 heures.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **GHELAMALLAH, A. (2016)**.- Étude des pucerons des cultures maraîchères et leurs complexes parasitaires dans la région de Mostaganem (Nord-Ouest Algérien). Université Abou Baker Belkaid Tlemcen ,Mémoire 34 p
- [2] **Anonyme 2021** Une approche orientée vers la production de légumes 'sains' en Afrique pp10.
- [3] **OUMATA S., BOUZID L., SID-OTMANE T., KAHLAINE K., BOUTA M., EL KOLLI Z., (2008)** – La Situation Des Cultures Maraîchères en Algérie. Recherche Agronomique, Volume 12, Numéro 22, Pages 48-58.
- [4]. **SAHALI, N., DOUAR, B. & SELMANI, A. (2021)**.- Analyse de l'évolution récente des cultures maraichères en Algérie. Revue Cahiers Economiques, 12 (02), 487-496.
- [5] **NAIKA S., DE JEUDE, J. L., DE GOFFAU, M., HILMI, M. ET DAM ,B. (2005)**. La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. Ed. Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, 105 p.
- [6] **KOLEV, N., (1976)** Les cultures maraichères en Algérie. FAO, Rome (Italy) fre; Ministere de l'Agriculture et de la Reforme Agraire, Algiers (Algeria) 12 p.
- [7] **PERON ,J. Y. (2006)**. Production légumière. Ed. Lavoisier, Paris, 613 p.
- [8] **BACI L., (1993)** – Les contraintes du développement de la tomate industrielle et de sa transformation. Communications journée d'étude et de réflexion sur la tomate industrielle, Jijel, Avril 1993

**[9] MOUND L. et HALSY S., (1978)** - *Bemisia tabaci* (Gennadius) Whitefly of the World. A Systematic Catalog of the Aleyrodidae (Homoptera) with Host Plant and Natural Enemy Data. Ed. British Museum natu. Hist. and John Wiley & Sons, Chichester, 340p.

**[10] MARTIN J.H., MOUND L.A., (2007)**. - An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). *Zootaxa* 1492: 1-84.

**[11] JONES, D.R. (2003)** - Plant viruses transmitted by whiteflies. *European J. Plant Pathol.*,109, 195-219.

**[12] HUNTER W.B. ET POLSTON J. E. (2000)** - Development of a Continuous Whitefly Cell Line [Homoptera:Aleyrodidae: *Bemisia tabaci* (Gennadius)] for the Study of Begomovirus. *Journal of Invertebrate Pathology*. 77, 33–36.

**[13] DELVAUX, C. ET SAPORTA E. (2017)** - Aleurode: les traitements naturels contre la mouche blanche. *Détente Jardin*. n°109.

**[14] NIBOUCHE, S. (1998)**.- Rapport de mission au Burkina Faso. 24 septembre-1er octobre1998. Montpellier, Cirad, 9 p.

**[15] RAMADE, F. (2003)** - *Eléments d'écologie: écologie fondamentale*. 3ème édition, Dunod, Paris, 690 p.

**[16] SAHARAOUI L. (2017)** - Les coccinelles algériennes (Coleoptera, Coccinellidae): analyse faunistique et structure des communautés. Thèse doctorat. Uni. Paul Sabatier.France. 184 p.

**[17] LAURET F., (2001)** - Les fruits et légumes dans les économies méditerranéennes: actes du colloque de Chania. Montpellier : CIHEAM, p. 1 03-1 09 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 1 9).

**[18] SAHALI NOUREDINE, DOUAR BRAHIM 2I, SELMANI ADEL. (2021)** - Analyse de l'évolution récente des cultures maraichères en Algérie. Revue Cahiers Economiques. Volume : 12 – Numéro: 02, pp: 487-496.

**[19] Doré, C. et Varoquaux, F. (2006).** Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Paris : INRA. 105 p.

**[20] BURBAN - CHRISTIAN. (1991)** - Structuration des populations chez un insecte polyphage : Bemisia tabaci (Genn.) (Homoptera : Aleyrodidae). Montpellier : USTL, 103 p. multigr. Th. : Evolution et Ecol.: Physiol. et Biol. des Organismes et des Populations, USTL: 103 p.

**[21] SHANKARA, J., (2005.)** Recombinant glutathione –S- transterase a major allergen form alternaria clinical use allergy patients. Molecular Immunology .43 (12) : 1927-1932.

**[22] FAO.STAT (2021)** Food and Agriculture Organisation of the UnitedNations. <http://faostat.fao.org>

**[23] CHIBANE, A. (1999).** Fiche technique : Tomate sous- serre, Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA.n. 57, Ed. MARDPM/DERD (Maroc), 4p.

[24] NECHADI, S, BENDDINE, F, MOUMEN, A ET KHEDDAM, M. (2001). Tomato yellow leaf curl begomovirus (TYLCV). Ed. Direction de la Protection des Végétaux et des Contrôles Techniques, Ministère de l'Agriculture, 7 p

[25] MADR, (2020). Ministère de l'Agriculture et du développement rural, Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information (DSASI), Evolution des superficies, production et rendement de la tomate fraîche 2015-2019.

[26] ITCMI (2017) Guide Pratique La culture de la tomate sous serres 17pp

[27] CALVERT, A. (1965). Flower initiation and development in the tomato. Quarterly. Ed. N. A. A. S., Rev.70 :79 - 88.

[28] NAVEZ B., AUBERT CH., BAROS C., BERTIN N., BRAND R., CAUSSE M., COTTET V., HUTIN CH., JEANNEQUIN B., JOST M., LE QUILLEC S., LETARD M., MERENDET V., PUEL TH., ROGER A., TISIOT R. (2009). Tomate Qualité et Préférences, les connaissances sur les mécanismes qui déterminent les facteurs de qualité et des conseils pratiques. Ed. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes Paris .pp 16-70.

[29] GALLAIS, A. ET BANNEROT, H. (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées : objectif et critères de sélection. INRA, Paris, 765 p.

[30] DE LANNOY, G. (2001). Gombo *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. In: Agriculture en Afrique Tropicale. Légumes. Direction:théorie et pratique. Paris: CIHEAM:129-132.

[31] CIRAD et GRET. (2002). Mémento de l'agronome. Paris : Ministère des Affaires Étrangères, 1691 p.

- [32] **JEANNEQUIN, B., DOSBA, F. ET AMIOT-CARLIN, MJ. (2005).** Fruits et légumes caractéristiques et principaux enjeux. Collection « un point sur les filière ».INRA. Paris.
- [33] **PILKINGTON, LJ, MESSELINK, G, VAN LENTEREN, JC ET LE MOTEE, C. (2009).** Protected biological control”. Biological pest management in the greenhouse industry. Biological Control (Online First). doi: 10.1016/j.biocontrol.
- [34] **SNOUSSI, S.A. (2010).** Etude de base sur la tomate d’Algérie, Rapport de GTFS/REM/070, ITA, 52 p.
- [35] **POLESE, K.M. (2007).** La culture de tomate. Ed. Artémis: 95 p
- [36] **HOWARD, R. J.,GARLAND, J. A., SEAMAN, W. L., RICHARD, C., BOIVIN, G., CHRISTINE, T., ET P. VENNE. (1994).** Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada, Société canadienne de phytopathologie /Société d'entomologie du Canada, Ottawa, 616 p.
- [37] **SANCHEZ JA (2008)** Zoophytophagy in the plantbug *Nesidiocoris tenuis*. Agricultural and Forest Entomology 10: 75–80.
- [38] **SAWADOGO, I., KOALA, M., DABIRE, C., OUATTARA, L.P., BAZIE, V., HEMA, A., NEBIE, R.H. (2015).** Etude de l’influence des modes de transformation sur les teneurs en lycopène de quatre variétés de tomates de la région du nord du Burkina Faso. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 9 (1):362-370.
- [39] **CHIBANE, A. (1999).** Fiche technique : Tomate sous- serre, Bulletin mensuel d’information et de liaison du PNTTA.n. 57, Ed. MARDPM/DERD (Maroc), 4p.

**[40] NAIKA S., DE JEUDE, J. L., DE GOFFAU, M., HILMI, M. ET DAM ,B. (2005).** La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. Ed. Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, 105 p.

**[41] TROTTIN - CAUDAL ,Y., CHABRIERE, C. ET TERRENTROY, A. (2010).** Tuta absoluta Biologie du ravageur et stratégies de protection : Situation actuelle et perspectives. Carquefou. 29p.

**[42] BLANCARD,D., LATERROT, H., MARCHAUX, G. ET CANDRESSET, T. (2009).** Les maladies de la tomate :Identifier, Connaitre, Maitriser. Ed. Quae, Paris. 679 p

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

**[44] DIXON, A.F.G. (2000).**- Insect predator-prey dynamics. Ladybird beetles and biological control. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

**[45] ALHMEDI, A., FRANCIS, F., BODSON. B. ET HAUBRUGE, E. (2006).** Evaluation de la diversité des Aphididae, Homoptera, Aphidoidea. Techn. et prati., Ed. I.N.R.A. : 473 p.

**[46] REMAUDIERE G., REMAUDIEREM., (1997) -** Catalogue des Aphididae du Monde. Inra, Paris, 473 p.

**[47] HULLE, M., TURPEAU-AÏT IGHI,L E., ROBERT, T.M. ET MONNET, Y. (1999).** Les pucerons des plantes maraîchères. Cycles biologiques et activités de vol .Éd. INRA/ACTA.136 p.

[48] **DIXON, A.F.G. (1987).**- Insect predator-prey dynamics. Ladybird beetles and biological control. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

[49] **PATTI, I. (1983).** Gli Aphidi degli Agrumi. Pubblicazione del CNR, 110 p.

[50] **TURPEAU-AÏT IGHIL, E., HULLE M. ET CHAUBE, T B. (2010).** Puceron et milieu. Encyclo'Aphid. [www.inra.fr/encyclopedie-pucerons](http://www.inra.fr/encyclopedie-pucerons).

[51] **ROBERT, Y. (1982).** Fluctuation et dynamique des populations des pucerons. Jour. D'étude et d'info : Les pucerons des cultures, Le 2, 3 et 4 mars 1981. Ed. A.C.T.A, Paris: 21-35.

[52] **TAYLOR, L. R., PALMER, J. M. P., DUPUCH, M. J., COLE, J. ET TAYLOR, M. S., TRADUIT PAR Y. ROBERT (1984).** Manuel d'identification des pucerons. Rothamsted Experimental Station, Hertfordshire, R.-U. 171p.

[53] **BLACKMAN, R.L. & EASTOP, V.F. (2006).**- Aphids on the World's Herbaceous Plants And Shrubs. John Wiley & Sons Inc. p 1025-1439

[54] **BOSCO, D., DEMICHELIS, S., SIMON, B., RAPISARDA, C., MORIONES, E. & CENIS, J.L. (2001).**- Presence and distribution of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotypes in Italy. European Whitefly Symposium. Ragusa, Sicily, Italy. 29 p.

[55] **BYRNE, D.N. & BELLOWS, T.S. (1991).**- Whitefly biology. Annual Review of Entomology, 36, 431-457.

**[56] CAHILL, M., DENHOLM, I., ROSS, G., GORMAN, K. ET JOHNSTON, D. (1996).** Relationship between bioassay data and the simulated field performance of insecticides against susceptible and resistant *Bemisia tabaci*. *Bulletin of Entomology Research*, 86: 109–116.

**[57] DALMON, A. ET MARCHOUX G. (2000).** Quelles plantes hôtes pour le Tomato yellow leaf curl virus. *Phytoma* 527: 14-17.

**[58] DESNEUX, N., WAJNBERG E., WYCKHUYS K. A. G., BURGIO, G. ET ARPAIA, S. (2010).** Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83:197–215.

**[59] CAFFARINI PM, FOLCIA, AM, PANZARDI, SR ET PÉREZ, A. (1999).** Incidence of low levels of foliar damage caused by *Tuta absoluta* (Meyrick) on tomato. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* 25:75–78.

**[60] NOTZ, A.P. (1992).** Distribution of eggs and larvae of *Scrobipalpula absoluta* in potato plants.] *Revista de la Facultad de Agronomía (Maracay)* 18 : 425–432

**[61] BERKANI, A. ET BADAOU, M.I. (2008).** La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera : Gelechiidae). *Annales de INRAA*. 16 p.

**[62] VAISSAYRE, M., MENOZZI P., NIBOUCHE S ., DEGUINE J.(1998).** Les aleurodes : un danger pour la culture cotonnière d’Afrique de l’Ouest. 20 :1-10.

**[63] BARKOU, H. (2018).** Etude systématique et fluctuations démographique de quelques espèces de noctuelles en Algérie (Lépidoptera-Noctuidae). Thèse doctorat, E.N.S.A. El Harrach. 95 p

**[64] SPENCER, KA. (1990).** Host specialization in the world Agromyzidae (Diptera). Series Entomologica 45. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.444 p.

**[65] SPENCER, K.A. (1973).** Agromyzidae (Diptera) of economic importance. Series Entomologica Junk, The Hague, Pays-Bas. N. 9, 418 p.

**[66] ELIMAM, M., HARBI, A., CHERMITI, B. (2011).** Evaluation of *F.occidentalis* different body colours and their development in a pepper crop greenhouse in the Region of Moknine in Tunisia . Bulletin of insectology 64 (1): 9-13.

**[67] BOURNIER, J.P. (2002).** Les thysanoptère du cotonnier. Ed. Quae, France.104p.

**[68] HAMROUNI ASSADI B., CHOUIKHI S., REFKI ET TAIB R., NAIMA BOUGHALLEB N., MOHAMED SADOK M., (2021) -** Effect of the native strain of the predator *Nesidiocoris tenuis* Reuter and the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium muscarium* against *Bemisia tabaci* (Genn.) under greenhouse conditions in Tunisia. Egyptian Journal of Biological Pest Control. Vol.31.11p.

**[69] MORIONES E. et NAVAS-CASTILLO J., (2000).** Tomatoyellow leaf curl virus, an emerging viruscomplex causing epidemics worldwide. VirusRes. 71: 123-134.

- [70] **REITZ, S R, GAO Y L, LEI Z R. (2011).** Thrips: Pests of concern to China and the United States. *Agricultural Sciences in China*, 10: 867–892.
- [71] **MARTIN J.H., (1987).** An identification guide to common whitefly pest species of the world(Homoptera, Aleyrodidae). *Tropical pest management* 33(4):298-322
- [72] **MOUND, L.A. et HALSEY, S.H. (1978).**- *Bemisia tabaci* (Gennadius) In Whitefly of the World. A Systematic Catalog of the Aleyrodidae (Homoptera) with Host Plant and Natural Enemy Data. Ed. British Museum (Natural History) and John Wiley & Sons, Chichester, 340 p.
- [73] **MARTIN J.H. et MOUND, L.A. (2007).**- An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). *Zootaxa*, 1492, 1-84.
- [74] **TIKARROUCHINE R. (2009).** Caractérisation agronomique et technologique de 17 hybrides F1 de tomate « *Lycopersicum esculentum* Mill.» obtenus par croisement. E. N. S. A.. El Harrach-Alger. Mémoire. Magister .126p
- [75] **GREGORY, S.H., GREGORY, A. E. (2005).** An Identification Guide To The Whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) Of The Southeastern United States. *Entomologist* 88(4) 518-534
- [76] **DJEBARA, S. (2022).**- Biodiversité de l'entomofaune de la tomate et ses principaux bioagresseurs dans la région de Mitidja. Thèse doctorat, ENSA – El Harrach, 112 p.
- [77] **ZITTER T.A., HOPKINS D.L., THOMAS C.E., (1996).** Compendium of cucurbit diseases. APS Press St. Paul, MN, USA.

**[78] LI et al. (1989)** AVRDC (THE WORLD VEGETABLE CENTER), 2005. Tomato Breeding. Sources of Resistance to Whitefly-transmitted Geminiviruses. Sheet 3, Taiwan, 5 p

**[79] VAISSAYRE, M., MENOZZI P., NIBOUCHE S ., DEGUINE J.(1998).** Les aleurodes : un danger pour la culture cotonnière d’Afrique de l’Ouest. 20 :1-10.

**[80] SAHARAOUI L., (1998).** Les Coccinelles d’Algérie (Inventaire préliminaire et régime alimentaire Bul. Soc. Ent. France., 103 (3), pp 213-224.

**[81] ONILLON J.C.(1976)** – Les aleurodes, biologie et méthodes de lutte. Défense des végétaux, 180, 1-11.

**[82] WALKER, SD CITE PAR BOUNOUA & BRAHIMI (2011).** Effect of temperature on development of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Eur. J. Entomol. , 95: 301–306.

**[83] Robert A. Samson, Harry C. Evans, Jean-Paul (2013)** Latge, Atlas of Entomopathogenic Fungi, Springer Science & Business Media, , 187 p

**[84] Sharma, A., A. Srivastava, A.K. Shukla, K. Srivastava, A.K. Srivastava, et A.K. Saxena. (2020).** « Entomopathogenic fungi : apotential source for biological control of insect pests ». In *Phytobiomes: current insights and future vistas*, Solanki M.K., Kashyap P.L. et Kumari B., 225-49. Springer. 403p.

**[85] DELATTE, H., DALMON A., RIST D., SOUSTRADÉ I., WUSTER G., LETT J.M., GOLDBACH W R., PETERSCHMITT M. et REYNAUD B., (2003).** Tomato yellow leaf curl virus can be acquired and transmitted by *Bemisia tabaci* (Gennadius) from tomato fruit. *Plant Dis.* 87 (1): 1297-130

**[86] Ferron, J (1975).** La nature du dieu Šid d'après les découvertes récentes d'Antas. in A. Caquot (ed.), *Études sémitiques. Actes du XXXIX<sup>e</sup> Congrès international des Orientalistes.* Paris: L'Asiathèque,

**[87] Ksentini I.(2009).** Lutte biologique contre la pyrale des caroubes *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera : Pyralidae), à l'aide de parasitoïdes oophages du genre *Trichogramma* (Hymenoptera : Trichogrammatidae). Mise en valeur et régulation d'un écosystème à l'échelle locale : Lessalins de Sfax. Colloque organisé par la Maison de France, Sfax (Tunisie), les 8 et 9 mai 2009. 02p

**[88] LAMOTTE, M. ET BOURLIERE. F., (1969).** Problème d'écologie échantillonnage des PEUPELEMENTS DES MILIEUX TERRESTRES. ED. MASSON, PARIS. 303 P.

**[89] Parabhu A.V., Khelfane K et Bekal S. (1991):** Compilation des maladies fongiques des plantes en Algérie. Office de publication universitaires, Université Tizi-Ouzou. Institut de biologie .85 p.

**[90] Botton B., Bretton., Fevre H., Gauthie S., Larpent I.P., Reymont P., Sanglier J.J., Vayssier Y. et Veour L. ; (1990) :** Moisissures utiles et nuisibles, importance industrielle. Masson édition. Paris. 512P

**[91] De Hoog, GS, J. Guarro, J. Gene et MJ Figueras. (2000).** Atlas des champignons cliniques, 2e éd., vol. 1. 12p

**[92] DUMAS S et ARNOTT, R.W.C., (2005).** Origin of Hummocky and swaley cross stratification – the controlling influence of unidirectional current

strength and aggradation rate. The Geological society of America, 34: 1073-1076.

**[93] BENOUILAH T., (2015).** Contribution à l'étude écologique des passereaux nicheurs dans le Nord-Est d'Algérie. Thèse Doctorat. Université de Badji Mokhtar, Annaba.

**[94] RAMADE F., (1984).** Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Mc. Graw-Hill, Paris, 397 p.

**[95] BETTAYEB A. et AZZAOU M., (2010).** Etude comparative entre les propriétés physiques de base du bois de pin d'Alep et de pin maritime, Université Ibn Khaldoun Tiaret (Algérie), 85p.

**[96] QUEZEL P et MEDAIL F., (2003)** - Valeur phytoécologique et biologique des ripisylves méditerranéennes. Forêts méditerranéennes: pp.231-248.

**[97] Wang, Y., et al. (2014).** Factors affecting the population dynamics of Bemisia tabaci in different cropping systems. Crop Protection, 60, 85-93.

**[98] LAFONTAINE, D. J. ET SCHMIDT, B. C. (2010).** Liste de contrôle annotée des Noctuoidea (Insecta, Lepidoptera) de l'Amérique du Nord au nord du Mexique. ZooKeys, 40 :1-239.

**[99] MACKENZIE D., PETERSON D. W., PETERSON. D. L & THORNTON. P. E., (2000).** Climatic and biophysical controls on conifer species distributions in mountain forests of Washington State, USA, Journal of Biogeography, 30, 1093–1108

**[100] MUTIN L., (1977).** La Mitidja. Décolonisation et espaces géographiques. Ed. Off. Pub. Univ., Alger, 607 pp.

**[101] BELOUCIF A. ET MECHEENINE F., (2010).** Diagnostic et Evaluation du plan de gestion de réserve naturelle du lac Réghaia (Alger), Mém, Ing, UMMTO, 110p

**[102] BLONDEL, (1979)** Biology and identity of white fly vectors of plant pathogen. In: Plant Virus Epidemiology. The Spread and Control of Insect-Borne Viruses. Eds. R.T. Plumb & J.M. Thresh, Blackwell, Oxford, U.K. pp. 305-313.

**[103] GOURREAU. JM. (1974).** Systématique de la tribu des Scymnini (Coleoptera Coccinellidae). Annales Zoologie Ecologie Animale .I.N.R.A. Paris, N° hors série, 221p.

**[104] MALAUSA, J. et EHANNO, B. (1988).** Premières observations en France de *Cyrtopeltis* (*Nesidiocoris*) *tenuis* Reuter, 1895. (Het. Miridae). Nouvelle Revue d'Entomologie, 5(2): 180.

**[105] HANAFI A., (2000).** La mouche blanche et le virus des feuilles en cuillère de la tomate (TYLC). Transfert de technologie en Agriculture. Bulletin Mensuel d'Information et de Liaison du PNTTA N° 73, Rabat, Maroc: MADREF/DERD, 4 p.

**[106] TROTTIN-CAUDAL Y, FOURNIER C, LEYRE J, CHABRIERE C (2006)** La tomate sous serre dans le sud-est de la France - Protection contre la punaise *Nesidiocoris tenuis*. Infos Ctifl 30–35

[107] **MALAUSA J-C (1989)** Lutte intégrée sous serre: les punaises prédatrices Mirides dans les cultures de Solanacées du sud-est de la France 12 p.

[108] **CASTAÑE C, ARNO J, GABARRA R, ALOMAR O (2011)** Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators. *Biological Control* 59: 22–29

[109] **ARNO et al., 2011 ARNO J, CASTAÑE C, RIUDAVETS J, ROIG J, GABARRA R (2006)** Characterization of damage to tomatoplants produced by the zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis*. *IOBC/WPRS Bull* 29: 249–254

[110] **CALVO J, BOLCKMANS K, STANSLY PA, URBANEJA A (2009)** Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. *BioControl* 54: 237–246

[111] **VIANEN A VAN, LENTEREN JC VAN (1986)** The parasite-host relationship between *Encarsia Formosa* Gahan (Hym., Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Horn., Aleyrodidae). *Journal of Applied Entomology* 101: 321–331.

[112] **ANONYME ( 2014)** - Koppert Biological Systems Ephytia 1p.

[113] **SAHARAOU, L. (1994)**. Inventaire et étude de quelques aspects bioécologiques des coccinelles entomophages (Coleoptera. Coccinellidae) dans l'Algérois. *Journal of African Zoology*. 108, 6: 538 - 546.

[114] **VAN ALPHEN, J.J.M. ET L.E.M. VET. (1986).** An evolutionary approach to host finding and selection. dans E. Wajnberg et D. Greathead (éds.), *Insect parasitoid*. Academic Press, London. pp. 23-62.

[115]. **VAN DRIESCHE, R.G., BELLOWS JR., T.S., (1996).** *Biological Control*. Chapman and Hall, New York. 539 p.

[116] **NZI JC. KOUAME C., ASSANVO S. P. N'GUETTA A., FONDIO L., H. DJIDJI A. et SANGAR A. (2010)** - Evolution des populations de *Bemisia tabaci* Genn. selon les variétés de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) au Centre de la Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature* Vol.7 N°1: 31 - 40 (2).

[117] **Moriones, E., et Navas-Castillo, J. (2000).** Tomatoyellowleafcurl virus, an emerging virus in the Mediterranean. *Plant Disease*, 84(4), 485-494.

[118] **DALMON, A. ET MARCHOUX G. (2000).** Quelles plantes hôtes pour le Tomato yellow leaf curl virus. *Phytoma* 527: 14-17.

[119] **Cooper, M., et al. (2011).** Impact of temperature on the development of *Bemisiatabaci* in different environments. *EnvironmentalEntomology*, 40(3), 659-665.

[120] **Karami, S., et al. (2007).** Effects of temperature on the biology and population dynamics of *Bemisiatabaci* in greenhouse conditions. *EnvironmentalEntomology*, 36(1), 167-173.

[121] **Lacey L.A., Fransen J.J., et Carruthers R.I., (1996).** Global distribution of naturally occurring fungi of *Bemisia*, their biologies and us£ as biological control agents. In: *Bemisia 1995: Taxonomy, Biology, Damage, and Management'* (Gerling, D. and Mayer, R., eds.), pp. 401-433.

**[122] Chaverri, L. G., (2001).** Entomopathogenicfungi for Bemisiatabaci control. *Journal of InvertebratePathology*, 77(1), 41-45.

**[123]Zimmermann,G.(2008).** The entomopathogenicfungusVerticilliumlecanii: A review of itsbiology and use in biological control. *Biocontrol Science and Technology*, 18(2), 167-198.

**[124] ANONYME, 2019** - bio-enligne.com Lutte biologique, maladies et ravageurs des plantes.3 p .

**[125] Lacey, L. A., et al. (2001).** Commercialization of entomopathogens: A review of recentdevelopments. *Biocontrol Science and Technology*, 11(1), 1-12.

**[126] Avidov, Z., Harpaz, I., & Gerson, U. (1966).** Influence of temperature on the biology of Bemisiatabaci. *EntomologiaExperimentalis et Applicata*, 9(2), 127-131.

**[127] HU JS, GELMAN DB, BLACKBURN MB, (2002).** Growth anddevelopment of Encarsia formosa (Hymenoptera: Aphe-linidae) in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporari-orum* (Homoptera: Aleyrodidae): effect of host age. *ArchInsect Biochem Physiol*, 49, 125–136

**[128] Skelley, L. H., et al. (2000).** Encarsiaformosa and biological control of Bemisiatabaci in the greenhouse. *Biological Control*, 17(1), 69-80.

**[129] De Clercq, P., et al. (2005).** Biological control of Bemisiatabaci in greenhouses: A review. *Biocontrol Science and Technology*, 15(6), 589-611

[130] Lemos, F., et al. (2015). Biological control of Bemisia tabaci by Nesidiocoris tenuis and Clitostethus arcuatus in tomato. *Biological Control*, 90, 13-20.

**Population fluctuation of the whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 (Homoptera - Aleyrodidae) on vegetable crops and effect of two entomopathogenic fungi *Verticillium* sp. and *Paecilomyces* sp.**

**Título em português flutuação populacional da mosca-branca *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 (Homoptera - Aleyrodidae) em culturas de hortaliças e efeito de dois fungos entomopatogênicos *Verticillium* sp. e *Paecilomyces* sp.**

**Fluctuación poblacional de la mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 (Homoptera - Aleyrodidae) en cultivos de hortalizas y efecto de dos hongos entomopatógenos *Verticillium* sp. y *Paecilomyces* sp.**

DOI: 10.34188/bjaerv7n4-039

Submetido: 01/08/2024

Aprovado: 30/09/2024

**Razika Moudoud**

Aromatic and Medicinal Plants Research Laboratory, Biotechnology Department , Faculty of Natural and Life Sciences, University of Blida1  
Blida. Algeria  
razikamoudoud40@gmail.com

**Leila Allal-Benfekih**

Aromatic and Medicinal Plants Research Laboratory, Biotechnology Department , Faculty of Natural and Life Sciences, University of Blida  
Blida. Algeria  
leilaallalbenfekih@yahoo.fr

**Hocine Kheddam**

Department of Agronomy, Faculty of Sciences, University M'hamed Bougara of Boumerdes  
Boumerdes. Algeria  
hocine\_agro@live.fr

**Lounes Saharaoui**

Department of Agriculture and Forestry Zoology, High National Agronomic School  
El-Harrach Algiers. Algeria  
sahlounes@yahoo.fr

**ABSTRACT**

The cotton or sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*, is a major pest in Algeria, affecting various greenhouse-grown crops. This study aimed to monitor *B. tabaci* population dynamics on tomatoes, peppers, zucchinis, and strawberries to understand its infestation patterns. The methodology involved regular monitoring of pest activity on these crops and a laboratory bioassay to assess the efficacy of two entomopathogenic fungi, *Verticillium* sp. and *Paecilomyces* sp., in controlling the whitefly. Results revealed that *B. tabaci* was most prevalent on tomatoes, with a 43.73% infestation rate, followed by peppers at 24%, zucchinis at 19.14%, and strawberries at 13.11%. In addition, laboratory trials were conducted to evaluate the efficacy of two entomopathogenic fungi, *Verticillium* sp. and *Paecilomyces* sp., in controlling the whitefly. *Verticillium* sp. showed higher efficacy, achieving a 73% mortality rate, while *Paecilomyces* sp. resulted in a significantly lower

mortality of 23%. These findings suggest that *Verticillium* sp. holds promise as a biological control agent for managing *B. tabaci* in Algeria, particularly on tomato crops.

**Keywords:** *Bemisia tabaci*, biocontrol, entomopathogenic fungi, population dynamics, horticulture, Algeria.

## RESUMO

A mosca-branca do algodão ou da batata-doce, *Bemisia tabaci*, é uma praga importante na Argélia, afetando várias culturas cultivadas em estufas. Este estudo teve como objetivo monitorar a dinâmica populacional de *B. tabaci* em tomates, pimentões, abobrinhas e morangos para entender seus padrões de infestação. A metodologia envolveu o monitoramento regular da atividade da praga nessas culturas e um bioensaio em laboratório para avaliar a eficácia de dois fungos entomopatogênicos, *Verticillium* sp. e *Paecilomyces* sp., no controle da mosca-branca. Os resultados revelaram que *B. tabaci* foi mais prevalente em tomates, com uma taxa de infestação de 43,73%, seguido por pimentões com 24%, abobrinhas com 19,14% e morangos com 13,11%. Além disso, ensaios laboratoriais foram realizados para avaliar a eficácia de dois fungos entomopatogênicos, *Verticillium* sp. e *Paecilomyces* sp., no controle da mosca-branca. *Verticillium* sp. mostrou maior eficácia, atingindo uma taxa de mortalidade de 73%, enquanto *Paecilomyces* sp. resultou em uma mortalidade significativamente menor de 23%. Esses achados sugerem que *Verticillium* sp. é promissor como agente de controle biológico para o manejo de *B. tabaci* na Argélia, especialmente em culturas de tomate.

**Palavras-chave:** *Bemisia tabaci*, controle biológico, fungos entomopatogênicos, dinâmica populacional, horticultura, Argélia.

## RESUMEN

La mosca blanca del algodón o de la batata, *Bemisia tabaci*, es una plaga importante en Argelia, que afecta a diversos cultivos en invernaderos. Este estudio tuvo como objetivo monitorear la dinámica poblacional de *B. tabaci* en tomates, pimientos, calabacines y fresas para comprender sus patrones de infestación. La metodología involucró el monitoreo regular de la actividad de la plaga en estos cultivos y un bioensayo en laboratorio para evaluar la eficacia de dos hongos entomopatógenos, *Verticillium* sp. y *Paecilomyces* sp., en el control de la mosca blanca. Los resultados revelaron que *B. tabaci* fue más prevalente en tomates, con una tasa de infestación del 43,73%, seguido de pimientos con un 24%, calabacines con un 19,14% y fresas con un 13,11%. Además, se realizaron ensayos de laboratorio para evaluar la eficacia de dos hongos entomopatógenos, *Verticillium* sp. y *Paecilomyces* sp., en el control de la mosca blanca. *Verticillium* sp. mostró mayor eficacia, alcanzando una tasa de mortalidad del 73%, mientras que *Paecilomyces* sp. resultó en una mortalidad significativamente menor del 23%. Estos hallazgos sugieren que *Verticillium* sp. es prometedor como agente de control biológico para gestionar *B. tabaci* en Argelia, especialmente en cultivos de tomate.

**Palabras clave:** *Bemisia tabaci*, control biológico, hongos entomopatógenos, dinámica poblacional, horticultura, Argelia.

## 1 INTRODUCTION

Horticulture remains one of the most widely cultivated agricultural sectors worldwide (Ghelamallah, 2016). The need for vegetables has increased as a result of the population explosion, leading to an automatic increase in cultivated areas and production. In Algeria, vegetable crops rank

second after cereals, with a surface area estimated at over 330,000 ha and production reaching 8.5 million tons in 2015 (FAO, 2015). Very little varietal diversity is used, and local varieties are often neglected in favor of introduced ones (Oumata *et al.*, 2008). This policy has enabled Algeria to become self-sufficient in horticultural products, notably tomatoes, peppers, zucchinis, and other widely consumed vegetables (Sahali, 2020). The utilized agricultural area of the wilaya of Boumerdes is dominated by vegetable cultivation (19,024 ha).

Horticultural crops are affected by a multitude of bio-aggressors that impair production of varieties such as tomatoes, peppers, zucchinis, and even strawberries. Among these pests, the sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera, Aleyrodidae) constitutes a major threat to agricultural crops and protected ornamental plants (Mound and Halsy, 1978; Martin and Mound, 2007). Likely originating from India (Fishpool and Burban, 1994), this whitefly is recognized as the second most significant pest for tomatoes grown in greenhouses, following thrips (*Frankliniella occidentalis*) (Calvo *et al.*, 2011). By persistently attacking crops, whiteflies can transmit several plant viruses (Delvaux and Saporta, 2017), including over 111 plant viruses from the genera *Begomovirus*, *Crinivirus*, *Carlavirus*, and *Ipomovirus* (Jones, 2003; Hunter and Polston, 2000). *B. tabaci* is mainly responsible for transmitting Gemini viruses that affect numerous cultivated plants, especially those in the Fabaceae and Malvaceae families (Nibouche, 1998; Ghosh and Ghanim, 2021). Both direct and indirect damage caused by this species leads to significant financial losses for vegetable crops (Duelli *et al.*, 1990; Burban, 1991).

In horticultural systems, *B. tabaci* causes severe damage, particularly to pepper and tomato crops, often transmitting viruses like the tomato yellow leaf curl disease (TYLC) (Dai *et al.*, 2017). Furthermore, *B. tabaci* exhibits extensive resistance to common insecticides (Horowitz *et al.*, 2020), making conventional chemical pest control increasingly ineffective. The frequent use of insecticides has led to multiple cases of control failure (Khalid *et al.*, 2021). To combat this, an efficient integrated pest management (IPM) strategy must incorporate several distinct control methods, as no single approach provides long-term effectiveness against this pest.

Entomopathogenic fungi are considered highly effective and safe for targeting specific pests (Perez *et al.* 2021). Assessing the virulence and pathogenicity of these fungi against *B. tabaci* populations is essential for controlling infestations (Sani *et al.*, 2020). The majority of reports on fungal infections in *Bemisia* species involve Hyphomycetes, specifically species like *Paecilomyces*, *Verticillium*, and *Aschersonia* (Faria and Wraight, 2001).

The main aim of this study was to monitor the population fluctuations of *B. tabaci* on its primary host plants, i.e., tomatoes, peppers, zucchinis and strawberries, in coastal Algerian greenhouses. Additionally, the effects of two entomopathogenic fungi, *Verticillium* sp. and

*Paecilomyces* sp., were evaluated to explore alternative biological control methods for managing this pest and preventing the transmission of viral diseases.

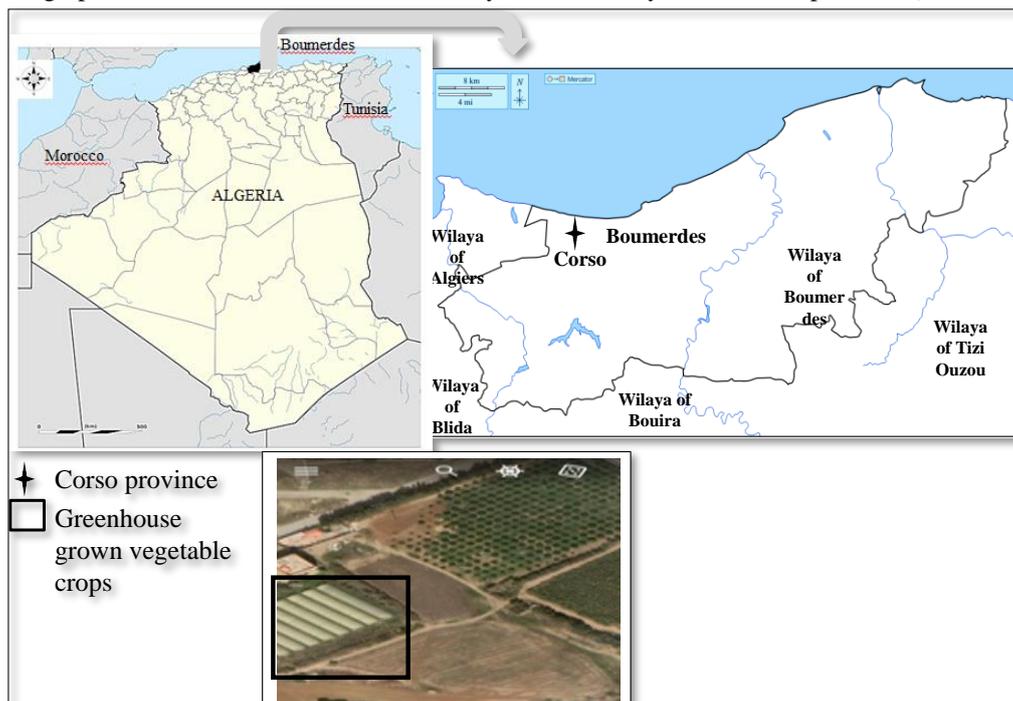
## 2 METHODOLOGY

### 2.1 STUDY SITE LOCATION

This study was conducted in the Corso province, located at coordinates 36° 45' 23" N and 3° 26' 00" E, approximately 28 km northeast of Boumerdes. The region is part of a 100 km coastal area in northern Algeria, encompassing an expanse of 1,456.16 km<sup>2</sup>. It is bordered to the north by the Mediterranean Sea, to the west by the wilaya of Algiers, to the southwest by the wilaya of Blida, to the south by the wilaya of Bouira, and to the east by the wilaya of Tizi-Ouzou. The soil in the Boumerdes area is characterized as clayey-silty and stony with local shrub vegetation reflects the typical flora of garrigues and maquis, featuring species such as *Eryngium tricuspdatum* L., *Daphne gnidium* L., *Olea europaea* L., *Calicotome spinosa* (L.), and *Ceratonia siliqua* L., which are commonly found in cultivated forms (Menzer *et al.*, 2024).

Whitefly monitoring and microbial treatment trial were carried out at a private agricultural experiment dedicated to growing crops for market gardens under cover. This agricultural exploitation is bounded to the south by the wilaya road leading to Boudouaou El Bahri province, to the north by a road leading to Corso town, to the east by an olive grove close to a vineyard plot, and to the west by a road and a range of greenhouse-grown vegetables, (Figure 1).

Figure 1. Geographical location of the Boumerdes wilaya and the study site in Corso province (Boumerdes, Algeria).



Source: Prepared by the authors (2024)

## 2.2 MONITORING OF *Bemisia tabaci* POPULATION FLUCTUATIONS

The experiment was conducted from February 2023 to March 2024. Four crops grown under cover were selected: tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.), peppers (*Capsicum annuum* L.), zucchinis (*Cucurbita pepo* L.), and strawberries (*Fragaria vesca* L.). These crops were chosen due to their prevalence in local vegetable production.

Fluctuations in whitefly populations were monitored using yellow and blue sticky traps measuring 25 x 40 cm. These traps were employed to monitor both entomophagous pests present on the selected vegetable crops and specifically to assess *B. tabaci* populations. Sticky traps are vital tools for monitoring whitefly populations as they are water-resistant and biodegradable. They capture flying insects, including various species of whiteflies, leaf miners, moths, aphids, and thrips.

After the plants were transplanted in early September, one sticky trap of each color was randomly placed in the center of each crop within the greenhouses. During each bimonthly survey, the sticky traps were collected and covered with thin plastic wrap to prevent further adhesion. In the laboratory, a systematic count of the captured adult whiteflies was conducted using a binocular magnifying glass, while the larvae population was assessed through visual counts.

## 2.3 BIOASSAYS OF *Verticillium* AND *Paecilomyces* SPECIES AGAINST *Bemisia tabaci*

The study of the entomopathogenic fungi, *Verticillium* sp. and *Paecilomyces* sp. effect on *B. tabaci* was realized in an insecticide free 400 m<sup>2</sup> tomato crop cultivated under greenhouse in the study area. The fungi strains were supplied by the mycology laboratory at the Agronomy Department (M'Hamed Bougara University of Boumerdes- Algeria). The trial was laid out in a randomized block design with three concentrations of entomopathogenic fungi as one treatment and 3 replications per treatment and an untreated control with water spray was kept for comparison.

In the laboratory, the necessary quantity of spores of the entomopathogenic fungus strains (*Paecilomyces* sp. and *Verticillium* sp.) were prepared, with fungal suspension doses of 25%, 50% and 75% in water temperature not exceeding 20°C and stirred for 1 hour until slurry was obtained. The fungi suspensions were kept to settle for around 1 hour, to give the sediment time to sink to the bottom of the bucket. Then they were mixed again and left to stand for an hour. Only the top column of water (isolated from the sediment at the bottom), which contains all the spores was used. Foliar applications sprays were applied in the afternoon when the temperature was 20-28°C. Indeed, in the spray tank, the sprayer must not be exposed to sunlight and must be kept in a cool, dry place.

## 2.4 DATA ANALYSIS

Whitefly *B. tabaci* adult's abundances were noted during each fortnight of the four market garden crops growing cycle. The data on nymph and adult numbers of *B. tabaci* were submitted to statistical analysis. In order to verify whether there is a correlation between the whitefly population fluctuations and the climatic conditions in the greenhouses, the minimum and maximum temperatures values during each sampling period were recorded.

*B. tabaci* populations were recorded from 3 leaves collected randomly from 3 treated tomato plants canopies, 72 hours interval after spray application of each entomopathogenic fungi and concentrations. The collected leaves were brought to the laboratory and whitefly numbers were recorded per leaf under a stereo zoom binocular microscope.

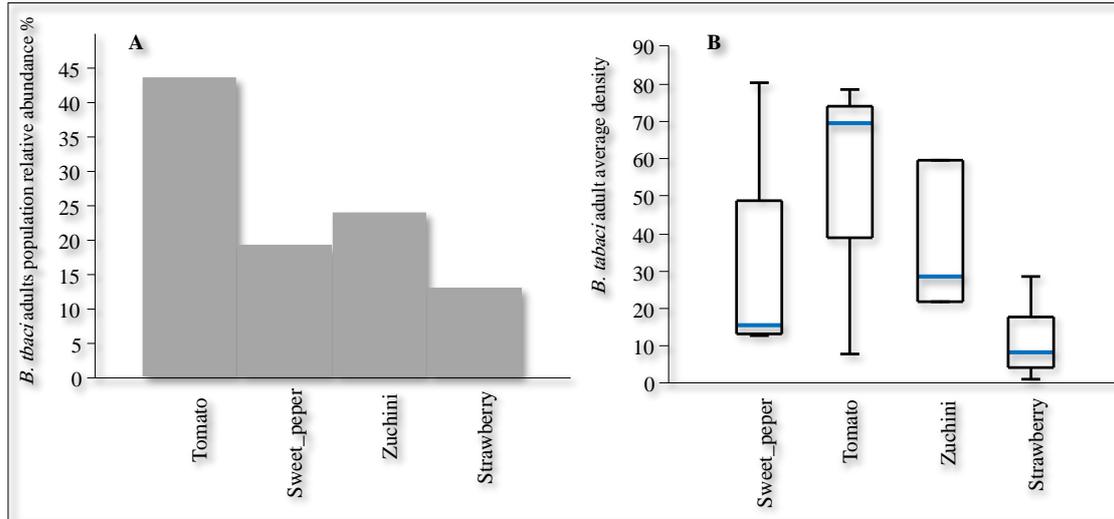
The relative efficacy of both entomopathogenic fungi treatments were evaluated by calculating the percent reduction and the corrected mortality in the population of whiteflies over control using Abbot's (Abbot, 1925) formula:  $MC (\%) = (M_0 - M_t) / (100 - M_t) * 100$  where, MC is the percentage of corrected mortality,  $M_0$  is the percentage of average mortality in the treated trials and  $M_t$  the percentage of average mortality in the controls. Data were statistically analysed using Minitab Statistical Package program vers. 18. The mean population of the whitefly individuals was subjected to analysis of variance (ANOVA) for the each entomopathogenic fungi separately. Mean values were compared by post hoc Tukey Test ( $P = 0.05$ ), and treatment means were separated at  $P = 0.05$ .

## 3 RESULTS

### 3.1 ASSESSMENT OF THE RELATIVE ABUNDANCE OF *B. Tabaci* POPULATIONS ACROSS FOUR VEGETABLE CROP SPECIES

*B. tabaci* was more active on tomatoes, with a total of 450 individuals representing 43.73% of the total population. The sweet pepper greenhouse comes second with a whitefly population of 247 individuals (24.00%). In third place came the zucchini greenhouse with 197 *B. tabaci* adults (19.14%). However, whitefly fluctuations were lowest on strawberries, reaching only 135 individuals (13.11%), (Fig. 2).

Figure 2. Relative abundance (A) and average density (B) of *B. tabaci* populations on the four vegetable crops.



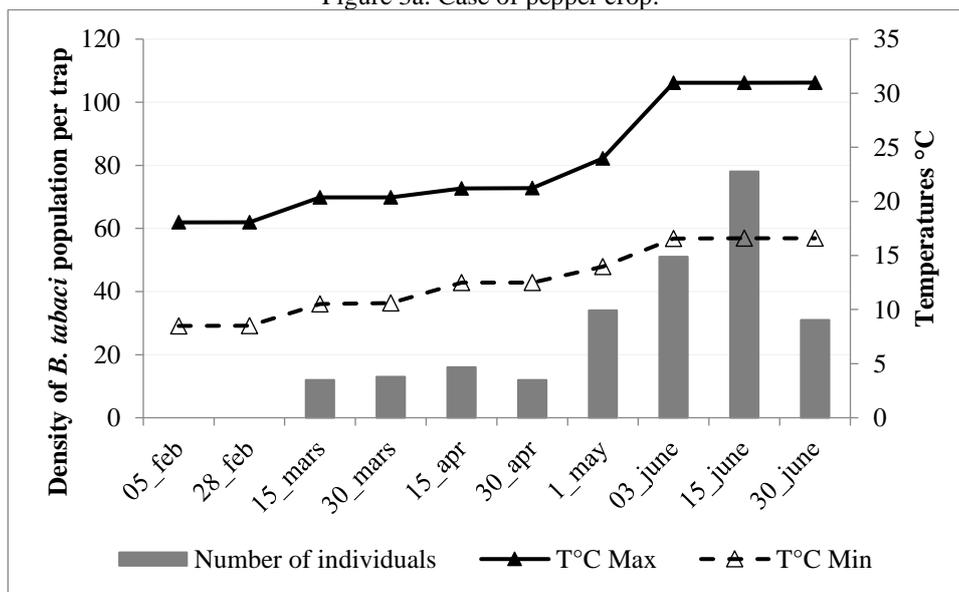
Source: Prepared by the authors (2024)

### 3.2 TEMPORAL FLUCTUATIONS OF *B. Tabaci* POPULATIONS ON THE FOUR STUDIED VEGETABLE CROPS

#### 3.2.1 Case of pepper crop

Monitoring of fluctuations on pepper over the sampling period indicates heavy infestations of this pest occurring during the plant’s growth phase. Only isolated individuals enter the crop during the first three months of our experiment (Fig. 3a). From the end of April onwards, we saw a gradual increase in the insect's populations, reaching a peak of 78 individuals on June 15th. Then fluctuations dropped, with only 31 individuals trapped on June 30<sup>th</sup>.

Figure 3a. Case of pepper crop.

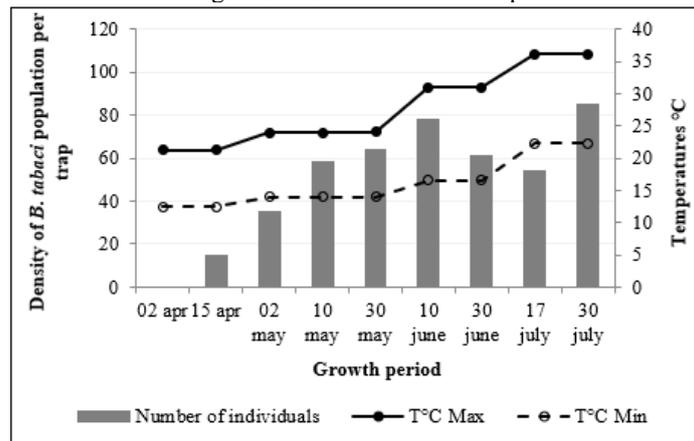


Source: Prepared by the authors (2024)

### 3.2.2 Case of tomato crop

Our results indicate that the first appearance of adults is noted around the second week of April. This was followed by a gradual increase in populations, reaching a first peak of 78 individuals around the first week of June. After a drop in whitefly populations marking the end of the second generation, flight activity resumed from the second week of July, when another peak of 85 individuals was recorded in our last survey (Fig. 3b).

Figure 3b. Case of tomato crop.

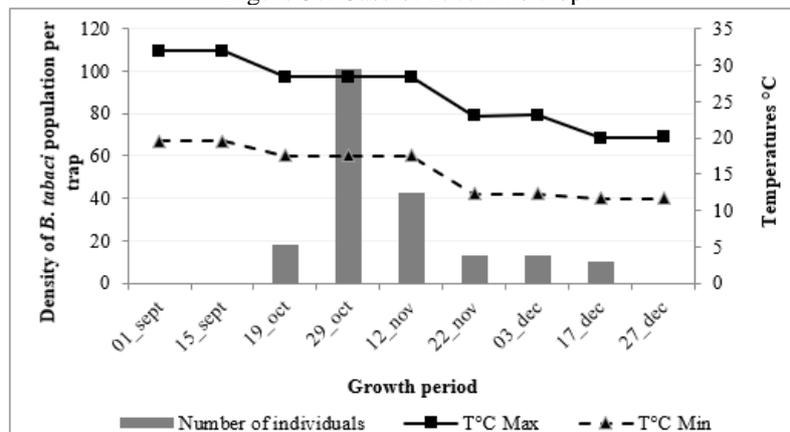


Source: Prepared by the authors (2024)

### 3.2.3 Case of Zucchini crop

In Zucchini crop, the first whitefly individuals appeared around the second week of October. The pest population then increased sharply, coinciding with the flowering of the crop and the emergence of the adults. An initial peak of 101 individuals was recorded towards the end of October. Whitefly populations gradually declined, reaching a minimum of 42 individuals during the survey on 12 November. Finally, in December, only isolated individuals inverted the crop, with no more than 10 individuals (Fig. 3c)

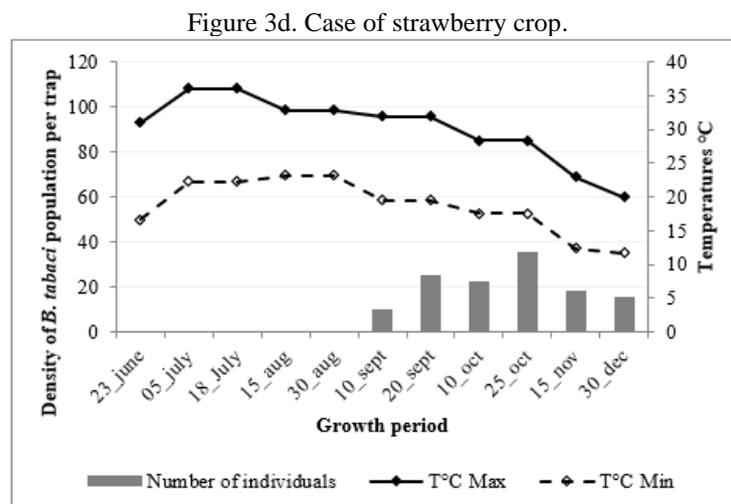
Figure 3c. Case of zucchini crop.



Source: Prepared by the authors (2024)

### 3.2.4 Case of strawberry crop

The first whitefly adults appeared on 20 September, with a fairly low number of 10 individuals. Whitefly activity was intense towards the end of the same month, with 25 individuals. This increase was followed by a slight drop at the beginning of October (20 individuals). They continued to develop gradually, reaching a peak of 35 on 25 October, coinciding with the flowering of the strawberry, which provided a large biomass of food. Thereafter, the whitefly populations fell to a minimum of 8 individuals towards the end of January. In other words, the intense activity of *B. tabaci* took place between September and December (Fig. 3d).

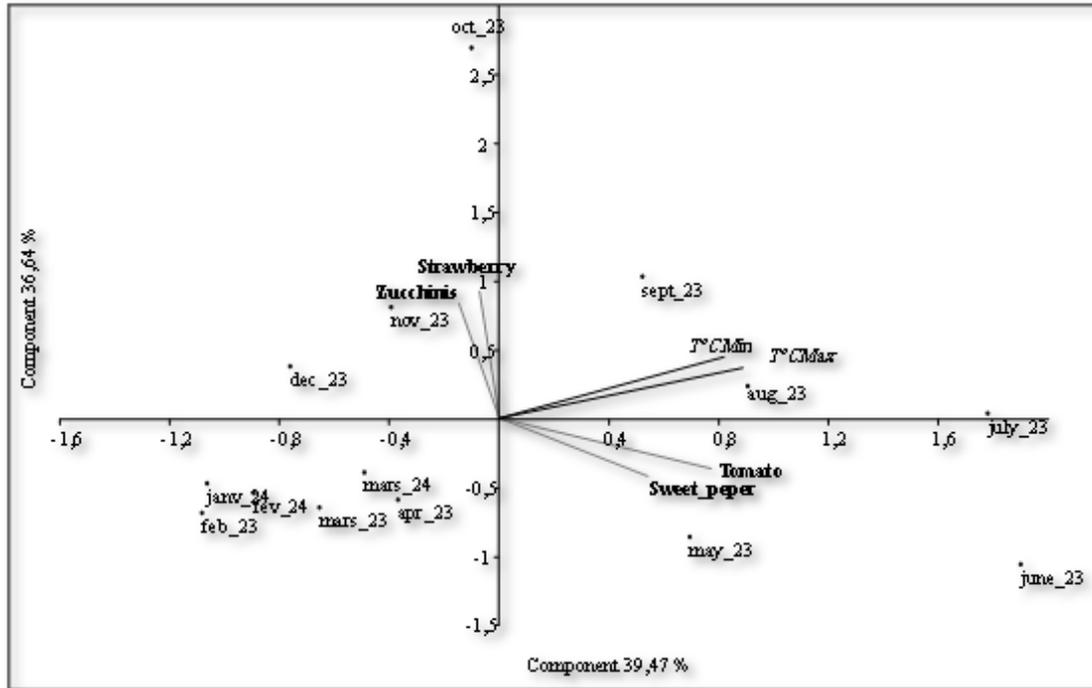


Source: Prepared by the authors (2024)

### 3.3 ANALYSIS OF VARIANCE

*B. tabaci* numbers on peppers were positively correlated with maximum ( $r = 0.882$ ;  $p = 0.001$ ) and minimum ( $r = 0.866$ ;  $p = 0.001$ ) temperatures. It is worth mentioning that maximum temperatures ( $r = 0.725$ ;  $p = 0.027$ ) show positive correlations with the evolution of *B. tabaci* numbers on tomatoes. It should be noted that *B. tabaci* numbers were positively correlated only with minimum temperatures ( $r = 0.802$ ;  $p = 0.03$ ) in zucchni crop. However, on strawberries, whitefly numbers were positively correlated with only minimum temperatures ( $r = 0.699$ ;  $p = 0.017$ ) (Fig. 4).

Figure 4. Correlation graph of variables by PCA

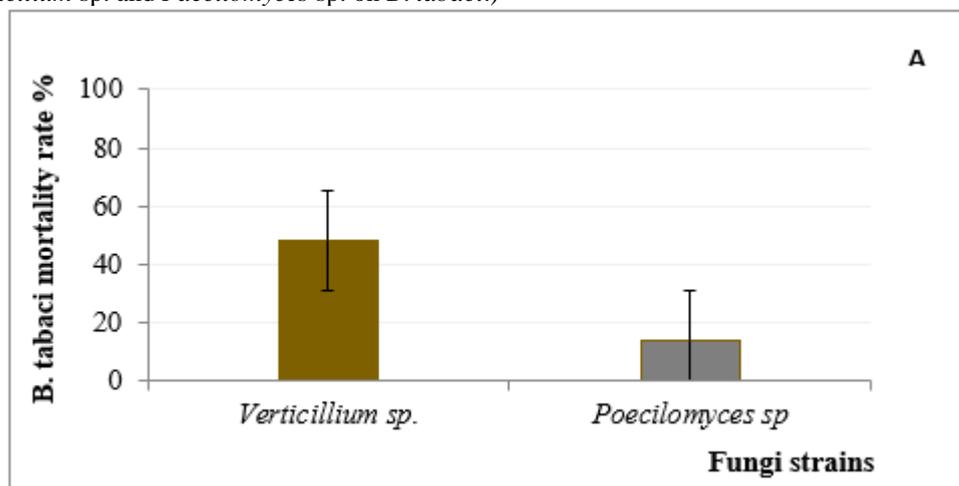


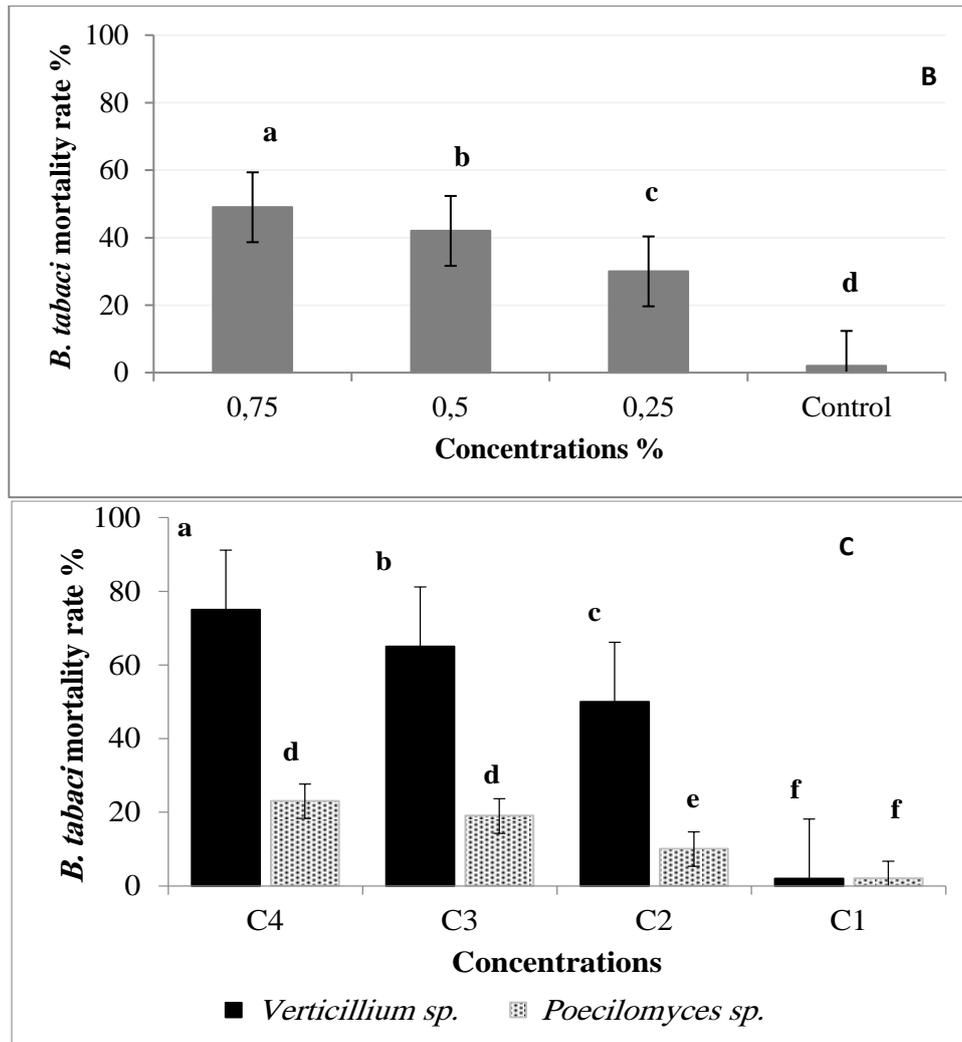
Source: Prepared by the authors (2024)

### 3.4 EFFECT OF *Verticillium* sp. AND *Paecilomyces* sp. ON THE TOMATO WHITEFLY *B. tabaci*

The entomopathogenic fungi *Verticillium* sp. had a greater insecticidal effect than *Paecilomyces* sp. (Fig 5a, b, c). Very low mortality rate of only 2% was recorded for the control population. For Dose 2, the results represent a mortality rate of 10% of whiteflies caused by the fungus *Paecilomyces* sp. and 50% mortality caused by *Verticillium* sp. With Dose 3, mortality rate evolution was significant, starting with a value of 19% and reaching up to 65% for the both fungi *Paecilomyces* sp. and *Verticillium* sp. For Dose 4, a high mortality rate was seen, with a percentage of 23% for *Paecilomyces* sp. compared with a percentage value of 73% for *Verticillium* sp.

Figure 5. Variation of *B.tabaci* mortality rate (a- by fungal species ; b- according to fungus concentration ; c- due to the effect of *Verticillium* sp. and *Paecilomyces* sp. on *B. tabaci*.)





Source: Prepared by the authors (2024)

#### 4 DISCUSSIONS

With more than 800 species divided into more than 90 families, *B. tabaci* consumes a remarkably diverse array of host plants, and the number of known hosts keeps growing. Monitoring of *B. tabaci* fluctuations on the four selected vegetable crops during our experiment indicates a high infestation level of this whitefly species during the host plants growth phase. This insect pest exhibits intense activity on tomato crops, followed by peppers then zucchinis and finally on strawberries where abundances were less significant. The original relationships between Aleyrodidae and their host plants appear to be oligophagous. The majority of present-day species would appear to have retained a monophagous or oligophagous type of relationship, all the more so if their hosts are perennial plants, trees or shrubs (Mound, 1983; Byrne and Bellows, 1991). Indeed, Van Lenteren and Noldus (1990) report that, once in contact with the plant, it is taste tests that mainly determine whether a plant is accepted or rejected, and that these tests also play a part in the choice of a suitable intra-plant site.

On tomatoes, heavy infestations of *B. tabaci* occurred in May and June, with a peak of 78 individuals around 15 June. Whitefly activity picked up again in July, so it was probably another generation. Our results also indicate that the fly is the second key pest of pepper after tomato. Intense activity of this species occurs in May, with a peak of 78 individuals recorded around the 15th of the same month. Djebara (2022) reported that at Boudouaou El Bahri (eastern Mitidja), whitefly activity was intense from the beginning of May, and continued to develop gradually, reaching a peak of 68 individuals on June 10th. On zucchinis, heavy whitefly outbreaks were recorded in October, with a peak of 101 individuals caught towards the end of the month. Strawberries were the least infested of the three crops. The maximum number of captures was recorded during the second dekad of October, with 35 individuals.

Populations of adults *B. tabaci* were significantly higher at 75 days than at 60 and 45 days of *Capsicum annuum* and *Solanum esculentum* growth stage after germination, whereas higher population was especially observed at the middle and younger growth stages in *S. melongena* (Mansour *et al.* 2012).

The effect of *Verticillium* sp. and *Paecilomyces* sp., on *B. tabaci* in tomato crop was variable between the two fungi. Different mortality rate was obtained with *Paecilomyces* sp. and *Verticillium* sp with 23% and 73% respectively. However, control of product doses and application periods are important parameters for increasing the mortality rate. According to Hopkinson *et al* (2023), Huixin *et al.* (2021) and Wang *et al* (2020), the mortality rate of the treatment was significant for *Verticillium* sp. The crude extract from mycelia toxin of *V. lecanii* strain Vp28 possessed deterrent effect on adults of *B. tabaci* under 2000-6000 diluted concentration (Chen *et al.* 2004). *Lecanicillium lecanii* (Zimmerman), and *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) are key tools for the management of various agricultural insect pests, including whiteflies, mealy bugs, aphids, thrips, psyllids, and weevils in outdoor and greenhouse crops (Torrado-Leon *et al.* 2006; Akmal *et al.* 2013).

With this in mind, it would be interesting to draw up an inventory of the bio-aggressors of the market garden crops in question and their natural enemies, with a view to establishing reasoned pest control programs for these crops, also combining other control methods, including the management of agrosystems. In the case of the whitefly *B. tabaci*, it should be remembered that this fly is an abundant resource for many species of carnivorous insects, including the Scymnini ladybird *Clitostethus arcuatus* (Dixon, 2000; Saharaoui, 2017). *B. tabaci* is responsible for considerable damage in nurseries and young leguminous plantations, and it is important to study its bioecology, distribution and host plants in greater depth in order to limit the damage caused by this pest and prevent its spread.

## 5 CONCLUSION

This study provides critical insights into the dynamics of *B. tabaci* populations on various vegetable crops, highlighting the significant variations in infestation levels across tomatoes, peppers, zucchinis, and strawberries. Our findings demonstrate that *B. tabaci* exhibits peak activity during specific growth phases, particularly in tomatoes and peppers, emphasizing the need for targeted monitoring and management strategies. The efficacy of *Verticillium* sp. and *Paecilomyces* sp. as biological control agents presents promising alternatives to conventional insecticides, offering effective means of managing whitefly populations while mitigating the development of insecticide resistance.

Furthermore, integrating biological control with other pest management strategies can enhance the sustainability of crop production systems. Future research should focus on further elucidating the ecological interactions of *B. tabaci* with its natural enemies, as well as exploring the impact of environmental factors on its population dynamics. Establishing comprehensive pest management programs that leverage both biological control agents and agroecosystem management principles is crucial for reducing the impact of this pest on market garden crops and ensuring sustainable agricultural practices in Algeria and beyond.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to express our sincere gratitude to all individuals who contributed to this study. Special thanks to our colleagues and research assistants for their invaluable support and collaboration during data collection and analysis. We also appreciate the guidance and expertise provided by our mentors, which greatly enriched our research. Lastly, we extend our thanks to the agricultural community for their cooperation and insights, which were essential to the success of our work.

## REFERENCES

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, v. 18, p. 265-267, 1925.
- AKMAL, M.; FREED, S.; MALIK, M. N. GUL, H. T. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hypomycetes) against different aphid species under laboratory conditions. *Pak. J. Zool.*, v. 45, p. 71–78. 2013.
- BURBAN, C. *Structuration des populations chez un insecte polyphage : Bemisia tabaci (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae)*. Montpellier: USTL, 1991. 103 p. (Thèse: Evolution et Ecologie: Physiologie et Biologie des Organismes et des Populations).
- BYRNE, D. N.; BELLOWS, T. S. Whitefly biology. *Annual Review of Entomology*, v. 36, p. 431–457, 1991. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.36.010191.002243>
- CALVO, F. J.; BOLCKMANS, K.; BELDA, J. E. Control of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in cucumber by *Amblyseius swirskii*. *BioControl*, v. 56, p. 185–192, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10526-010-9319-5>
- CHEN, Y. J.; WANG, L. D.; HUANG, J.; LIN, G. Y.; LIANG, Z. S.; WU, H. W. Deterrent effect of crude extract from mycelia toxin of *Verticillium lecanii* on sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, v. 19, n. 4, p. 210-212, 2004.
- DAI, H. J.; CHENG, L.; ZHU, X. P.; LIU, Y. J.; ZHAO, J. Co-infections of Tomato chlorosis virus and Tomato yellow leaf curl virus transmitted by tobacco whitefly *Bemisia tabaci* to different tomato varieties. *J. Plant Protect.*, v. 44, p. 453–459, 2017. <https://doi.org/10.13802/j.cnki.zwbhxb.2017.2016090>
- DELVAUX, C. ; SAPORTA, E. Aleurode : les traitements naturels contre la mouche blanche. *Détente Jardin*, n. 109, 2017.
- DIXON, A. F. G. *Insect predator-prey dynamics. Ladybird beetles and biological control*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- DJEBARA, S. *Biodiversité de l'entomofaune de la tomate et ses principaux bioagresseurs dans la région de Mitidja*. PhD dissertation, ENSA-El Harrach, Algiers, 112 p., 2022.
- DUELLI, P.; STUDER, M.; MARCHAND, I.; JAKOB, S. Population movements of arthropods between natural and cultivated areas. *Biological Conservation*, v. 54, p. 193-207, 1990.
- FAO. Global Forest Resources Assessment. *FAO Forestry Paper No. 1*. UN Food and Agriculture Organization, Rome, 2015.
- FARIA, M.; WRAIGHT, S. P. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. *Crop Protection*, v. 20, n. 9, p. 767-778, 2001.
- FISHPOOL, L. D. C.; BURBAN, C. *Bemisia tabaci*, the whitefly vector of African cassava mosaic geminivirus. *Tropical Science*, v. 34, p. 55-72, 1994.
- GHELAMALLAH, A. *Étude des pucerons des cultures maraîchères et leurs complexes parasitaires dans la région de Mostaganem (Nord-Ouest Algérien)*. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 34 p., 2016.

GHOSH, S.; GHANIM, M. Factors determining transmission of persistent viruses by *Bemisia tabaci* and emergence of new virus-vector relationships. *Viruses*, v. 13, p. 1808, 2021. doi: 10.3390/v13091808.

HOPKINSON, J.; BALZER, J.; WALSH, T. Insecticide resistance management of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Australian cotton – pyriproxyfen, spirotetramat, and buprofezin. *Pest Management Science*, 2023. <https://doi.org/10.1002/ps.7361>.

HOROWITZ, A. R.; GHANIM, M.; RODITAKIS, E.; NAUEN, R.; ISHAAYA, I. Insecticide resistance and its management in *Bemisia tabaci* species. *Journal of Pest Science*, v. 93, p. 893–910, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01210-0>

HUIXIN, Z. et al. Annual analysis of field-evolved insecticide resistance in *Bemisia tabaci* across China. 2021. <https://doi.org/10.1002/ps.6338>.

HUNTER, W. B.; POLSTON, J. E. Development of a continuous whitefly cell line [Homoptera: Aleyrodidae: *Bemisia tabaci* (Gennadius)] for the study of begomovirus. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 77, p. 33–36, 2000. <https://doi.org/10.1006/jipa.2000.4993>

JONES, D. R. Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology*, v. 109, p. 195-219, 2003. <https://doi.org/10.1023/A:1022846630513>

KHALID, M.Z.; AHMED, S.; AL-ASHKAR, I.; EL SABAGH, A.; LIU, L.; ZHONG, G. Evaluation of resistance development in *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton against different insecticides. *Insects*, v. 12, n. 11, p. 996, 2021. <https://doi.org/10.3390/insects12110996>

MANSOUR, S. A. A. *et al.* Effects of plant growth on the population of whitefly *Bemisia tabaci* under glasshouse conditions. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, v. 6, n. 4, p. 299-303, 2012.

MARTIN, J. H.; MOUND, L. A. An annotated checklist of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). *Zootaxa*, v. 1492, p. 1-84, 2007. DOI: 10.11646/zootaxa.1492.1.1

MENZER, N.; BELKACEM, M.; KHEDDAM, H.; SAHARAQUI, L. Comparative study of the reproductive activity of *Calliptamus barbarus* (Costa, 1839) and *Calliptamus wattenwylianus* (Pantel, 1836) in a subhumid bioclimatic region. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v.7, n.4, e73773. 2024. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n4-018>

MOUND, L. A. Biology and identity of whitefly vectors of plant pathogens. In: PLUMB, R. T.; THRESH, J. M. (Eds.). *Plant Virus Epidemiology. The Spread and Control of Insect-Borne Viruses*. Oxford: Blackwell, 1983. p. 305-313.

MOUND, L. A.; HALSY, S. *Bemisia tabaci* (Gennadius) *Whitefly of the World: A systematic catalog of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data*. London: British Museum of Natural History and John Wiley & Sons, Chichester, 1978. 340 p.

NIBOUCHE, S. Rapport de mission au Burkina Faso. 24 septembre-1er octobre 1998. Montpellier: CIRAD, 1998. 9 p.

OUMATA, S. et al. La situation des cultures maraîchères en Algérie. *Recherche Agronomique*, v. 12, n. 22, p. 48-58, 2008.

PEREZ, J. C. R.; DOS REIS, T. A.; RIZZUTTO, M. de. A. Identifying and detecting Entomopathogenic fungi using Surface-enhanced Raman spectroscopy *Brazilian Journal of Animal*

and Environmental Research, v. 4, n.4, p. 4833–4851. 2021. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-002>

SAHALI, N.; DOUAR, B.; SELMANI, A. Analyse de l'évolution récente des cultures maraichères en Algérie. *Cahiers Economiques*, v. 12, n. 2, p. 487-496, 2021.

SAHARAOUI, L. *Les coccinelles algériennes (Coleoptera, Coccinellidae): analyse faunistique et structure des communautés*. Dissertation PhD, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, France, 184 p., 2017.

SANI, I. ISMAIL, S.I.; ABDULLAH, S.; JALINAS, J.; JAMIAN, S.; SAAD, N. A review of the biology and control of whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), with special reference to biological control using entomopathogenic fungi. *Insects*, v. 11, n. 9, p. 619, 2020. doi: 10.3390/insects11090619.

TORRADO-LÉON, E.; MONTOYA-LERMA, J.; VALENCIA-PIZO, E. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) under laboratory conditions. *Mycopathologia*, v. 162, p. 411-419, 2006. <https://DOI:10.1007/s11046-006-0077-y>

VAN LENTEREN, J. C.; NOLDUS, L. P. J. J. Whitefly-plant relationships: behavioral and ecological aspects. In: GERLING, D. (Ed.). *Whitefly: Their Bionomics, Pest Status and Management*. Andover: Intercept, 1990. p. 47-89.

WANG, F. ; LIU, J.; CHEN, P.; *et al.* *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) insecticide resistance in Shandong Province, China. *Journal of Economic Entomology*, v. 113, n. 2, p. 911–917, 2020. <https://doi.org/10.1093/jee/toz315>