

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB, BLIDA 1



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES ET AGROECOLOGIE

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

En Sciences Agronomiques

Option : Phytopharmacie et Protection des végétaux

Thème

**Suivi comparé du complexe des aleurodes et leurs ennemis naturels
dans quelques vergers d'oranger de la région de Blida.**

Présenté par :

KARA Bayoub & MESSOUS Abdelnasser

et Soutenu devant le jury :

Mme SABRI K.	M.A.A.	U. Blida 1	Présidente
Mme KHEDDAR R.	M.C.B.	U. Blida 1	Examinatrice
Mme ALLAL BENFEKIH L.	Pr.	U. Blida 1	Promotrice

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

A la fin de la réalisation de cette étude, nous remercions **ALLAH** tout puissant qui nous a donné la force et la volonté pour continuer toutes ces années d'études.

Nous remercions notre promotrice « **Mme ALLAL BENFEKIH L** » pour l'assistance qu'elle nous a témoignée tout au long de ce travail.

Nous exprimons aussi nos remerciements à Madame **SABRI K.**, Maitre Assistante A au Département de Biotechnologies et Agroécologie de l'Université de Blida 1 qui nous a fait l'honneur de présider ce jury et à Madame **KHEDDAR R.**, Maitre de Conférences B au Département de Biotechnologies et Agroécologie de l'Université de Blida 1 pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier vivement tous les enseignants du Département des Biotechnologies et Agroécologie, Toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail dans les meilleures conditions et toutes les personnes qui nous ont aidés.

KARA Bayoub

MESSOUS Abdelnasser

Dédicaces

Je dédie ce modeste mémoire, à deux personnes qui m'ont supporté tout au long de ma vie, deux personnes qui m'ont soutenu dans tout ce que j'ai fait, Je prie Dieu de les préserver pour moi, ma mère et mon père.

À Mon frère et Mes belles sœurs

À Toute ma famille, mes chères amis (es) et mes professeurs

Et Mes collègues.

Je vous remercie.

KARA Bayoub

Dédicaces :

Je dédie ce projet :

A ma très chère mère

Quoi que je fasse ou je dise je ne saurai te remercier comme il se doit.

Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

A mon cher grand frère Mousslim pour ses conseils je te souhaite pleins de succès dans ta vie

A mon adorable sœur Dr Nour Elhouda je te souhaite plein d'réussite dans ta vie

A mon petit frère le grand joueur Mohamed Khalil

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'étude , mes aimable amis, collègues d'étude Abdelfettah, Abdelrahaman , Housseem, Abdelrahman, Ayoub , Abdellatif, Zaki, Samir , Ibrahim , Mounir .Aymen.

A mon binôme pour son entente et sympathie

Et À tous ceux ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible ,je vous dis merci

Nasser

Liste des abréviations :

HE : huile essentielle

FAO : Organisation de la nation unie pour l'alimentation

D. citri : *Dialeurodes citri*

PR : population résiduelle

MC : mortalité corrigée

D : dose

Cm: centimètre

C° : degré Celsius

G : gramme

T : témoin

% : pourcentage

Liste des figures :

Figure I-1. Origine géographique et diffusion des agrumes dans le monde	4
Figure I-2. Production d'agrumes en Algérie	5
Figure I-3. Pourcentage de production des agrumes dans l'algérie selon la varétés	5
Figure II-1. <i>Dialeurodes citri</i> sur agrumes. En haut : Quatrième stade nymphal (à gauche), stade nymphal (au milieu) et disposition des œufs (à droite).....	12
Figure II-2. Œufs et adulte de l'aleurode des agrumes <i>Dialeurodes citri</i> (Ashmed).	12
Figure II-3. Nymphes de l'aleurode des agrumes <i>Dialeurodes citri</i> (Ashmead).	13
Figure II-4. Adultes de l'aleurode des agrumes <i>Dialeurodes citri</i> (Ashmead).	13
Figure II-5 Feuilles d'agrumes avec moisissure sur le miellat excrété par L'aleurode des agrumes, <i>Dialeurodes citri</i> (Ashmead).	15
Figure II-6 Parasite de l'aleurode des agrumes, <i>Encarsia lahorensis</i> Howard, oviposition dans un aleurode des agrumes immature.....	18
Figure II-7. Larve de chrysope (<i>Chrysoperla</i> sp.) se nourrissant de larves d'aleurodes.	19
Figure II-8 Prédateur coccinélien adulte des nymphes de l'aleurode, <i>Delphastus catalinae</i>	19
Figure III-1. Photo du verger de chiffa (original)	22
Figure III-2. Photo du verger de Beni Mered (originale).....	23
Figure III-3. Photo du verger de Tabâinete (original).....	24
Figure III-4. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen relatif à la région de Blida de la campagne 2021-2022.	29
Figure III-5. Etage bioclimatique de la région de Blida selon le Climagramme d'Emberger pour une période de 10 ans (2010-2020).....	30
Figure III-6. Plaque engluée sur arbre (original).....	31
Figure III-7. Sachets en papier contient des feuille (original)	31
Figure III-8. Matériel utilisé au laboratoire (Originale).....	32
FigureIII-9. Loupe binoculaire (Originale).....	32
Figure III-10. Les doses préparées à base de l'huile essentielle de <i>Origanum compactum</i> (Originale)	

.....	33
Figure III-11. Dispositif expérimental du test de toxicité sur <i>Dialeurodes citri</i> (Originale).....	34
Figure IV-1. Evolution des stades larvaires et des pupes sur le feuillage de l'oranger dans le verger de Tabainet.....	37
Figure IV-2. Evolution des stades larvaires et des pupes sur le feuillage de l'oranger dans le verger de Halouiya.	38
Figure IV-3. Evolution des stades larvaires et des pupes sur le feuillage de l'oranger dans le verger de Chiffa.....	39
Figure IV-4. Evolution des stades larvaires et des pupes sur le feuillage de Clémentinier dans le verger à Béni Mered.....	39
IV-5. Variation spatiale des abondances de <i>D.Citri</i> entre les vergers et entre les plantes hôtes.	43
IV-6. Variation des abondances temporelles globales de <i>D. citri</i> dans les différents Vergers d'étude et en fonction de la surface foliaire.	44
IV-7. Variation temporelle des captures des aleurodes et de leurs ennemis naturels dans les vergers d'oranger étudiés.....	47
IV-8. Evolution de la mortalité de <i>Dialeurodes citri</i> traités en fonction des doses et du temps par l'huile essentielle d' <i>origanum compactum</i> s.....	50
IV-9. Evolution de la mortalité de <i>Dialeurodes citri</i> en fonction de l'interaction doses*temps	50
IV-10. Aspect des feuilles après traitement avec les solutions d'huile essentielle	51
Figure IV-11. Evolution de la mortalité de <i>Dialeurodes citri</i> en fonction des doses par l'insecticide Acetamipride comparativement aux témoins.....	52
Figure IV-12. Groupes homogènes comparés des mortalités corrigées sous l'effet dose	54
Figure IV-13. Pourcentages des populations résiduelles de <i>Dialeurodes citri</i> traités avec l'HE et le produit chimique en fonction des doses et du temps	54
Figure IV-14. Pourcentages des population résiduelles de <i>Dialeurodes citri</i> traités avec l'HE et le produit chimique en fonction des interactions doses*temps.....	55
Figure IV-15. Courbe de régression des probits des mortalités corrigées en fonction des doses	58

Liste des tableaux

Tableau III-1. Températures moyennes mensuelles de la région de Blida périodes	25
Tableau III-2. Températures moyennes mensuelles de Juillet 2021 à juin 2022 à Blida.	25
Tableau III-3. Moyennes de la pluviométrie mensuelle de la région de Blida période	26
Tableau III-4. Pluviométrie mensuelle de la région de Blida pour la période de juillet 2021 à juin 2022.....	27
Tableau III-5. Pluviométrie mensuelle moyenne à Blida	27
Tableau III-6. Moyenne de vitesse du vent à Blida 2021-2022	28
Tableau IV-1: Synthèse globale du suivi des populations de <i>D. citri</i> pendant la période d'étude ...	41
Tableau IV-2: Résultats de l'analyse de variance (XLstat) des taux de mortalité par rapport aux temps et aux doses.....	53
Tableau IV-3. Synthèse des moyennes estimées des mortalités corrigées de <i>D. citri</i> en fonction des doses d'huile essentielle.....	53
Tableau IV-4. Moyennes estimées des populations résiduelles pour le facteur temps.....	55
Tableau IV-5. Résultats de l'analyse de variance (GLM) des populations résiduelles par rapport aux temps et aux doses.....	55
Tableau IV-6. Synthèse des moyennes estimées des mortalités corrigées sous l'effet des doses	56
Tableau IV-7. Synthèse des moyennes estimées des mortalités corrigées sous l'effet du temps	57
Tableau IV-8. Doses létales 50 (DL50) de l'effet de l'huile essentielle d' <i>O. compactum</i> sur.....	57

Résumé:

L'objectif du présent travail consiste à l'étude des populations des aleurodes inféodés aux agrumes, ainsi que leur complexe aleurodiphage dans des vergers de différente régie culturale et phytosanitaire, situés au niveau de la région agrumicole de Blida. Parallèlement, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'effet insecticide d'une huile essentielle commerciale formulée d'*Origanum compactum* sur les populations larvaires de l'aleurode des citrus, en vue d'une approche alternative de l'application chimique intensive des traitements dans les vergers. Le suivi comparatif de l'évolution des abondances des différents stades biologiques de *D.citri* et de leurs ennemis naturels a été effectué sur une période de 5 mois de février à juin, dans trois vergers d'oranger (Chiffa, Tabainat et Halouiya) et un verger de clémentinier (Béni Mered). L'évolution des abondances populationnelles est enregistrée à travers un échantillonnage du feuillage et des captures à l'aide de plaques jaunes engluées. Le traitement à base d'huile essentielle (HE) d' *O. compactum* a été comparé à un traitement chimique à base d'Acétamipride par la méthode de contact direct, différentes doses dont 5 d'huile essentielle et 3 doses d'Acétamipride ont été testées . Les résultats révèlent une abondance élevée des populations larvaires dans le verger de Chiffa, suivi de celui de Halouiya contrairement aux vergers de Tabainat et Béni Mered à densité faible. Des pics larvaires ont été observés en mai et juin avec une prédominance des larves N3. Le verger de Halouiya se caractérise par une omniprésence du prédateur aleurodiphage *C.arquatus* alors que celui de Chiffa montre une dominance du parasitoïde *C.noacki*. La dose de 2% d'huile d'*O.compactum* a engendré des mortalités larvaires élevées et par conséquent une toxicité sur les populations larvaires à 48h après application des solutions en HE, en comparaison avec les doses 0.3ml, 0.15 ml et 0.075ml de l'acétamipride.

Mots clés : mouches blanches, infestation, huile essentielle, *Origanum compactum*, aleurodiphages.

Suivi comparé du complexe des aleurodes et leurs ennemis naturels dans quelques vergers d'oranger de la région de Blida.

الملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة تجمعات الذباب الأبيض للحمضيات والعدو الطبيعي لها، في بساتين ذات تحكم زراعي وصحة نباتية مختلفة، الواقعة في منطقة الحمضيات في البلدة. في الوقت نفسه ، كنا مهتمين بدراسة تأثير المبيد للحشري للزيت العطري التجاري المصنوع لنبته الزعتر على مجموعات اليرقات من ذبابة الحمضيات البيضاء، وأعدائها الطبيعيين على مدى 5 أشهر من فبراير إلى يونيو بهدف اتباع نهج بديل للتطبيق الكيميائي المكثف لعلاجات البساتين. تم إجراء الرصد المقارن لتطور لذبابة الحمضيات ووفرة المراحل البيولوجية المختلفة لها في ثلاثة بساتين برتقال (الشفا ، تبينات وحلوية) وبستان كليمنتين. (بني مراد). تم تسجيل تطور ووفرة هذه الأخيرة من خلال أخذ عينات أوراق الأشجار و باستخدام ألواح صفراء لزجة. تمت مقارنة المعالجة المعتمدة على الزيت العطري بمعالجة كيميائية Acétamiprid بطريقة التلامس المباشر. ، وتم اختبار الجرعات المختلفة بما في ذلك 3 جرعات من المبيد الكيميائي و 5 جرعات من من الزيت العطري.

كشفت النتائج عن وجود ووفرة كبيرة من اليرقات N3 في بستان شفا ، تليها حلوية على عكس بساتين تبينات وبني مراد ذات الكثافة المنخفضة. لوحظت قمم اليرقات في مايو ويونيو. يظهر بستان حلوية بوجود مفترس ذبابة الحمضيات *C. arcuatus*. بينما يظهر بستان شفا هيمنة الطفي *C. noiki* تسببت جرعة 2٪ من زيت الزعتر نفوق اليرقات بشكل كبير وبالتالي سمية على مجموعات اليرقات بعد 48 ساعة من تطبيق العلاج مقارنة بجرعات 0.3 مل و 0.15 مل و 0.075 مل من Acétamiprid

الكلمات المفتاحية: الذباب الأبيض ، الزيت العطري ، المبيدات الحشرية ، السمية ، الأعداء الطبيعيين

متابعة مقارنة لذبابة الحمضيات وأعدائها الطبيعيين في عدد من بساتين الحمضيات في منطقة البلدة

Abstract:

The aim of this work is to study the citrus whitefly populations, as well as the aleurodiphage complex in orchards with different agricultural and phytosanitary control, located in the citrus region of Blida. At the same time, we were interested in studying the insecticidal effect of commercial essential oil made from *Origanum Compactum* on larval populations of citrus whitefly, with the aim of an alternative approach to intensive chemical application of treatments in orchards. Comparative monitoring of the evolution and abundance of different biological stages of *D. citri* and its natural enemies was carried out over a period of 5 months from February to June, in three orange orchards (Shifa, Tabinat and Hilo) and Clementine. Orchard (Bani Murad). Population abundance evolution is recorded by sampling the foliage and capturing it with sticky yellow plates. The essential oil (EO)-based treatment of *O. Compactum* was compared to a chemical treatment based on Acetamiprid by direct contact method, and different doses were tested including 5 of essential oil and 3 doses of Acetamiprid. The results revealed the presence of a large abundance of larvae in Shafa orchard, followed by larvae in Helweyeh in contrast to Tbibat and Bani Murad orchards with low density. Larval peaks are observed in May and June with a predominance of N3. The sweet orchard is characterized by the presence of the aerodynamic predator *C. arcuatus* while the orchard shows the dominance of the parasite *C. noacki*. A 2% dose of *O. compactum* oil caused significant larval mortality and therefore toxicity to larval populations 48 hours after application of HE solutions, compared to doses of 0.3 mL, 0.15 mL, and 0.075 mL acetamiprid.

Key words: whiteflies, infestation, essential oil, insecticides, , toxicity, aleurodiphages.

Comparative follow-up of the complexes of the aleurodes and their natural enemies in few orchards of orange in the region of Blida.

SOMMAIRE

Introduction.....	1
Chapitre I. Généralités sur les Agrumes.....	4
I.1. Historique et répartition des agrumes dans le monde	4
I.2. Valeur économique des agrumes en Algérie	4
I.3. Systématique	6
I.4. Exigences agro climatiques.....	6
a . Exigences climatiques :.....	6
b . Exigences pédologiques :.....	6
I.5. Principales maladies et ravageurs des agrumes	7
Chapitre II. Aperçu général sur les aleurodes.....	9
II.1. Généralités	9
II.2. Classification et description morphologique	9
II.3. L'espèce <i>Dialeurodes citri</i>	10
a. Classification.....	11
b. Description morphologique	11
II.4. Caractéristiques biologiques de <i>D. citri</i>	14
II.5. Cycle de développement.....	14
II.6. Dégâts causés par <i>D. citri</i>	14
II.7. Lutte contre les aleurodes	15
a. Lutte physique.....	15
b. Lutte chimique.....	16
c. Lutte biologique.....	16
II.8. Approches de la lutte biologique	16
II.9. Ennemis naturels de <i>D. citri</i>	18

Chapitre III. Matériel et méthodes.....	21
III.1. Rappel sur les objectifs de l'étude.....	21
III.2. Présentation des sites d'étude.....	21
III.3. Présentation des vergers d'étude.....	21
a Verger de Chiffa.....	21
b Verger de Beni mered.....	22
c Verger de Tabainat.....	23
d Verger de Halouiya.....	24
III.4. Caractéristiques naturelles.....	24
III.4.1. Etude climatique.....	24
III.4.2. Température.....	25
III.4.3. Pluviométrie.....	26
III.5. Synthèse climatique.....	28
III.5.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).....	28
III.5.2. Étage bioclimatique (Climagramme d'Emberger).....	29
III.6. Méthodologie d'étude sur terrain.....	30
III.6.1. Plan d'échantillonnage et piégeage.....	30
III.6.2. Méthodologie d'étude au laboratoire.....	31
a. Identification des insectes.....	31
b. Matériel utilisé.....	31
III.7. Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle d' <i>Origanum compactum</i> et de l'insecticide Acétamipride.....	32
III.8. Préparation des dilutions de l'huile essentielle d' <i>Origanum compactum</i>	32
III.9. Préparation des dilutions de l'insecticide Acétamipride	33
III.10. Effet larvicide des traitements (H.E et Acetamipride) sur <i>Dialeurodes citri</i> in vitro.....	33
III.11. Evaluation de l'activité insecticide.....	34
III.11.1. Détermination des taux de mortalité.....	34

III.11.2. Détermination de la DL50.....	34
III.11.3. Analyse statistique des résultats.....	35
Chapitre IV. Résultats et Discussion.....	37
IV.1. Suivi des populations de <i>Dialeurodes citri</i> sur le feuillage dans les vergers d'étude.....	37
IV.1.1. Variation des populations larvaires et des pupes.....	37
a. Verger de Tabainat.....	37
b. Verger de Halouiya.....	37
c. Verger de Chiffa.....	38
d. Verger de clémentinier à Béni Mered.....	39
IV.2. Variation des abondances totales de <i>D. citri</i> sur le feuillage de l'oranger et du clémentinier.....	42
IV.2.1. Variation spatiale des abondances larvaires globales.....	43
IV.3. Analyse des captures des aleurodes et de leurs ennemis naturels dans les vergers d'étude.....	45
IV.4. Evaluation de l'activité insecticide.....	49
IV.4.1. Effet biocide in vitro de l'huile essentielle d' <i>Origanum compactum</i> sur <i>D. citri</i>	49
IV.4.2. Aspect des feuilles après le traitement.....	51
IV.4.3. Effet insecticide du produit Acétamipride sur <i>D. citri</i>	52
IV.5. Analyse de la variance pour le test d'efficacité de l'huile essentielle d' <i>Origanum compactum</i> et de l'Acétamipride sur <i>D.citri</i>	52
IV.5.1. Evolution de la population résiduelle de <i>D. citri</i> traités par <i>Origanum compactum</i> en fonction de l'interaction doses*temps	54
IV.6. Analyse de la variance pour le test d'efficacité de l'huile essentielle d' <i>Origanum compactum</i> et asitamipride sur <i>Dialeurodes citri</i>	56
IV.7. Résultats du calcul des doses létales (DL50).....	57
Conclusion générale.....	60

Références bibliographiques.....61

INTRODUCTION

Introduction

Les agrumes sont la culture d'arbres fruitiers la plus produite au monde. Il existe deux marchés clairement différenciés : le marché des fruits frais et celui du jus transformé. L'orange douce est l'espèce prédominante sur ces deux marchés. **(Patrick et Navarro 2012).**

Bien que les mystères de son histoire et de son origine restent irrésolus, la culture mondiale et la production très demandée d'agrumes (genre *Citrus* de la famille des Rutacées) la placent en tête des cultures fruitières. La croissance de l'industrie des agrumes, y compris le développement rapide de la technologie de transformation du jus d'orange concentré congelé après la Seconde Guerre mondiale, s'est fortement développée avec le commerce international et la consommation d'agrumes et de leurs produits au cours des dernières décennies. Caractérisés par l'arôme distinct et le goût délicieux, les agrumes ont été reconnus comme un aliment important et intégrés dans notre alimentation quotidienne **(YuQiu Liu et al, 2012).**

Plusieurs études épidémiologiques ont démontré que la consommation des agrumes serait reliée à la prévention de certaines maladies cancéreuses du tube digestif et des maladies cardiovasculaires due à l'effet de plusieurs composants tels que la vitamine C, les caroténoïdes, les flavonoïdes et les limonoïdes **(Dhuique-Mayer, 2007).**

La Méditerranée s'est spécialisée dans le commerce mondial des agrumes frais. D'une part, la climatologie particulière de cette vaste région, aux hivers frais, permet de produire des oranges et petits agrumes d'une coloration typique et d'une saveur appréciée grâce à un bon équilibre entre sucre et acidité. D'autre part, cette zone est aussi exempte de certaines maladies de quarantaine qui sévissent dans d'autres régions du monde **(Camille et al, 2013).**

Dans les écosystèmes naturels, les aleurodes sont habituellement maintenus sous contrôle par les parasitoïdes et les prédateurs, tandis que dans les cultures, l'équilibre naturel est souvent rompu par l'utilisation abusive de produits chimiques, ce qui mène à des populations uniformes d'aleurodes **(Hodges et Evans 2005).** De nombreuses méthodes respectueuses de l'environnement peuvent être utilisées contre les aleurodes. En effet, ces dernières années, *D. citri* a commencé à augmenter sérieusement dans plusieurs endroits très probablement en raison de l'utilisation abusive de pesticides **(Dahri 2017; Dahri et Boulahia-Kheder 2017).**

L'aleurode inféodé aux agrumes en Algérie est *Dialeurodes citri* ASHMEAD, d'origine asiatique. Il est largement répandu dans le monde et s'attaque à toutes les variétés de Citrus avec une préférence marquée pour les orangers (*Citrus sinensis*) et les limes douces (*Citrus limetta*) (**Butani, 1973**). *D. citri* est en pleine expansion en Algérie et pose désormais un problème grave aux plantations d'agrumes dans ce pays. De plus, l'Algérie est le seul pays d'Afrique du nord où cet insecte occasionne des dommages notables (**Onillon, 1977**), peut-être par le vieillissement de certaines plantations traduit par l'augmentation du volume de la frondaison, augmentation susceptible de créer des microclimats favorables au développement de ce ravageur. Cet état de fait

Freine la pénétration des pesticides et se traduit par la recrudescence des populations de *D. citri*.

De nombreux auteurs, tels que **Marchal (1916)** en France, se sont penchés sur l'écologie de cet aleurode, alors qu'en Algérie la biologie de cette espèce demeurait encore inconnue. Vu le problème important que cause donc actuellement, et d'une façon croissante, *D. citri* dans ce pays, nous avons jugé utile d'apporter notre contribution dans un premier temps à l'établissement des caractéristiques biologiques et écologiques de cet insecte, pour pouvoir déterminer le cycle et la dynamique de ses populations.

L'aleurode des agrumes *Dialeurodes citri* est considéré comme l'un des ravageurs les plus importants qui causent de grands dégâts et qui est en pleine expansion en Algérie. Face aux attaques de différents ravageurs, l'utilisation des traitements phytosanitaires est devenue très fréquente, affectant ainsi le cortège auxiliaire et pouvant même entraîner la disparition de certaines espèces utiles. En tant que la région de Mitidja est une zone agrumiculture, le but de notre étude est de suivre le complexe des aleurodes et de leurs ennemis naturels dans des vergers d'orangers de cette région.

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR LES AGRUMES

Chapitre I .Généralités sur les Agrumes

I.1. Historique et répartition des agrumes dans le monde

Les agrumes pourraient être originaires des régions subtropicales et tropicales d'Asie, ou de certaines parties de l'Asie du Sud-Est, dont la Chine, ou encore de l'Inde et l'archipel malaise (figure I.1.), (YuQiu et al , 2012). Leur culture a probablement commencé en Chine selon **Peña et al., 2007**). Avec le rayonnement des civilisations chinoises au cours du premier millénaire avant notre ère, la culture des agrumes commence à se propager dans les pays avoisinants : sud du Japon et Archipel de Malaisie et à travers le monde.

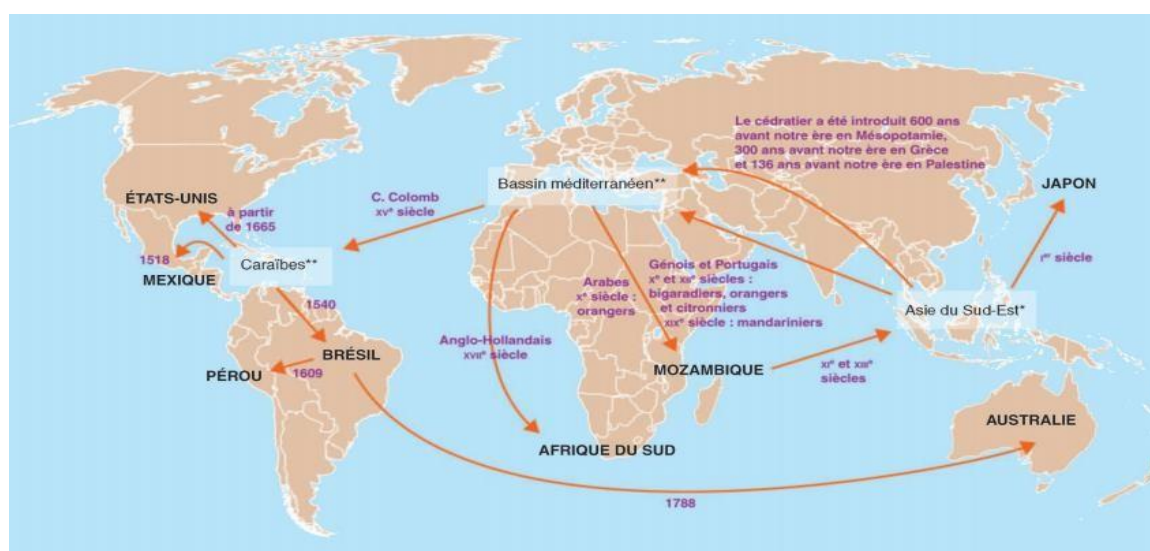


Figure I-1 Origine géographique et diffusion des agrumes dans le monde (**Camille et al, 2013**)

I.2. Valeur économique des agrumes en Algérie

Durant les années soixante, l'Algérie exportait en moyenne 25% de sa production. Durant la période 1970/80, ce fût une réorientation de la production agrumicole vers l'exportation. De la fin des années 80 jusqu'en 1999, l'agrumiculture algérienne a connu une régression due à différents facteurs dont une érosion du savoir- faire qui a conduit à un délaissement des vergers.

Au Début du 21^e siècle, la culture d'agrumes a bénéficié d'une relance grâce à des mesures incitatives aussi bien financières, socioéconomiques, technico- scientifique qu'organisationnelles (**Mendil, 2016**).

Le verger agrumicole algérien se localise essentiellement dans les plaines irrigables en raison de son exigence en eau et en qualité de. Il s'étend sur une superficie de 64154 ha dont 50873 ha en rapport

(Madr, 2011). La FAO en 2020, montre une variabilité de la production totale annuelle en agrumes durant la décade 2009-2019 qui a notamment augmenté à partir de l'année 2015 atteignant un rendement de 1500000 tonnes en 2019, (Figure I.2).

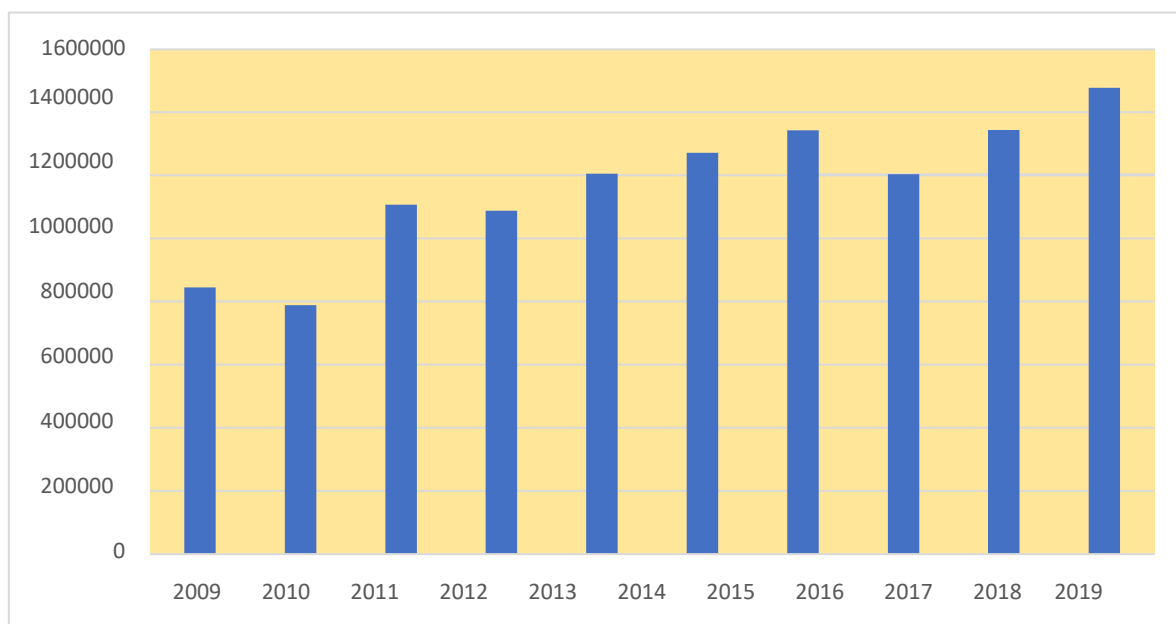


Figure I-2 Production d'agrumes en Algérie (FAO, 2020)

La production des agrumes en 2020 est répartie en 50837 Tonnes d'oranges avec un pourcentage de 72% des variétés Navel, Maltaise, Sanguine, Valencia Late..., 15556T de petits fruits des variétés Satsumas. Clémentines. Mandarines, Wilking avec un pourcentage de 22%, 4516 T de limons (Citrons Limes) et 93T de pamplemousses (Figure I.3).

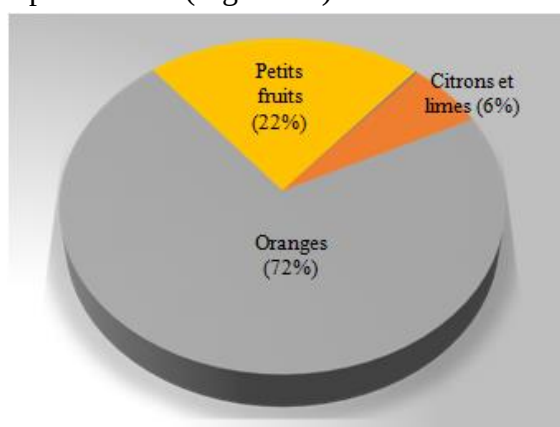


Figure I 3 Pourcentage de production des agrumes dans l'Algérie selon les espèces (FAO, 2020).

I.3. Systématique

Il est admis que les agrumes se répartissent en trois genres botaniques, sexuellement compatibles entre eux : *Poncirus*, *Fortunella* et *Citrus* et appartenant à la tribu des Citreae. Les *Poncirus* ne produisent pas de fruits comestibles, mais sont utilisés comme porte-greffes car ils confèrent certaines résistances ou tolérances intéressantes. Les *Fortunella* produisent des petits fruits qui se dégustent avec la peau : les kumquats. Enfin, le genre *Citrus* regroupe toutes les autres espèces d'agrumes, (Camille et al, 2013) et comprend selon les taxonomistes, entre 16 (Swingle et Reece, 1967) et 156 espèces (Tanaka, 1961).

D'après Swingle (1967), la position taxonomique des agrumes est la suivante :

Classe : Dicotyledoneae

Sous classe : Archichlonideae

Ordre : Geraniales

Famille : Rutaceae

Sous famille : Aurantioideae,

Tribu : Citreae

Sous tribu : Citrinae

I.4. Exigences agro climatiques

II.1.1. Exigences climatiques :

Elles sont présentées d'après Loussert (1989) comme suit.

a) La température : Les agrumes sont considérés comme des arbres des climats chauds. Néanmoins, les températures minimales et maximales constituent un facteur limitant. Le zéro végétatif des agrumes est de 8°C. La température optimale de croissance serait de 25 à 26°C ; au-delà, l'activité décroît pour s'arrêter aux environs de 38 à 40°C.

b) La pluviométrie : Les agrumes sont des arbres à feuilles persistantes à fort besoins en eau qui varient entre 900 et 1200 mm par an. Ces besoins sont plus marqués notamment durant le stade grossissement coïncidant avec la période estivale.

c) L'humidité de l'air : Si l'humidité de l'air est insuffisante, la transpiration du végétal est élevée et ses besoins en eau augmentent. Cette faible humidité de l'air peut être amplifiée par des vents chauds desséchants pouvant provoquer des brûlures sur le feuillage et les fruits.

II.1.2. Exigences pédologiques :

Les agrumes possèdent un système racinaire important et exigeant des sols profonds. La large gamme de porte-greffes disponibles permet, avec un choix judicieux, d'implanter les Agrumes dans des sols très variables en termes de pH, de texture et d'équilibre chimique.

Les sols dont le pH est compris entre 6 et 7 conviennent en général mieux. Sur le plan physique, il y a lieu de retenir les terrains répondant aux critères suivants :

- Sol meuble et aéré,
- Sol à texture dominante grossière : éviter les sols trop argileux ou battants (riches en éléments fins)
- Sol homogène et profond (1 m au minimum), à drainage externe et interne satisfaisant.

I.5. Principales maladies et ravageurs des agrumes

Il existe divers facteurs biotiques qui nuisent à la culture des agrumes, parmi lesquels les maladies jouent un rôle important et vital. On sait que plus de 100 maladies surviennent sur différentes espèces d'agrumes (**Klotz, 1973**) dont les principales sont l'Exocortis (*Citrus exocortis* Viroïd), la Psorose (*Citrus psorosis*), la Tristeza, la Cachexie, le Chancre bactérien des agrumes (*Xanthomonas campestris* PV. *Citri*), Pourriture sèche racinaire (*Fusarium* sp), le Mal secco, la Gommose à *Phytophthora*, d'après **Mendil (2016)**.

Les principaux ravageurs des agrumes selon le même auteur sont les pucerons et les Cochenille, la Cératite, les acariens et les nématodes.

Les pucerons sont responsables de l'enroulement des jeunes pousses puis la partie la plus tendre des feuilles prend une forme incurvée et la sécrétion d'exsudat ou miellat sur lequel se développe la fumagine. Les cochenilles secrètent sur les fruits, le feuillage et les rameaux un abondant miellat qui provoque une apparition massive de fumagine. Les fruits attaqués par la mouche méditerranéenne des fruits présentent généralement une zone de décoloration. L'attaque se traduit par le mûrissement précoce puis la chute des fruits. Les dégâts des acariens se caractérisent par une déformation, décoloration, nécroses et chutes des bourgeons, des fruits et des feuilles. Quant aux nématodes, ils attaquent les racines et causent de graves dommages qui se traduisent par un jaunissement des feuilles.

CHAPITRE 2

APERÇU GENERAL SUR LES ALEURODES

Chapitre II . Aperçu général sur les aleurodes

II.1. Généralités

Les mouches blanches (Hemiptera : Aleyrodidae) sont des insectes nuisibles importants sur le plan économique (**Hodges et Evans, 2005**) qui causent des dommages de deux façons : par l'aspiration de la sève de la plante induisant l'affaiblissement des plantes et pour certaines espèces par la transmission de virus. Sous conditions favorables, les populations d'aleurodes peuvent développer des densités élevées en quelques semaines produisant une grande quantité de miellat (avec plus ou moins des sécrétions cireuses) et de fumagine qui finit par souiller la production et réduit sérieusement la valeur commerciale des agrumes, (**Mound et Halsey, 1978**). La fumagine est un complexe de champignons noirs qui encroûtent les feuilles et empêchent la photosynthèse. Ces dommages sont analogues à ceux provoqués par les pucerons et les thrips.

Les aleurodes sont parmi les pires ravageurs en plein air dans les zones tropicales et subtropicales, sur tomate, haricots, manioc, cotonnier, cucurbitacées, pomme de terre, patate douce, agrumes, plantes ornementales (**Alain, 2002**)

Dans la région méditerranéenne, différentes espèces de mouches blanches ont causé de graves dommages pendant les années 70-90 (**Onillon, 1975; Uygun et al. 1990; Dhouibi et Jerraya, 1991; Boulahia-Kheder, 1993**). Depuis les années 2000, les aleurodes n'étaient pas considérés comme économiquement importants parmi les ravageurs des agrumes (**Garcia-Mari et al, 2018**).

II.2. Classification et description morphologique

Les Aleyrodidés sont l'unique famille des Aleyrodoidea. C'est un groupe assez mal connu, proche des Psylloidea (psylles). Il se caractérise par des pièces buccales piqueuses suceuses chez les deux sexes, des antennes à 7 articles, deux paires d'ailes semblables recouvertes d'une poussière cireuse blanche qui recouvre également le corps, des pattes longues et grêles terminées par un tarse bi-articulé avec un empodium – dit paronychium – entre les deux griffes. À l'extrémité de l'abdomen, sur le dernier tergite, s'ouvre l'organe vasiforme, spécifique du groupe et bien visible (et servant à la détermination des espèces). Cet orifice, chez tous les stades, est muni d'un opercule sous lequel se projette la lingule ; l'anus y débouche, par où est excrété le miellat. (**Alain, 2002**).

Tous les aleurodes connus sont petits : 1 à 3 mm. Les adultes des deux sexes se nourrissent et sont ailés, tenant leurs ailes à plat (ou légèrement en toit) sur leur dos. La parthénogenèse est fréquente.

Comme chez tous les Hémiptères, le développement est du type hétérométabole (progressif) mais avec la présence d'un 4^e stade larvaire particulier, dit puparium.

L'œuf, ovale, de jaune à noir, possède un court pédicelle par où transitent les spermatozoïdes lors de la fécondation et qui sert à l'attacher lors de la ponte sur le végétal-hôte.

Les larves sont ovales et aplaties, de couleurs variées. Elles ont souvent des expansions cireuses. Au premier stade, elles possèdent antennes et pattes (larves « mobiles » ou « baladeuses ») qu'elles perdent lors de la première mue. Aux trois stades suivants, les individus sont sessiles. La larve de 4^e 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 T. **(Alain, 2002).**

II.3. L'espèce *Dialeurodes citri*

L'aleurode des agrumes *Dialeurodes citri* (Ashmead) (Homoptera : Aleyrodidae) est un ravageur destructeur des agrumes vergers en Chine. *D. citri* cause des dommages graves aux agrumes en suçant leur phloème la sève et, en fin de compte, la formation de moisissures qui altèrent les fruits production **(Argov et al. 1999)**. Trente familles différentes de cet insecte ont été signalées dans le monde entier **(Bellows, 2007)**.

Distribution. Europe et pays méditerranéens : Algérie, Corse, Egypte, France, Grèce, Italie, Liban, Malte, Maroc, Sardaigne, Sicile, Espagne, Tunisie, Turquie, Yougoslavie. Ailleurs dans la Région Paléarctique : Japon, Fédération des États indépendants. Région orientale : Chine, Hong Kong, Inde, Pakistan, Sri Lanka, Taïwan, Thaïlande. Région néotropicale : Argentine. Nearctic Region : USA (Floride). **(Quaintance et Baker, 1916).**

Plantes hôtes. *Dialeurodes citri* est connu pour se produire sur de nombreuses angiospermes familles de plantes **(Mound et Halsey, 1978)**, mais est presque toujours associé avec des agrumes dans la région méditerranéenne. Cette espèce est maintenant largement répandue dans les régions tempérées plus chaudes, où elle devient souvent un ravageur grave des cultures d'agrumes.

Différents insecticides chimiques ont été utilisés contre *D. citri*, où cet insecte est devenu résistant à beaucoup d'entre eux **(Yigit et al. 2003)**, compliquant ainsi le contrôle de cette espèce par voie chimique.

a. Classification

La taxonomie de *Dialeurodes citri* (Mifsud et al. 2010) est comme suit

Règne : Animalia Linnaeus, 1758

Sous-Règne : Eumetazoa Bütschli, 1910

Super-Classe : Hexapoda Blainville, 1816

Classe : Insecta Linnaeus, 1758

Ordre : Hemiptera Linnaeus, 1758

Sous-Ordre : Sternorrhyncha

Super-Famille : Aleyrodoidea

Famille : Aleyrodidae Westwood, 1840

Genre : *Dialeurodes* Cockerell, 1902

Espèce : *Dialeurodes citri* (Ashmead, 1885)

b. Description morphologique

La première étape d'un programme approprié pour contrôler les aleurodes est une identification du ravageur car chaque espèce a une biologie, une dynamique de population et un complexe d'ennemis naturels différents. Il est donc important de distinguer *D. citri* des 2 autres espèces présentes sur les agrumes : *A. floccosus* et *P. myricae*.

Ceci peut être réalisé sur la base de critères visibles sur le terrain, mais une identification précise nécessite des préparations microscopiques.

Pour une identification rapide sur le terrain, la différence la plus évidente entre les 3 espèces est la sécrétion cireuse dorsale du 4^e stade nymphal, qui est mince, transparente et amorphe pour *D. citri* (Ben Messaoud-Boukhalfa, 1987) (Figure II.1), blanc opaque, épais et laineux avec de longs filaments cireux visibles à l'œil nu pour *A. floccosus*, et translucide avec une cire marginale transparente extrêmement fine pour *P. myricae* (Gerling 1990; Kheder-Boulahia, 1993; Kheder-Boulahia et Jerraya, 1995). Une fois que le 4^e stade a terminé son développement, l'adulte émerge laissant une forme spécifique : « T » pour *D. citri*, *A. floccosus* (Figure II. 1) (Ben Messaoud-

Boukhalfa 1987; Onillon et Abbassi, 1973) et une ouverture irrégulière pour *P. myricae* (Uygun et al. 1990).

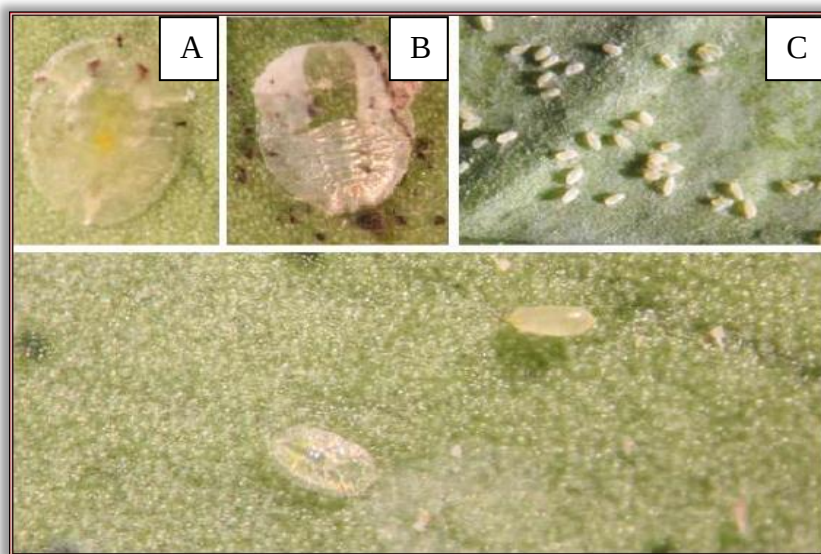


Figure II-1. *Dialeurodes citri* sur les agrumes. En haut : Quatrième stade nymphal (A), cas nymphal (B) et disposition des œufs (C) (grossissement 120) (Dhouibi et al, 2000).

- Les Œufs

L'aleurode des agrumes pond des œufs jaunes avec une surface presque lisse (figure II.2), les distinguant des œufs de l'aleurode flocconeux, qui sont jaunes lorsqu'ils sont fraîchement posés, mais virent bientôt tourner au noir avec une surface en crêtes. (Fasulo et Weems, 1999).

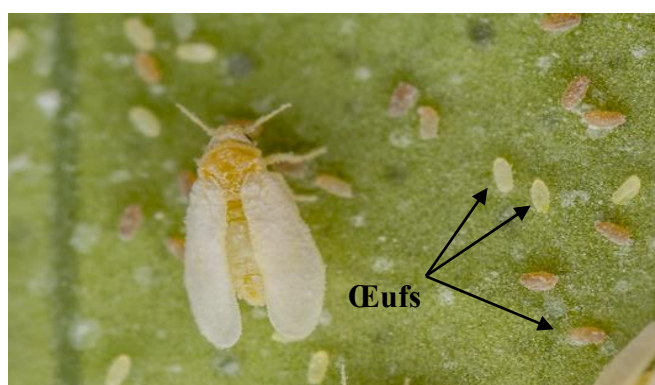


Figure II-2 Œufs et adulte de l'aleurode des agrumes, *Dialeurodes citri* (Ashmed).

- La nymphe

La nymphe est aplatie, elliptique, en forme d'échelle, étroitement fixée à la face inférieure d'une feuille. Elle devient fixe après la première mue. Les nymphes, après le premier stade, sont

aplaties, ovales (Figure II.3). Comme les cochenilles, les mouches blanches perdent leurs pattes et antennes après la première mue, mais les femelles les récupèrent au stade adulte. Les nymphes de l'aleurode des agrumes n'ont pas de frange visible, elles sont translucides, ovales et très minces, difficiles à distinguer sur la couleur verte de la feuille à travers le corps. Les pupes sont similaires, mais sont épaisses, un peu opaques, et les taches oculaires de l'adulte en développement peuvent être visibles, (Fasulo et Weems, 1999).



Figure II-3 Nympe de l'aleurode des agrumes, *Dialeurodes citri* (Ashmead).

(Anonyme, 2017)

- L'adulte

L'adulte (figure II.4) est un minuscule insecte d'un blanc farineux. Les adultes des deux sexes ont deux paires d'ailes couvertes d'une cire poudreuse donnant à ces insectes leur commun nom. Les ailes de l'aleurode des agrumes se replient en position plus plate que celles de l'aleurode flocconeux,. (Fasulo et Weems, 1999).



Figure II-4 Adultes de l'aleurode des agrumes, *Dialeurodes citri* (Ashmead). (Anonyme, 2017)

II.4. Caractéristiques biologiques de *D. citri*

L'aleurode des agrumes *D. citri* a été rapporté de divers lieux dans le monde comme une espèce multivoltine qui peut accomplir de nombreuses générations par an dont 2 à 3 générations en Algérie, 3 en Croatie, 2 à 6 en Californie (États-Unis) (**Ben Messaoud- Boukhalfa 1987; Argov et al, 2000; Zanic et al. 2001; Bellows et Meisenbacher 2007**). En Tunisie, il peut y avoir plus de 3 générations par an pour *D. citri*.

D. citri préfère l'intérieur de l'arbre habitat favorable pour l'oviposition et le développement (**Argov et al. 1999**). Cette espèce se caractérise par sa fécondité élevée avec une moyenne de 150 œufs/femelle et un taux de croissance élevé ($R_0 = 15$). En Algérie, la densité des œufs a atteint 3000 œufs/dm² au printemps sur la clémentine (**Ben Messaoud-Boukhalfa, 1987**). De plus, *D. citri* est un ravageur polyphage comme il attaque les agrumes et plus de 70 plantes.

II.5. Cycle de développement

Généralement, il peut y voir 2 à 4 générations par an. En conditions optimales, une génération peut être achevée en 7 à 8 semaines. Si les conditions ne sont pas favorables, cela peut prendre 6 à 7 mois. Une seule feuille peut être infestée par plusieurs centaines de larves issues de milliers d'œufs. L'hivernation a lieu sous forme de larve de 3^{ème} ou 4^{ème} stade, à la face inférieure des feuilles, moins fréquemment à l'état d'œuf.

Les premiers adultes apparaissent en avril-mai ; un second vol s'observe en août, qui est suivi, quelquefois, d'un 3^{ème} vers la fin de l'automne. L'œuf est pondu la plupart du temps à la face inférieure des feuilles jeunes. L'effectif des larves est maximal de mai à la 1^{ère} décade de juin, à la fin de juillet, en août, en septembre et en octobre ; elles vivent à la face inférieure des feuilles (**Anonyme, 2018**).

II.6. Dégâts causés par *D. citri*

L'aleurode blesse la plante en consommant de grandes quantités de sève, qu'il aspire avec ses pièces buccales. D'autres dégâts sont causés par la fumagine qui pousse sur les fruits et le feuillage (Figure II.5) sur la quantité abondante de miellat excrété par l'aleurode. Fortement infestés par ce champignon noir, les arbres deviennent faibles et produisent de petites récoltes de fruits

insipides. En outre, les fruits couverts de moisissure seront retardés dans la maturation, en particulier la partie supérieure, qui peut rester verte après que la partie inférieure a assumé la couleur du fruit mûr, (Fasulo et Weems, 1999).



Figure II-5. Feuilles d'agrumes avec fumagine sur le miellat excrété par l'aleurode des agrumes, *Dialeurodes citri* (Ashmead). (Anonyme 2017)

II.7. Lutte contre les aleurodes

Une fois que des aleurodes ont infesté une plante, il est difficile de les éliminer. Il faudra effectuer divers traitements au cours de plusieurs semaines ou même tailler les plantes.

a- Lutte physique

Utilisez un aspirateur. Cette méthode est simple et rapide et permet d'éliminer les aleurodes à toutes les étapes de leur vie, qu'ils soient à l'état de larves ou d'adultes pleinement développées.

Retirez les feuilles et les rameaux gravement malades. Utilisez un sécateur pour en couper autant que possible sans tuer la plante. Cueillir les feuilles infestées à la main.

Lavez les plantes avec une solution savonneuse. Cette méthode ne tue que les insectes adultes. Lavez la plante tous les trois ou quatre jours afin d'éliminer les nouveaux aleurodes à mesure qu'ils deviennent adultes pour mettre fin à l'infestation.

Utilisez une plaque jaune collante. La colle, le miel, l'huile de moteur ou la vaseline sont de bons choix. On pense que les aleurodes sont attirés par le jaune. Lorsqu'ils se posent sur le piège jaune, ils ne pourront pas se libérer de la substance collante. (Ragland, 2019).

b- Lutte chimique

Les aleurodes sont résistants à de nombreux insecticides chimiques. Aussi, les vaporisations de pesticides classiques n'agissent pas sur les larves et les œufs car ils sont protégés par leur pellicule imperméable.

Pour les éliminer, on peut recourir à l'usage d'un insecticide systémique en alternant les produits. Par exemple un à base de pyréthrinoïde et un autre à base de Buprofézine, ou de Thiaclopride, **(Ooreka, s. d).**

c- Lutte biologique

Au cours des dernières décennies, la sensibilisation accrue aux répercussions de l'utilisation des pesticides sur l'environnement et la santé humaine a donné lieu à des efforts visant à réduire la dépendance à l'égard des contrôles chimiques. De nombreux pays ont instauré une réglementation plus rigoureuse de la fabrication, de l'homologation et de l'utilisation des pesticides, ce qui a augmenté les coûts et réduit la disponibilité de ces outils. Dans de nombreux cas, les ravageurs eux-mêmes ont indiqué la nécessité d'un changement.

L'utilisation d'ennemis naturels pour réduire les impacts des ravageurs a une longue histoire. Les anciens Chinois, observant que les fourmis étaient des prédateurs efficaces de nombreux parasites des agrumes, augmentèrent leurs populations en retirant leurs nids des habitats environnants et en les plaçant dans leurs vergers. Les insectes d'aujourd'hui et la livraison de fret aérien d'ennemis naturels dans le monde sont simplement des adaptations modernes de ces idées originales, **(Douglas, 1996).**

II.8. Approches de la lutte biologique

Il existe trois approches générales de la lutte biologique : l'importation, l'augmentation et la conservation des ennemis naturels. Chacune de ces techniques peut être utilisée seule ou en combinaison dans un programme de lutte biologique.

- Importation des ennemis naturels

L'importation d'ennemis naturels, parfois appelée lutte biologique classique, est utilisée lorsqu'un ravageur d'origine exotique est la cible du programme de lutte biologique. Les ravageurs

sont constamment importés dans des pays où ils ne sont pas indigènes, soit accidentellement, ou dans certains cas, intentionnellement. Il n'est pas rare que certains de ces organismes introduits deviennent des ravageurs, en raison d'un manque d'ennemis naturels pour supprimer leurs populations. Dans ces cas, l'importation d'ennemis naturels peut être très efficace (**Caltagirone, 1981**).

Une fois que le pays d'origine du ravageur est déterminé, l'exploration dans la région indigène peut être menée à la recherche d'ennemis naturels prometteurs. Si de tels ennemis sont identifiés, il est possible d'évaluer leur impact potentiel sur l'organisme nuisible dans le pays d'origine ou de les importer dans le nouveau pays pour une étude plus approfondie. Ils doivent d'abord être mis en quarantaine pendant une ou plusieurs générations pour s'assurer qu'aucune espèce indésirable n'est importée accidentellement (maladies, hyperparasitoïdes, etc.). (**Douglas, 1996**)

- **Augmentation**

L'augmentation est la manipulation directe des ennemis naturels pour augmenter leur efficacité. Ceci peut être accompli par la production de masse et la colonisation périodique; ou l'amélioration génétique des ennemis naturels. La plus couramment utilisée de ces approches est la première, dans laquelle les ennemis naturels sont produits dans des insectes, puis relâchés soit inoculativement ou de façon excessive. L'augmentation est utilisée lorsque les populations d'un ennemi naturel ne sont pas présentes ou ne peuvent pas répondre assez rapidement à la population de ravageurs. Par conséquent, l'augmentation n'assure habituellement pas la suppression permanente des ravageurs, comme cela peut se produire avec les méthodes d'importation ou de conservation, (**Douglas, 1996**).

- **Conservation**

Il s'agit d'identifier le(s) facteur(s) qui peut limiter l'efficacité d'un ennemi naturel particulier et de les modifier pour augmenter l'efficacité des espèces bénéfiques. En général, la conservation des ennemis naturels implique soit de réduire les facteurs qui interfèrent avec les ennemis naturels, soit de fournir les ressources dont les ennemis naturels ont besoin dans leur environnement.

De nombreux facteurs peuvent nuire à l'efficacité d'un ennemi naturel. Les applications de pesticides peuvent tuer directement les ennemis naturels ou avoir des effets indirects en réduisant le nombre ou la disponibilité des hôtes. Diverses pratiques culturales, comme le travail du sol ou la combustion de débris de culture, peuvent tuer des ennemis naturels ou rendre l'habitat de la culture inapproprié. Dans les vergers, le travail répété du sol peut créer des dépôts de poussière sur les

feuilles, tuant les petits prédateurs et parasites et provoquant une augmentation de certains insectes et acariens nuisibles.

Les effets sur les plantes hôtes, comme les défenses chimiques qui sont nocives pour les ennemis naturels, mais auxquelles le ravageur est adapté, peuvent réduire l'efficacité de la lutte biologique. Certains ravageurs sont en mesure de séquestrer les composants toxiques de leur plante hôte et de les utiliser comme défense contre leurs propres ennemis. Dans d'autres cas, les caractéristiques physiques de la plante hôte, comme la pubescence des feuilles, peuvent réduire la capacité de l'ennemi naturel de trouver et d'attaquer des hôtes.

II.9. Ennemis naturels de *D. citri*

Les premières observations ont montré que dans certains vergers, *D. citri* était associé à certains prédateurs qui seraient prometteurs. Des larves de Chrysopidae (Figure II.7) et de Coccinellidae *Clitostethus arcuatus*, ont été observées avant la datation du 4^e stade et des œufs de *D. citri* (**Dahri, 2017**). L'espèce *C. arcuatus* a été signalée comme étant très efficace dans des conditions climatiques particulières (**Liotta 1978 ; Ben Messaoud-Boukhalfa 1987**). D'autres prédateurs, comme les thrips *Aeolothrips faciapennis*, les acariens, plusieurs coccinelles et araignées, ont été associés à *D. citri* (**Mound et Halsey, 1978; Ulusoy et al., 1996; Bellows et Meisenbacher, 2007**). **Mound et Halsey (1978)** et **Bellows et Meisenbacher (2007)** ont signalé 7 espèces d'Aphelinidae, principalement du genre *Prospaltella* ainsi que *Encarsia lahorensis* (Figure II.6). En plus des insectes entomophages, les maladies et en particulier les champignons *Aschersonia* sp. ont été d'importants organismes de réglementation générale contre *D. citri* (**Bellows et Meisenbacher, 2007**).



Figure II-6. Parasite de l'aleurode des agrumes, *Encarsia lahorensis* Howard, oviposition dans un aleurode des agrumes immature. (**Anonyme, 2017**)



Figure II-7 Larve de chrysope (*Chrysoperla* sp.) se nourrissant de larves d'aleurodes. (Anonyme, 2017)



Figure II-8 Prédateur coccinellidae adulte des nymphes de l'aleurode, *Delphastus catalinae*. (Anonyme, 2017)

CHAPITRE 3

MATERIEL ET METHODES

Chapitre III. Matériel et méthodes

Dans ce chapitre nous allons présenter le matériel utilisé sur le terrain et au laboratoire pour effectuer et réaliser notre étude. Les stations d'études, les méthodes d'échantillonnages utilisés sur le terrain, la méthodologie expérimental et au laboratoire ainsi que l'exploitation des résultats sont donnés.

III.1. Rappel sur les objectifs de l'étude

Le présent travail s'est focalisé sur l'étude des aleurodes de la région agrumicole de Blida. Principalement, l'évolution de leurs abondances a été appréhendée d'une manière comparative au niveau de quatre vergers dont les pratiques agricoles sont différentes. Parallèlement, une analyse des captures des principaux ennemis naturels des aleurodes les plus représentées a été réalisée. Nous nous sommes intéressés par ailleurs aux effets comparés de l'huile essentielle formulée d'une espèce d'Origan *Origanum compactum* et d'un insecticide chimique sur les larves de *Dialeurodes citri* au laboratoire.

III.2. Présentation des sites d'étude

Notre étude a été effectuée dans quatre exploitations agricoles privées de la wilaya de Blida situées dans les localités de Chiffa ; Beni Mered ; Halouia et Tabainat.

Les vergers sont choisis dans ces exploitations pour leur accessibilité, et leur signalement par les agriculteurs et les services de la protection des végétaux à Blida quant à leurs infestations par les aleurodes.

III.3. Présentation des vergers d'étude

Notre travail a été réalisé au niveau de trois vergers d'oranger de variété *Thomson Navel*, *Valencia late*, *Salustiana* situés respectivement à, Halouia, Tabainat et Chiffa et au niveau d'un verger de clémentine de la variété *Nules* qui est localisé à Béni Mered.

Le choix des variétés a été retenu en rapport avec la densité du feuillage et la largeur des canopées ainsi que leur disponibilité dans la plupart vergers d'agrumes à Blida.

a- Verger de chiffa :

Ce verger (Figure III.1) est situé au nord de la zone de Chiffa, aux coordonnées géographiques de 36°29'33.9"N 2°44'00.5"E et à une altitude 74 mètres (**Google Earth**,

2022). C'est une exploitation privée d'oranger variété « Salustiana », greffés sur le porte greffe « Cariso » et âgé de 7 ans. Il occupe une superficie de 2.3 ha comptant 2400 arbres entourée par des brise-vents (Casuarina). Il est caractérisé par un système de plantation intensive (2.5x5) et un système d'irrigation de type goutte à goutte.



Figure III 1 Photo de verger de Chiffa (**original**).

b- Verger de Beni Mered :

Ce verger âgé de 5 ans comprend une superficie avoisinant 4.57 ha, il est composé d'environ 3600 arbres. Il est localisé dans la région de Beni Mered, à 36°32'05.8"N 2°50'32.2"E, à une altitude de 108 mètres (**Google Earth**). Il est planté par des clémentiniers de la variété « Nules » greffés sur le porte greffe « Volkameriana » en système intensif (2.5x5), entouré par des brise vents.et avec un système d'irrigation goutte à goutte.



Figure III 2 Photo du verger de Beni Mered (**originale**)

c- Verger de Tabaïnat :

Ce verger (Figure III.3) âgé de 16 ans et d'une superficie avoisinant 3.34 ha, se localise dans la région de Tabaïnat, à 36°31'31.3"N 3°02'13.5"E et une altitude de 100 mètres (**Google Earth**). Il est planté par des orangers variété « Valencia late » greffés sur bigaradier, disposés en rangées et distants l'un de l'autre de 5 mètres, avec un système d'irrigation de type goutte à goutte. Il est entouré par des oliviers et des figuiers, délimité par une parcelle de pêche.

Le sol de ce verger est envahi par des mauvaises herbes en particulier l'avoine sauvage. Ce verger a connu une sécheresse il y a deux ans (2017-2018), il a donc été perturbé et exposé à certaines maladies.



Figure III 3. Photo du verger de Tabāinat (**original**).

d- Verger de Halouiya :

C'est un verger âgé de 10 ans, d'une superficie avoisinant 1 ha, et localisé dans la région de Halouiya, à 36°32'50.1"N 2°54'24.6"E et à une altitude de 93mètres (**Google Earth**). Il est planté par des oranges (Thomson navel) greffés sur Volkameriana en système intensif (2.5x5), avec un système d'irrigation goutte à goutte. Entourée par des prises-vent. Le verger est délimité par une pépinière des arbres fruitiers.

III.4. Caractéristiques naturelles

III.4.1. Etude climatique

La région de la Mitidja est caractérisée par un climat méditerranéen, avec une saison douce et humide, allant de novembre à avril, et une saison chaude et sèche qui s'étend de mai à octobre. Vu le rôle important que joue le climat dans la dynamique des populations des insectes, il est nécessaire de donner un aperçu sur les fluctuations climatiques, à savoir les

précipitations et les températures.

III.4.2. Température

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

Les données thermiques à savoir, les températures minimale (m), maximales (M) et moyennes mensuelle $[(m+M)/2]$ au cours des années 2011 à 2021 ainsi que celles concernant la période de notre expérimentation (Février 2022 jusqu'à juin 2022) sont données.

Les différentes valeurs enregistrées au cours de la période 1991-2021 (Tableau III.1) indiquent que les moyennes de températures les plus élevées ont été enregistrées aux mois de juillet et août, avec respectivement 26,1 °C et 26,7°C, alors que le mois le plus froid est janvier, avec 11,25 C.

Tableau 0-1. Températures moyennes mensuelles de la région de Blida périodes 1991-2021 (Climate-Data.org).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Tmax (c°)	15	15,3	17,9	20,3	23,5	28,1	31,6	31,9	28,6	25,3	19,1	16
T min (c°)	7,5	7,4	9,3	11,2	14	17,6	20,6	21,5	19,1	16,1	11,7	8,8
T moy (c°)	11,25	11,35	13,6	15,75	18,75	22,85	26,1	26,7	23,85	20,7	15,4	12,4

Les données enregistrées durant l'année expérimentale de juillet 2021 à juin 2022 (Tableau III.2) révèlent que la température la plus élevée a été observée aux mois juillet et Août avec respectivement 36°C et la température la plus basse a été enregistrée au mois de janvier 8°C.

Tableau 0-2. Températures moyennes mensuelles de juillet 2021 à juin 2022 (Blida). (historique-meteo.net 2022)

Mois	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun
Tmoy(c°)	31°	31°	28°	21°	14°	14°	12°	13°	14°	15°	23°	28°
Tmax(c°)	35°	36°	34°	26°	17°	17°	16°	18°	18°	20°	29°	35°
T min(c°)	27°	26°	22°	16°	12°	11°	8°	9°	10°	11°	17°	21°

La saison très chaude dure 2,9 mois, du 19 juin au 15 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 30 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Blida est août, avec une température moyenne maximale de 33 °C et minimale de 19 °C.

La saison fraîche dure 4,0 mois, du 20 novembre au 20 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 19 °C. Le mois le plus froid de l'année à Blida est janvier, avec une température moyenne minimale de 4 °C et maximale de 15 °C. **(Weather Spark, 2022)**

III.4.3. Pluviométrie

La pluviométrie associée à la température contribue au développement des cultures, à l'apparition de certaines maladies cryptogamiques et à la pullulation de ravageurs **(Dajoz, 1985)**. L'eau est un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres afin d'assurer un équilibre biologique **(Mercier, 1999)**.

La pluviométrie est un facteur climatique essentiel pour déterminer les mois secs et humides au cours de l'année. Les tableaux III.3 et III.4 indiquent les quantités de pluie enregistrées à chaque mois durant la période agricole allant de 2010 à 2020 et les moyennes pluviométriques mensuelles pour la période de juillet 2021 à juin 2022.

Les relevées pluviométriques de la période 2010-2020 montrent que le mois de Novembre est le plus pluvieux avec 102.3 mm, alors que le mois de juillet est le plus sec avec 0.26 mm.

Tableau 0-3. Moyennes de pluviométrie mensuelle de la région de Blida période 2010-2020. **(historique-meteo.net 2022)**

Moin	J	F	M	A	M	Juin	Juil	A	S	O	N	D
P moy (mm)	101,8	77,8	88,1	79,8	55,2	14,7	0,26	8,7	21,7	50,6	102,3	85,7

Les relevées pluviométriques pour la période de juin 2021 à Mai 2022 montrent que le mois de Novembre est le plus pluvieux (137mm) alors que le mois de juillet est le plus sec (1 mm).

Tableau 0-4. Pluviométrie mensuelle de la région de Blida pour la période de juil 2021 à juin 2022

Moin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	juin
P moy(mm)	1	5	5	4	137	16	6	1	1	52	6	21

La période pluvieuse de l'année dure 9,4 mois, du 30 août au 11 juin, avec une chute de pluie d'au moins 13 millimètres sur une période glissante de 31 jours. Le mois le plus pluvieux à Blida est décembre, avec une chute de pluie moyenne de 59 millimètres.

La période sèche de l'année dure 2,6 mois, du 11 juin au 30 août. Le mois le moins pluvieux à Blida est juillet, avec une chute de pluie moyenne de 3 millimètres. **(Weather Spark, 2022).**

Tableau 0-5 Pluviométrie mensuelle moyenne à Blida **(Weather Spark, 2022).**

Moin	J	F	M	A	M	Juin	Juil	A	S	O	N	D
Pluie(mm)	54,5	54,8	44,5	41,9	34	10,2	2,5	6,9	22,3	36,5	54,7	58,9

III.4.4. Vent

Cette section traite du vecteur vent moyen horaire étendu (vitesse et direction) à 10 mètres au-dessus du sol. Le vent observé à un emplacement donné dépend fortement de la topographie locale et d'autres facteurs, et la vitesse et la direction du vent instantané varient plus que les moyennes horaires.

La vitesse horaire moyenne du vent à Blida connaît une variation saisonnière modérée au cours de l'année.

La période la plus venteuse de l'année dure 6,0 mois, du 28 octobre au 28 avril, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 12,6 kilomètres par heure. Le mois le plus venteux de l'année à Blida est décembre, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 14,1

kilomètres par heure.

La période la plus calme de l'année dure 6,0 mois, du 28 avril au 28 octobre. Le mois le plus calme de l'année à Blida est août, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 11,1 kilomètres par heure. (**Weather Spark, 2022**).

Tableau 0-6 Moyennes mensuelles des vitesses du vent à Blida (2021-2022) (**Weather Spark, 2022**).

Mois	juin	juil	aou	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai
Vent (km/h)	14	14	13	13.3	11.7	11.1	11.2	11.1	11.4	12.1	13.6	14.1

III.5. Synthèse climatique

Tous les éléments du climat agissent en même temps pour former un milieu climatique. Pour estimer rapidement l'influence des principaux éléments, divers systèmes sont proposés.

Les plus utilisés en régions méditerranéenne sont : Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et le climagramme pluviométrique d'Emberger. Ces deux systèmes résument le bioclimat d'une station donnée par les éléments fondamentaux du climat : précipitation (mm), températures maximales et minimales (C°).

III.5.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)

Selon **Bagnouls et Gaussen (1953)**, le mois sec est défini lorsque la somme des précipitations moyennes exprimée en (mm), est inférieure au double de la température de ce mois ($P/2T$). Il est exprimé par le diagramme ombrothermique sur lequel sont juxtaposées les précipitations et les températures. Il révèle la présence de deux saisons contrastées : Une saison froide correspondant à la saison pluvieuse et une saison sèche correspondant à la saison chaude. La saison froide assez longue, débute à la mi septembre et se prolonge jusqu'à fin mai, alors que la saison sèche s'étale du début juin jusqu'à la mi-septembre pour la période 2000-2014 (Figure 8).

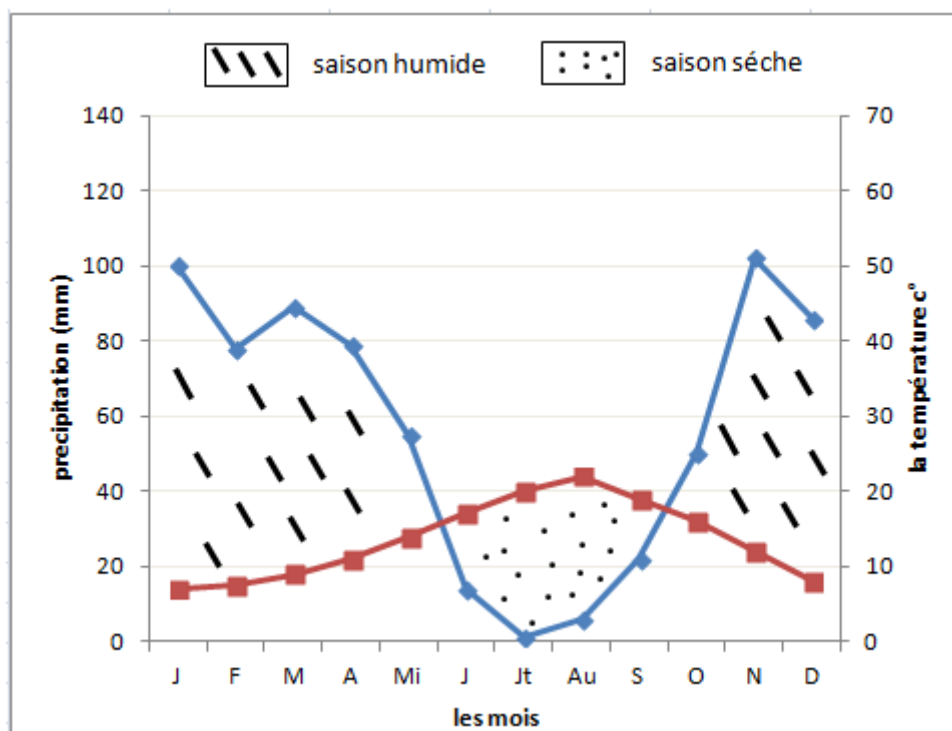


Figure III 4 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen relatif à la région de Blida pour la campagne 2021-2022

III.5.2. Étage bioclimatique (Climagramme d'EMBERGER)

L'indice d'Emberger permet la caractérisation des climats et leurs classifications dans les différents étages bioclimatiques.

L'indice d'Emberger où le quotient pluviothermique est calculé selon la formule (**Stewart P. 1969**) :

$$Q2 = 3,43 P / (M - m) \text{ Avec :}$$

P : pluviométrie annuelle (mm).

M : Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud.

m : Moyennes des températures minimales du mois le plus froid.

Le quotient Q2 de la région de Blida calculé à partir de données climatiques obtenues pour une période de 10 ans (2010 à 2020) est égal à 105.39 ; ce qui la situe dans l'étage bioclimatique sub humide à hiver chaud.

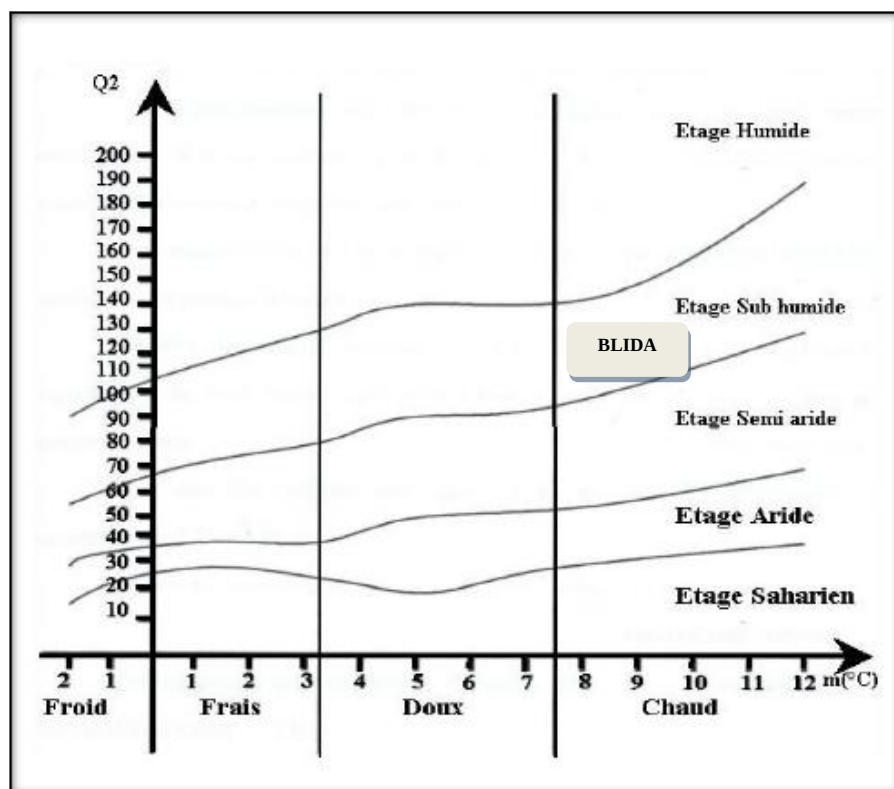


Figure III 5. Etage bioclimatique de la région de Blida selon le Climagramme d'Emberger pour une période de 10 ans (2010-2020).

III.6. Méthodologie d'étude sur terrain

III.6.1. Plan d'échantillonnage et piégeage

La période d'échantillonnage pour les quatre vergers d'étude s'est étendue de février 2022 à juin 2022 à raison d'une sortie à chaque verger par semaine.

Le choix des arbres a été réalisé au hasard. Au total 20 arbres par hectare ont été échantillonnés dans chaque verger, sur les lesquelles sont prélevés cinq feuilles chacune par direction cardinale et le centre de l'arbre étant le plus infesté par les aleurodes.

Avant d'être acheminés au laboratoire pour les observations et l'identification, les échantillons de feuillage prélevés sont placés selon le verger dans des sachets en papier (Figure III.6), sur lesquels sont mentionnées les coordonnées suivantes (région, date de la sortie).

Nous avons délimité une surface d'un hectare où nous avons placé trois pièges jaunes avec une distance de séparation d'une dizaine de mètres. La récupération et le renouvellement des pièges (Figure III.7) sont effectués après 15 jours de leur dépôt du mois de février jusqu'au mois juin 2022. Les pièges jaunes sont installés deux fois par mois. Ils sont accrochés au

centre de l'arbre à environ d'un mètre de haut .Chaque piège une fois récupéré, est entouré avec du film alimentaire sur lequel on note les coordonnées suivantes (date de l'installation, date de récupération, verger, numéro du piège).



Figure III 7 Plaque engluée sur arbre
(original)



Figure III 6 Sachets en papier contient
des feuilles (original)

III.6.2. Méthodologie d'étude au laboratoire

a- Identification des insectes

La première étape de notre travail a consisté de dénombrer et à identifier les stades larvaires de *Dialeurodes citri* sur les feuilles préalablement échantillonnées, ainsi que ses ennemis naturels capturés par les pièges jaunes.

L'identification a été réalisée au niveau du laboratoire de zoologie département d'Agro-écologie et biotechnologie, en utilisant une loupe binoculaire et les grossissements possibles pour identifier les spécimens de taxons les plus petits.

b- Matériel utilisé

Pour la réalisation de cette étude nous avons utilisé le matériel figurant sur les figures III. 8 et 9 à savoir une loupe binoculaire, des plaques jaunes englués, du film alimentaire en plastique transparent, des épingles, une pince entomologique, de l'éthanol à 90% pour la conservation des spécimens, des sachets en papier pour séparer les différentes feuilles récoltées. Ces sachets sont accompagnés de renseignements du lieu d'échantillonnage, de la date de

prélèvement.



Figure III 9. Matériel utilisé au laboratoire (Originale)



Figure III 8. Loupe binoculaire (Originale)

III.7. Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle d'*Origanum compactum* et de l'insecticide Acétamipride :

L'activité insecticide de l'huile essentielle d'*Origanum compactum* a été testée in vitro contre *Dialeurodes citri* en comparaison avec un insecticide chimique Acétamipride utilisé comme témoin positif. Différentes concentrations sont préparées pour chaque traitement.

III.8. Préparation des dilutions de H.E d'*Origanum compactum*

Une solution mère à 10% est préparée en ajoutant 10ml de l'huile essentielle d'origan à 30ml du DMSO (2%) et 60ml d'un adjuvant commercial. A partir de cette solution, les doses suivantes sont préparées (Figure III.10):

Dose1 (0,7%) = 10ml de la solution mère +132 ml de l'eau distillée

Dose2 (0,85%) =10 ml de la solution mère+107 ml de l'eau distillée

Dose3 (1%) =10 ml de la solution mère+90 ml de l'eau distillée

Dose4 (1,25%) =10 ml de la solution mère +70 ml de l'eau distillée

Dose5 (1,5%) =10 ml de la solution mère+56 ml de l'eau distillée

Dose6 (2%) =10 ml de la solution mère +40 ml de l'eau distillée



Figure III 10. Doses préparées à base de l'huile essentielle d' *Origanum compactum* (Originale).

III.9. Préparation des dilutions de l'insecticide Acétamipride

Trois différentes doses ont été préparées à partir d'une solution mère de 0.3g/L d'Acétamipride .

Dose1 (0,3g/L)=30ml de la solution mère+0ml de l'eau distillée.

Dose2 (0,15g/L)=15ml de la solution mère +15ml de l'eau distillée.

Dose3 (0,1g/L)=10ml de la solution mère +20ml de l'eau distillée.

III.10. Effet larvicide des traitements (H.E et Acétamipride) sur *Dialeurodes citri* in vitro :

Dans des boîtes de *pétri* en verre (13.5cm de diamètre) contenant du papier absorbant humide, des feuilles d'agrumes portant 30 à40 larves de *D.citri* sont déposées (Figure III.11).

Les bioessais ont été réalisés dans les conditions du laboratoire : une bonne luminosité et à température ambiante



Figure III 11. Dispositif expérimental du test de toxicité de l'huile essentielle de *O. compactum* sur *Dialeurodes citri* des Agrumes (**Originale**).

III.11. Evaluation de l'activité insecticide

III.11.1. Détermination des taux de mortalité

La mortalité des individus traités est suivie à partir du moment de l'application du traitement jusqu'à la mort de tous les individus, Une loupe binoculaire a été utilisée pour dénombrer les aleurodes morts, les résultats obtenus sont exprimés en pourcentage (%).

La mortalité corrigée est calculé selon la formule d'Abbott, (1925) :

$$M_c = \frac{M_e - m_t}{100 - m_t} \times 100$$

M_c = mortalité corrigée en pourcentage.

M_e = mortalité de l'échantillon testé.

M_t = mortalité dans le témoin non traité.

III.11.2. Détermination de la DL50

L'efficacité d'un toxique se mesure par sa DL50 qui représente les quantités de substances toxiques entrainant la mort de 50% des individus traités.

Elles sont déduites à partir de l'équation de la droite de régression ($y=a+xb$) correspondant aux taux de mortalité corrigée en fonction des doses de traitement (**wabo-poné, 2005**).

Dans la présente étude, la dose létales DL50 ont été obtenues directement par l'analyse des

probits calculée dans le logiciel Excel sur la base des mortalités corrigées obtenues au cours du traitement et du logarithme des doses testées.

III.11.3. Analyse statistique des résultats

Pour savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (types de traitements, concentration, et durée d'exposition), il est préconisé de réaliser une analyse de variance.

Nous avons pris en considération les effets des facteurs (temps et dose seuls et en interaction) en tant que variables explicatives de la variation de la mortalité larvaire de *D. citri* en tant que variable dépendante. La comparaison des moyennes estimées et le classement des groupes homogènes ont été effectuées à travers le test post Hoc de Tukey et sur la base d'un seuil de significativité de 5%. Les mortalités significativement différentes sont affectées d'une lettre différente. Les différentes étapes de l'ANOVA ont été effectuées avec le logiciel XLstat version 2022.

CHAPITRE 4

Résultats et Discussion

Chapitre IV. Résultats et Discussion

IV.1. Suivi des populations de *Dialeurodes citri* sur le feuillage dans les vergers d'étude

IV.1.1. Variation des populations larvaires et des pupes

Les variations d'abondance des populations larvaires et des pupes de *D. citri* sur le feuillage de l'oranger et du clémentinier sont présentées pour chaque verger

a- Verger de Tabainat

On constate que les plus grandes valeurs d'abondance concernent le stade N3 durant la période qui s'étale du 7 mars jusqu'au 16 avril (Figure IV.1). Cependant, les abondances des stades larvaires N2, N4, sont stables et ne dépassent pas les 20 larves durant toute la période d'échantillonnage. On remarque par ailleurs l'absence des larves N1 entre 1^{er} mars et la 1^{ère} semaine de mai. En effet, les larves de premier stade de *D. citri* commencent à apparaître seulement le 10 mai d'après nos observations dans ce verger. Enfin, on peut voir que les pupes apparaissent entre le 16 avril et le 10 mai ce qui démontre qu'il ya une relation inverse entre l'abondance des larves et des pupes (Figure IV.1).

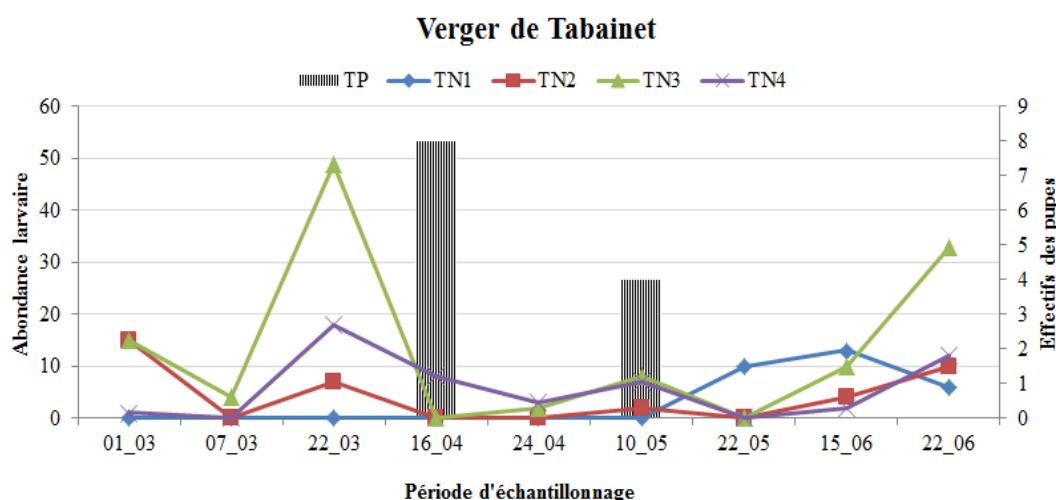


Figure 0-1 Evolution des stades larvaires et des pupes sur le feuillage de l'oranger dans le verger de Tabainat.

b- Verger de Halouiya

Pour l'évolution des stades larvaires et des pupes sur le feuillage de l'oranger dans le verger de Halouiya, on remarque dans la (Figure IV.2) que les stades larvaires N3 et N4 commencent à apparaître au 10 mai par contre les stades N2 et N1 sont observées vers le 15 juin.

On constate un pic d'abondance du stade N3 au 22 juin, avec un effectif de 70 individus. Pour le stade N2, il y a une augmentation rapide entre le 15 et 22 juin avec une abondance de 25 individus (Figure IV.2). Cependant, les abondances des stades N1 sont stables jusqu'au 22 juin ne dépassant pas les 10 larves. Enfin, on peut voir que les pupes apparaissent entre le 22 Mai et le 15 Juin ce qui démontre deux fortes périodes d'abondance dans le verger de Halouia.

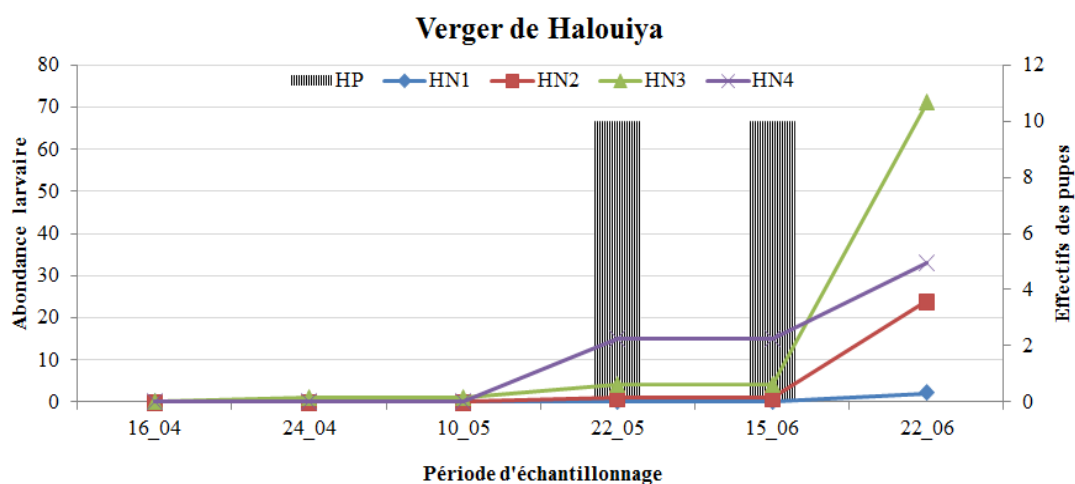


Figure 0-2. Evolution des stades larvaires et des pupes sur le feuillage de l'oranger dans le verger de Halouiya.

c- Verger de Chiffa

Pour l'évolution des stades larvaires et des pupes sur le feuillage de l'oranger dans le verger de Chiffa on remarque dans la figure IV-3 que les stades larvaires N2, N3, N4 sont déjà présentes au 16 Février avec une abondance comprise entre 0 et 100 individu qui a par la suite diminué jusqu'au 3 mars. On constate que les plus grandes valeurs d'abondance concernent le stade N3 durant la période qui s'étale au début de mars jusqu'au la fin avril (Figure IV.3). Enfin, on peut voir que les pupes apparaissent entre le 16 avril et le 10 mai ce qui démontre qu'il y a comme mentionné dans le verger de Tabainat une relation inverse entre l'abondance des larves et des pupes (Figure IV.3).

La figure IV.3 montre deux faibles périodes d'effectif entre le 3 Mars et 27 Mars, et trois périodes de présence plus importante au 24 Mai, 17 juin et 23 Juillet. Les plus grandes valeurs d'abondance constatées sont enregistrées au 16 Avril.

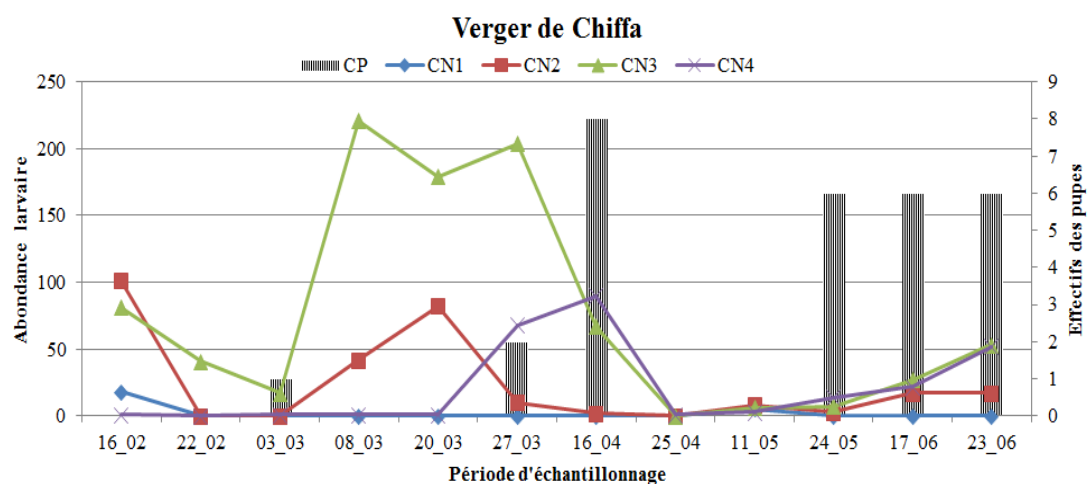


Figure 0-3 Evolution des stades larvaires et des pupes sur le feuillage de l'oranger dans le verger de Chiffa

d- Verger de clémentinier à Béni Mered

On constate qu'il ya une variabilité d'abondance larvaire ne dépassant pas les 30 larves pour tous les stades, dans le verger de clémentinier. On constate aussi que le stade N3 est le plus signalé durant tout la période d'échantillonnage, Enfin, on peut voir qu'il ya une faible apparition des pupes au 3 mars et 8 mars (Figure IV.4)

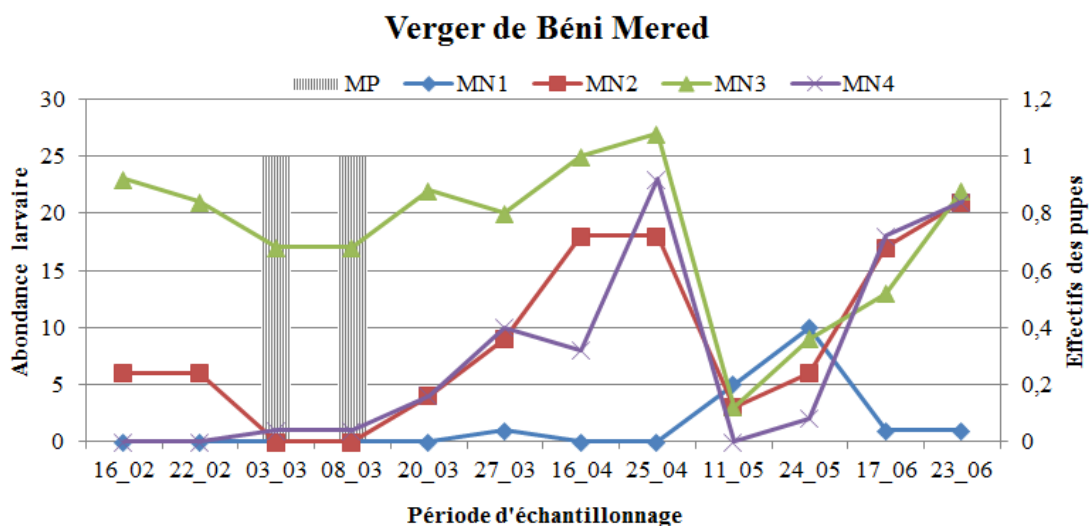


Figure 0-4 Evolution des stades larvaires et des pupes sur le feuillage de l'oranger dans le verger de Clémentinier à Béni Mered.

Pour avoir une information comparative sur les variations des abondances des

populations de *D. citri* dans les 4 vergers, nous avons établi un tableau de synthèse mentionnant les périodes d'activité maximale (Tableau. IV.1). Le nombre total de *D.citri* le plus élevé rencontré dans les vergers d'étude est rapporté au verger de Chiffa (1659 individus) alors que le verger de Halouia se caractérise par une abondance totale de cette espèce qui est

Plus faible (172 individus). On peut faire remarquer que le verger de Chiffa a subi le plus grand nombre de traitements chimiques d'après notre enquête auprès de l'agriculteur contrairement au verger de Halouia, où l'utilisation des traitements chimiques a été moyenne.

Le suivi temporel des populations de l'aleurode des citrus sur le feuillage durant la période allant de février à juin 2022, montre différentes périodes d'activité maximale de cette espèce selon le verger étudié (Tableau. IV.1). Concernant le verger de Tabainat, d'une part les pics larvaires (N3, N4, N2) apparaissent durant les périodes respectives du 22 mars et du 22 juin (Figure. IV.1 et Tableau IV.1) et d'autre part durant la période comprise entre la mi avril et vers le mi mai.

Tableau 0-1: Synthèse globale du suivi des populations de *D. citri* pendant la période d'étude (+ renseigne sur l'intensité des traitements réalisés dans chaque verger, N représente l'effectif global de *D. citri*, N1 à N4 sont les stades larvaires du ravageur).

Espèce	Vergers	Effectif Total	Pics larvaires (abondances)/	Emergence des adultes	Intensité des traitements chimiques
Plante Hôte	Localité	N	Pics larvaires		Traitements phyto.
Oranger	Tabainat	239	N3 : 49/22-03 N4 : 18 /22-03 N2 : 15 /22-03 N1 : 13 /15-06	Entre le 16-04 et le 10-05	+
	Halouiya	172	N3 : 71/22-03 N4 : 33 /22-03 N2 : 24 /22-03 N1 : 2 /15-06	Entre le 16-04 et le 10-05	+
	Chiffa	1659	N3 : 221/ 22-03 N4 : 90 / 22-03 N2 : 101 / 22-03 N1 : 18 / 15-06	Entre le 16-04 et le 10-05	+++
Clémentinier	Béni Mered	267	N3 : 27 / 22-03 N4 : 23 / 22-03 N2 : 21 / 22-03 N1 : 10 / 15-06	Entre le 16-04 et le 10-05	+++

Discussion :

Le verger de Tabainat a été exposé à une sécheresse de trois ans, ce qui peut avoir une conséquence sur la faible infestation par les aleurodes de ce verger par rapport aux autres vergers étudiés. Nous expliquons la cause de la plus grande infestation dans le verger de chiffa par l'absence des pratiques culturales dont la taille, d'où une plus forte densité du feuillage au niveau de la canopée favorisant une certaine humidité et une plus abondante densité du ravageur.

L'infestation du verger de Halouiya semble due à la présence d'une pépinière d'agrumes située en plein champ dans la proximité proche de ce verger (distance de 3 mètres) ce qui peut être un foyer pour les aleurodes. Aussi, nous pouvons expliquer le faible taux d'infestation par *D.citri* sur le feuillage du clémentinier à Beni Mered par l'utilisation excessive des traitements chimiques de la part de l'agrumiculteur afin de préserver sa production en agrumes.

Nous avons constaté une variabilité des abondances dans les populations de *D.Citri* entre les vergers et les périodes. Une augmentation marquée du degré d'infestation est observée au cours des mois chauds (mois de mai, ref. chapitre III), par contre durant la période froide (mois de février et mars), l'infestation est nulle. En plus, les résultats montrent que le taux d'infestation est plus élevé au niveau des vergers mal entretenus (pratiques culturales et traitements phytosanitaires) par rapport aux vergers bien entretenus. Le degré d'infestation est fortement influencé par les conditions climatiques et l'état global du verger.

Selon **Bellows et Meisenbacher (2007)**, *D. citri* hiverne en Californie avec toute la population au quatrième stade nymphal. Les adultes émergent habituellement vers le milieu ou la fin de mai, et l'oviposition a eu lieu pendant plusieurs jours après l'émergence des adultes.

Le temps de développement moyen des N1, entre le dépôt dans un lieu d'alimentation et la mue jusqu'au N2, était d'environ 12 jours au printemps. Les périodes de développement des N2 et N3 variaient de 6,7 à 10,5 jours. Le développement du N3 et N4 variait de 10,4 à 13,3 jours et le temps moyen de développement avant l'émergence des adultes variait de 27 à 37 jours. Ces variations de durée de développement reflètent probablement des régimes de température différents, et des vergers.

IV. 2. Variation des abondances totales de *D. citri* sur le feuillage de l'oranger et du clémentinier

VI.2.1. Variation spatiale des abondances larvaires globales

Nous avons représenté les variations d'abondance totale des larves et des pupes dans chaque verger ainsi que l'abondance des aleurodes pour l'oranger et le clémentinier (Figure IV.5).

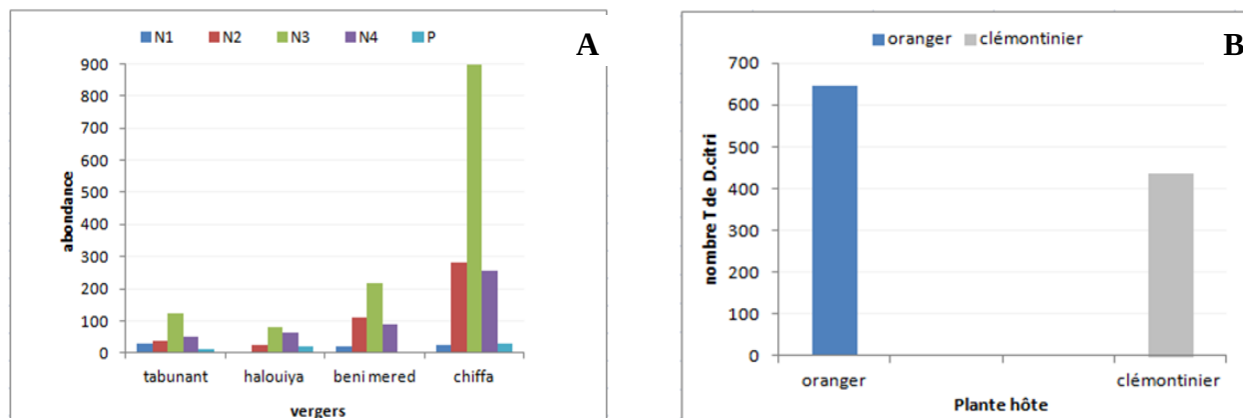


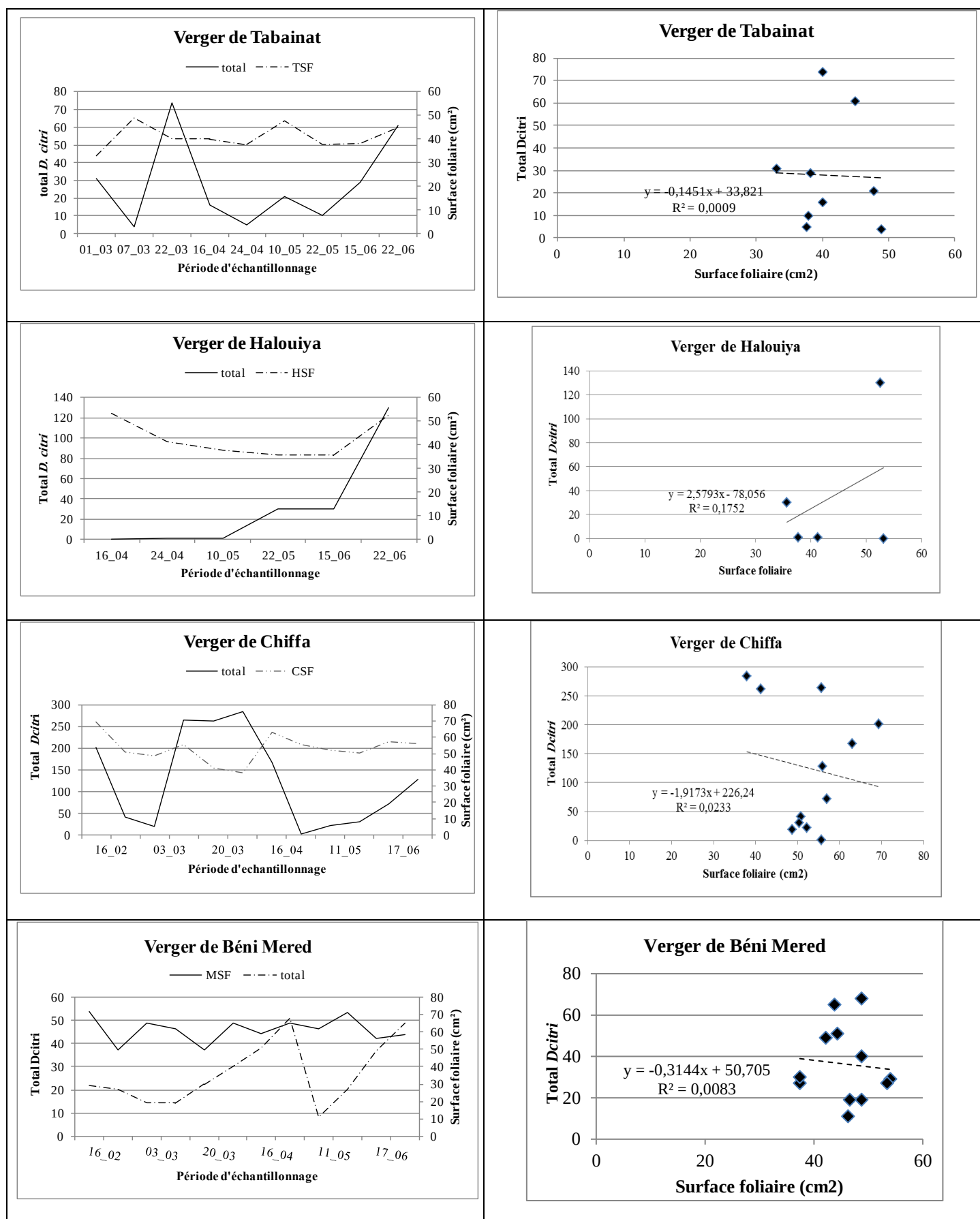
Figure 0-5 Variation spatiale des abondances de *D. Citri* entre les vergers et entre les plantes hôtes.

On note que le nombre d'individus de l'aleurode des citrus sur le feuillage de l'oranger est supérieur au nombre d'individus enregistrés sur le feuillage du clémentinier, avec des moyennes respectives de 650 et 450 individus (Figure. IV.5 B).

Selon **Alford, (2002)**, l'espèce *D. citri* Originare d'Asie centrale vit essentiellement sur les agrumes mais sa polyphagie est étendue et on peut la retrouver sur divers arbres fruitiers.

Par ailleurs, on constate que la population globale de cette espèce est plus importante dans le verger de Chiffa que dans tous les autres vergers d'étude (Figure. IV.5 A). L'abondance larvaire du stade N3 était prédominante dans tous les vergers particulièrement dans le verger d'oranger de Chiffa avec 900 individus. Contrairement, au verger de la même plante hôte de Halouiya où l'abondance des N3 était la plus faible puisque le nombre d'individus n'a pas dépassé 100 individus. Dans tous les vergers, l'effectif total des pupes était faible quelque soit le verger étudié ((Figure. IV.5 A).

Nous avons appréhendé la relation entre la présence des aleurodes sur le feuillage et la surface foliaires des feuilles échantillonnées. Pour cela nous avons pris en considération pour chaque date d'échantillonnage, l'abondance totale populationnelle de *D. citri* et les surfaces foliaires moyennes.

Figure 0-6 Variation des abondances temporelles globales de *D. citri* dans les différents

Vergers d'étude et en fonction de la surface foliaire.

Globalement, d'une part, les surfaces foliaires du feuillage de l'oranger varient entre 40 et 60 cm², et entre 10 et 60 cm² pour le feuillage du clémentinier. D'autre part, le nombre total de *D.Citri*, varie de 5 et 75 individus à Tabainat, il atteint 130 individus à Halouiya, 280 individus à chiffa, et il est compris entre 40 et 50 aleurodes, pour Beni Merad. On peut dire que le nombre moyen enregistré par verger durant la période d'étude est relativement stable entre 40 et 50 individus (Figure IV.6). Dans tous les cas, on trouve un effectif en aleurodes très élevé ou très faible sur des surfaces foliaires presque homogènes. Par conséquent, les tendances des courbes de régression établies pour chaque verger ne montre pas d'évidence de relation entre la surface foliaire du feuillage et l'effectif de la population globale de *D.citri*, (Figure IV.6). L'analyse des moyennes de Corrélation de Pearson a mis en évidence des coefficients de corrélation négatifs et proches du zéro ($R_{\text{Chiffa}} = -0,152487431$, $R_{\text{Béni Mered}} = -0,091058862$, $R_{\text{Halouiya}} = + 0,41858876$, $R_{\text{Tabainat}} = -0,030783093$).

Selon **Soto et al. (2002)**, il n'y a pas de relation entre la surface foliaire du feuillage infesté par *D.citri* et le taux de présence (abondance) car à des niveaux de population élevés, les insectes occupent presque toutes les feuilles.

Le degré d'infestation est fortement influencé par les conditions climatiques et l'état global du verger. La durée du cycle biologique des aleurodes est influencée par la température. Plus le climat est chaud, plus le cycle est court. En conditions normales, l'insecte complète son cycle en approximativement 1 mois. Il y a plusieurs générations par années.

Selon **Jerraya et al. (1986)**, le degré d'infestation varie selon le niveau de la population adulte du ravageur, des stades phénologiques de la plante (poussée de sève, fruit et réceptivité), et dépend de la charge de l'arbre et des conditions climatiques ambiantes.

IV.3.Analyse des captures des aleurodes et de leurs ennemis naturels dans les vergers d'étude

Nous avons considéré les ennemis naturels (prédateurs et parasitoïdes) spécialistes des aleurodes ou généralistes. Durant la période d'échantillonnage de l'étude, de mars à juin 2022, le complexe des entomophages recensés dans les vergers d'oranger à travers les captures par piégeage, se compose de 5 taxons représentés par des espèces de prédateurs et parasitoïdes primaires.

Les aleurodiphages prédateurs se retrouvent chez les Coccinellidae (*Clitosthetus arcuatus*), les Chrysopidae (*Chrysoperla* sp) et des araneides Les entomophages parasitoïdes primaires figurent parmi les Aphelinidae (*Cales noacki* et *Encarsia*). Les dénombrements des captures de ces principaux entomophages ont permis de dresser des courbes d'évolution temporelle pour chaque verger d'oranger, d'une part pour les prédateurs et d'autre part pour les parasitoïdes (Figure IV.7).

On note que la famille des Aphelinidae est dominante dans les vergers d'oranger étudiés notamment avec l'espèce *C. noacki*. De manière générale, nos observations montrent que cette dernière est représentée avec un effectif moyen de 138 individus dans le verger de Chiffa, de 30,7 individus dans le verger de Tabainat et de 1,25 individus dans le verger de Halouiya .

Par contre, la deuxième espèce de la famille des Aphelinidae *Encarsia* n'est représentée que par un effectif moyen très faible dans les vergers de Chiffa et Tabainat (0,16 et 0,12 individus) et 9 individus dans le verger de Halouiya .

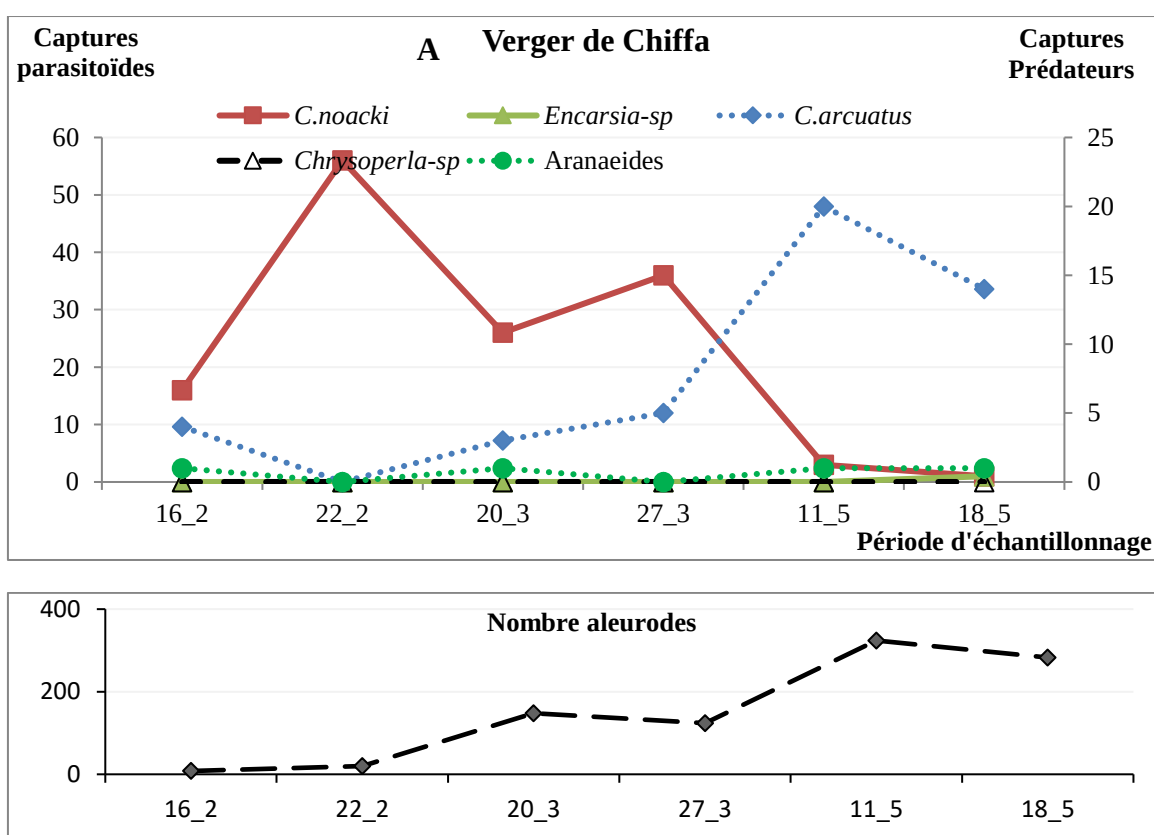
Pour ce qui est des prédateurs recensés, l'espèce *Clitostethus arcuatus* est représentée par des effectifs moyens de l'ordre de 83,7 des effectifs dans le verger de Halouiya et avec des effectifs moyens de 7.6 individus dans le verger de Chiffa et 1 individu seulement dans le verger de Tabinant. Viennent par la suite les araneides, dont les effectifs comptent en moyenne 2.25 individus dans le verger de Halouiya également. L'espèce *Chrysoperla* sp est présente mais avec de très faibles effectifs selon notre échantillonnage

Du point de vue de la coïncidence temporelle de ces taxons bénéfiques avec les populations d'aleurodes, on constate que chaque verger présente une situation biotique. Les figures IV. 7 A, B et C indiquent la variation des fluctuations d'abondances des aleurodiphages et celle des populations globales d'aleurodes durant la période de cette étude.

Dans le verger de Chiffa, les pics d'activité des parasitoïdes sont enregistrés à la fin février et à la fin de mars, et il n'est observé qu'un seul pic de présence du prédateur *C. arcuatus* durant la 1^{ère} semaine de mai (Figure IV.7A). Les pics des aleurodes en mai semblent coïncider avec ceux des coccinelles mais semblent ne pas avoir un effet de contrôle de leurs populations.

En ce qui concerne le verger de Tabainat, on remarque une forte activité du parasitoïde *C. noacki* dont les pics d'activité sont enregistrés vers la 3^e semaine d'avril et de mai avec des effectifs respectifs de 74 et 99 individus. Par ailleurs, le premier pic de *C. noacki* coïncide avec celui des aleurodes (figure IV.7B).

Au niveau du verger de Halouiya, les résultats des captures des aleurodes et de leurs principaux ennemis naturels montrent que la population de *C.arcuatus* est la plus importante parmi les aleurodiphages. On constate des effectifs très élevés de l'ordre de 157 individus capturés dès le début du mois de mai et dont l'abondance diminue jusqu'à la fin de ce mois (Figure IV.7C). Cette activité semble suivre celle des aleurodes à la même période. Pour les autres taxons parasitoïdes et prédateurs nous avons constaté une très faible activité dans ce verger.



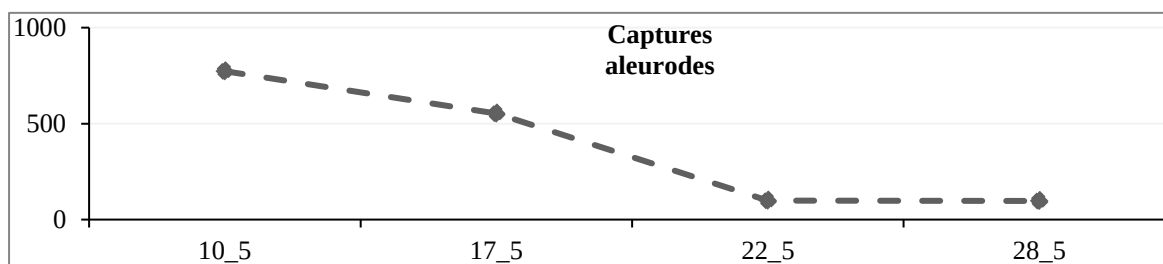
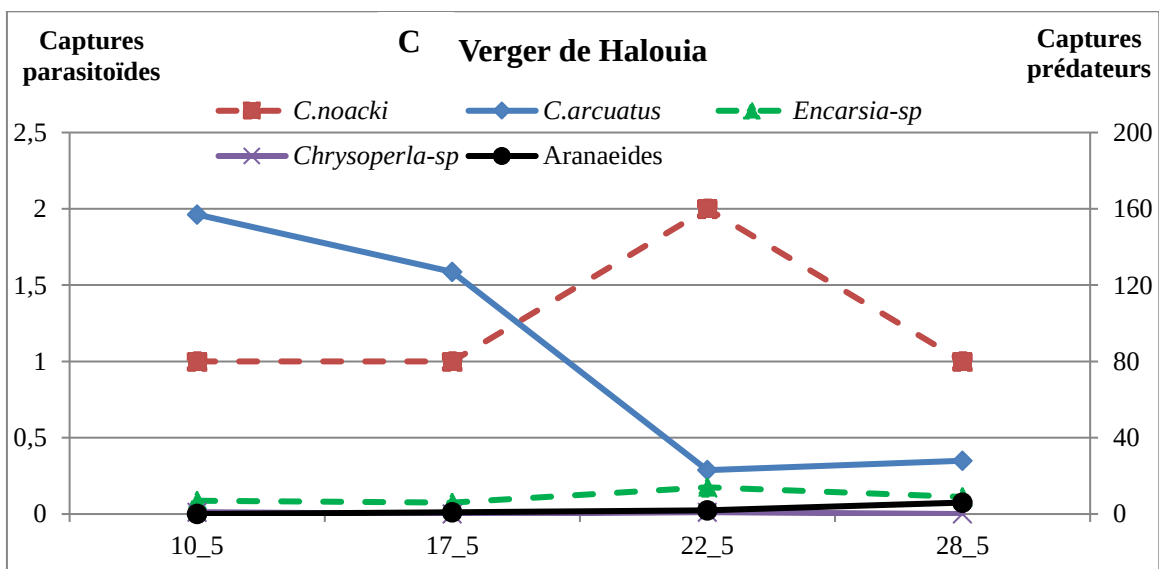
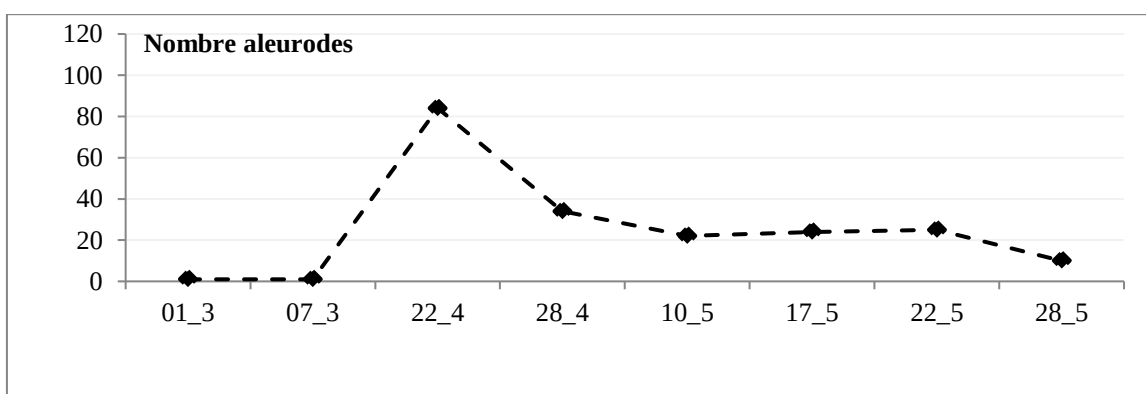
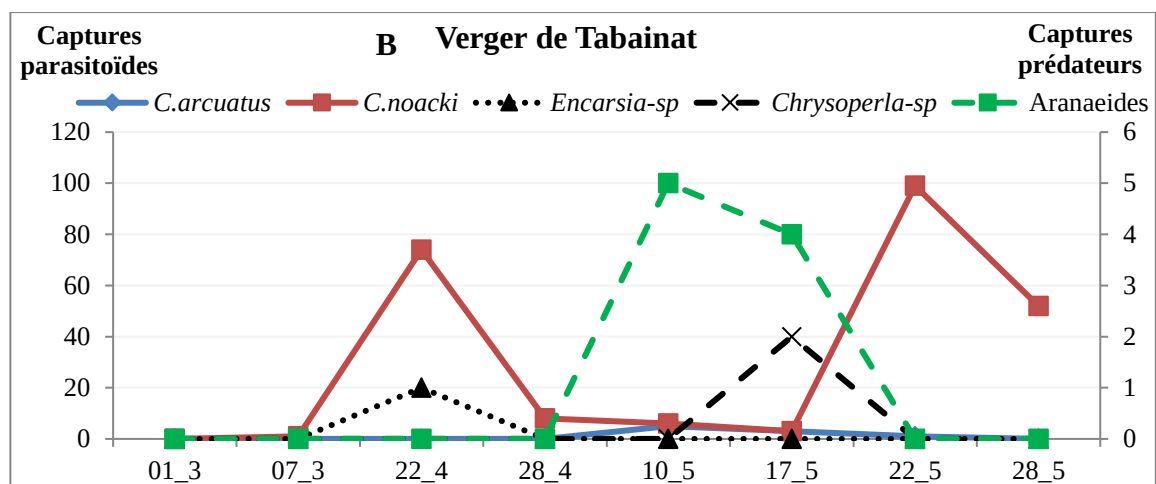


Figure 0-7. Variation temporelle des captures des aleurodes et de leurs ennemis naturels dans les vergers d'oranger étudiés.

Discussion :

Selon **MAHMOUDI et al. (2017)**, en période automnale entre septembre et novembre dans les vergers d'oranger étudiés à Chlef, coexistent un ensemble de prédateurs de la famille des Cecidomyidae, et des prédateurs de mouches blanches comme le Coccinellidae aleurodiphage *Clitostethus arcuatus*.

Les traitements phytosanitaires affectent de façon directe l'effectif des populations d'auxiliaires en éliminant un grand nombre d'individus dans les vergers traités, ce qui s'explique par la diminution du taux de prédation dans ce verger par rapport à ceux non traités (**Mattson et Haack., 1987**).

Selon **Aroun (1985)**, la régulation des populations de cochenilles par exemple est assurée par les populations de parasites et prédateurs dans le verger non traité.

IV.4. Evaluation de l'activité insecticide

Nous avons réalisé des pulvérisations par contact directement sur le feuillage et différentes doses ont été appliquée d'une part pour l'huile essentielle de l'Origan formulé et d'autre part concernant le produit chimique Acétamipride qui est communément utilisé en vergers d'agrumes et dont la matière active cible les insectes de l'ordre des Hémiptères (Mineuse, aleurodes, pucerons) d'après le guide des traitements phytosanitaires préconisés par l'INPV (Institut National de la protection des végétaux).

IV.4.1. Effet biocide in vitro de l'huile essentielle d'*Origanum compactum* sur *D. citri*

Les mortalités larvaires ont été suivies après une durée d'exposition de 3h, 6h, 24h et 48h, (Figure IV.8) sous l'effet des différentes doses préparées. Toutes les observations sont débuté 3 heures après l'application des solutions d'huile essentielle.

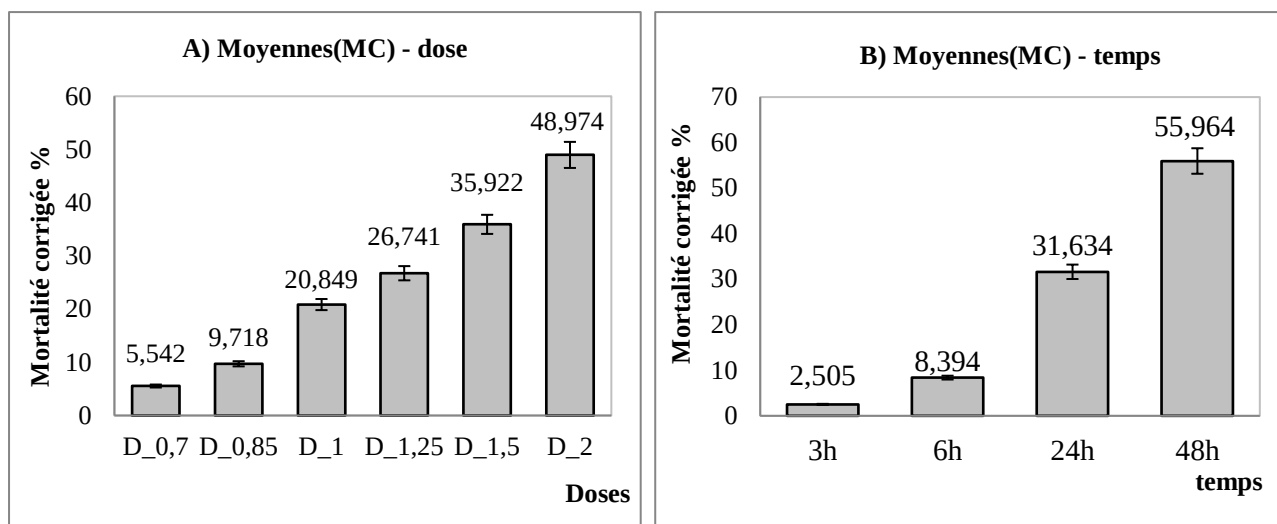


Figure 0-8. Evolution des mortalités corrigées de *D.citri* traité par l'huile essentielle d'*Origanum compactum* en fonction des doses et du temps d'exposition.

D'après les résultats obtenus, on peut remarquer une corrélation entre les doses de traitement et les mortalités larvaires. La valeur la plus élevée de la mortalité (49 %) est observée avec la D_2, alors que la plus faible a été enregistrée chez D_0,7 avec un taux de 5.6%. L'on note également une corrélation entre le temps et la mortalité corrigée avec la plus grande valeur de mortalité observée après 48h avec 56 %. et la mortalité la plus faible après 3h avec un taux de 2.5%. (Figure IV.8).

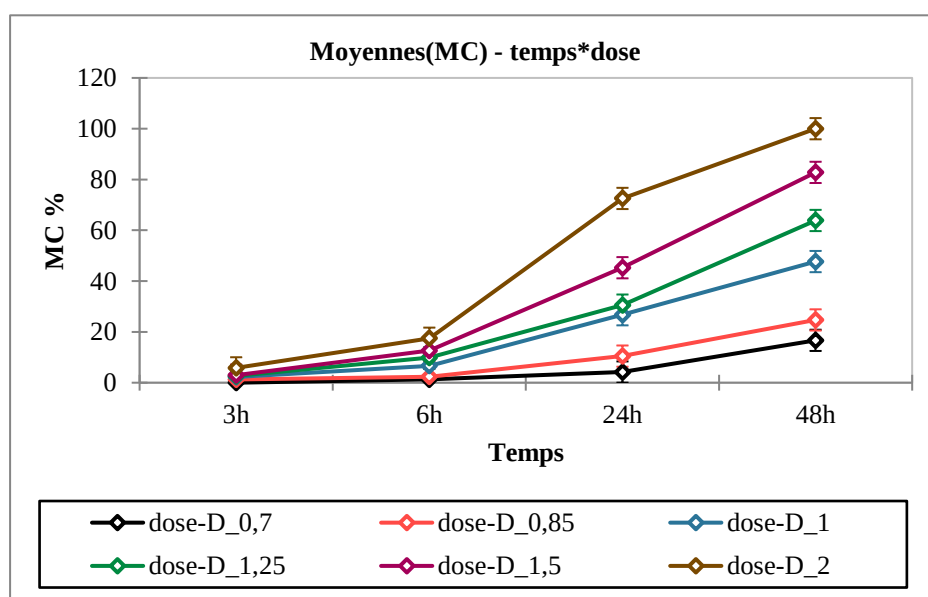


Figure 0-9. Evolution de mortalité de *D.citri* en fonction de l'interaction doses*temps.

Les premières mortalités larvaires apparaissent après les trois heures qui suivent l'application du biotraitement pour toutes les doses sauf pour la D1. En effet, des taux de mortalité sont observés : (1,28%), (2,26%), (2,68%), (2,96%), (5,83%) respectivement avec D2 (0.85%), D3 (1%), D4 (1.25%), D5 (1.5%), D6 (2%). Dès 15 heures après pulvérisation des solutions d'huile sur le feuillage infesté, nous avons noté des mortalités de 50% chez les individus traités par la dose la plus élevée D6 (2%).

Nous avons remarqué une augmentation rapide des taux de mortalité après 6h. Après une durée d'exposition de 24h, les taux de mortalité ont atteint (27,7%), (31,4%), (45,9%), (72,8%) sous l'effet des doses respectives D3 (1%), D4 (1.25%), D5 (1.5%) et D6 (2%). Une décimation totale a été obtenue chez les individus traités par la D6 (2%) avec un taux de mortalité de 100% après 48h de traitement.

L'augmentation de taux de mortalités est probablement liée à la concentration de molécules bioactives présentes et au temps.

IV.4.2.Aspect des feuilles après le traitement

Les applications des solutions d'huile essentielle formulée d'*Origanum compactum* ont provoqué non seulement la mortalité larvaire et aussi un jaunissement, flétrissement et dessèchements des feuilles dès 24h (Figure IV.9).

On peut émettre l'hypothèse que ces symptômes constatés sur le feuillage pourraient être dus à un phénomène de phytotoxicité du bioproduit.

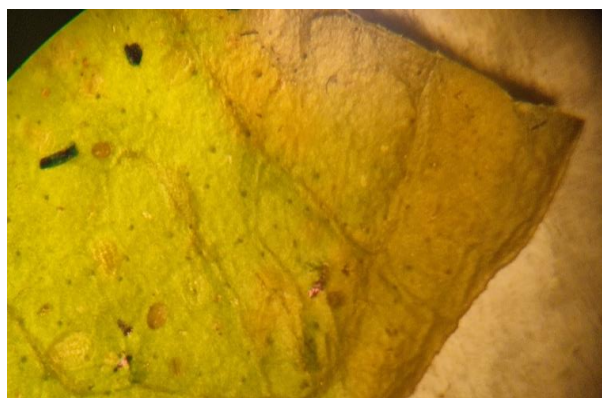


Figure 0-10. Aspect des feuilles après traitement avec l'huile essentielle d'*organum compactum* à la Dose de 2% après 24h (**Originale**).

IV.4.3. Effet insecticide de produit Acétamipride sur *D citri*

Comme pour l'étude de l'effet de l'huile formulée de l'origan sur la mortalité larvaire de *D.citri*, nous avons débuté nos observations pour le traitement chimique à base d'Acétamipride 3h après application pour toutes les doses. L'évolution temporelle des taux de mortalités larvaires de *D.citri* traité par l'Acétamipride est indiquée dans la figure IV.11.

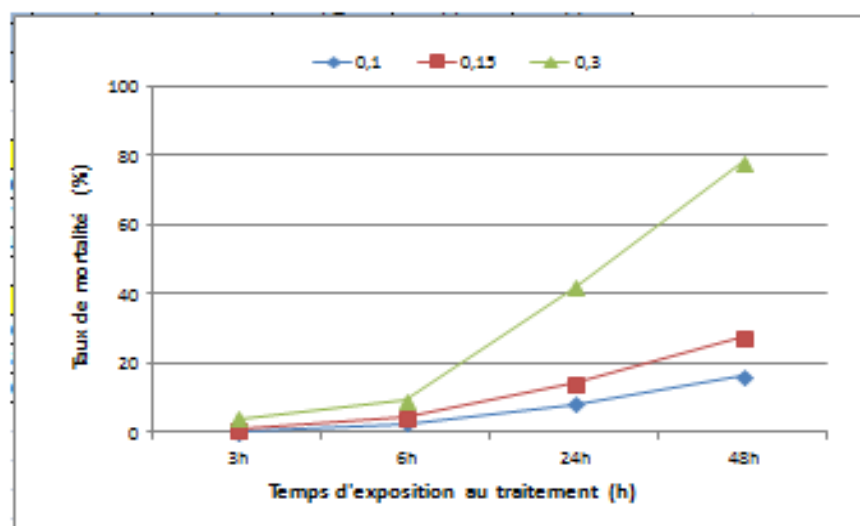


Figure 0-11 Evolution temporelle de mortalité de *D. citri* en fonction des doses de l'acétamipride.

On constate après trois heures de traitement, l'apparition des premiers cas de mortalités des individus traités avec les doses : D2 (0,15g), D3 (0,3g), avec un taux de mortalités (1,04%), (4%). Après 24h, les taux de mortalités augmentent à (50%) observés chez les individus traités par la D3 (0,3g). Nous remarquons aussi une augmentation rapide du taux de mortalité après 6h pour les doses D1 (0,1g), D2 (0,15%), D3 (0,3%), avec un taux de mortalités respectif de (8%), (14%), (41%). enregistré après 24h.

Le taux de mortalité le plus élevé a été obtenu chez les individus traités par la D3 (0,3g) avec un taux de mortalité de 77% après 48h de traitement.

IV.5. Analyse de la variance pour le test d'efficacité de l'huile essentielle d'*origanum compactum* et Acétamipride sur *D. citri*

Les résultats obtenus à travers l'ANOVA relative à la comparaison des moyennes estimées des mortalités corrigées larvaires par l'huile essentielle formulée d'*O.compactum* mettent en évidence un effet très hautement significatif des doses testées, du temps

d'exposition et de leur interaction ($p < 0,0001$) (tableau IV.2).

Tableau 0-2. Résultats de l'analyse de variance (XLstat) des taux de mortalité par rapport aux temps et aux doses.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Dose	5,000	15907,134	3181,427	245,435	<0,0001
Temps	3,000	32112,528	10704,176	825,787	<0,0001
Dose*Temps	15,000	9913,605	660,907	50,986	<0,0001

Sur la base des sommes de carrés, les variables dose, temps, et dose*temps apportent de l'information significative pour expliquer la variabilité de la variable dépendante (MC) .Parmi les variables explicatives, sur la base des erreurs, la variable temps est la plus influente.

Les comparaisons des moyennes des mortalités corrigées deux à deux en relation avec les doses du bioproduit ont été analysées par le test de Tukey (HSD). Le tableau IV.3 et la figures 0-12 montrent 5 groupes A, B, C, D, E qui se distinguent comme suit : groupe A (D2) groupe B (D1,5) groupe C (D1,25) , groupe D (D1) et groupe E (D0,85 et D0,7)

Les moyennes estimées de la mortalité corrigée des larves de *D.citri* sont dose-dépendantes avec une erreur standard de 1.039 pour toutes les doses (Tableau IV 3)

Tableau 0-3 Synthèse des moyennes estimées des mortalités corrigées (MC %) de *D. citri* en fonction des doses d'huile essentielle (test de Tukey)

Modalité (dose testée)	Moyenne estimées MC %
D_0,7	5,542 ±1,039 e
D_0,85	9,718 ±1,039 e
D_1	20,849 ±1,039 d
D_1,25	26,741 ±1,039 c
D_1,5	35,922±1,039 b
D_2	48,974±1,039 a

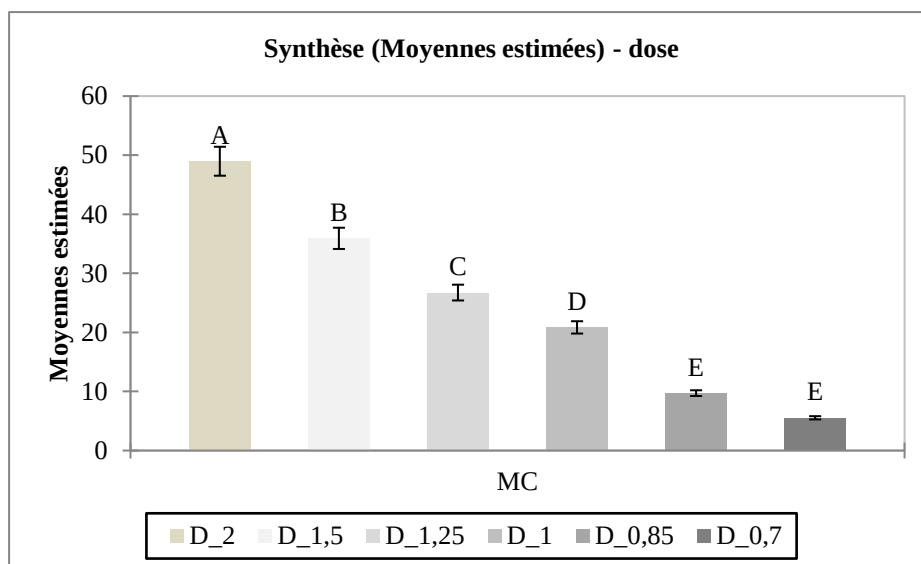


Figure 0-13. Groupes homogènes comparés des mortalités corrigées sous l'effet dose.

IV.5.1. Evolution de la population résiduelle de *D.citri* traités par *Origanum compactum* en fonction de l'interaction doses*temps

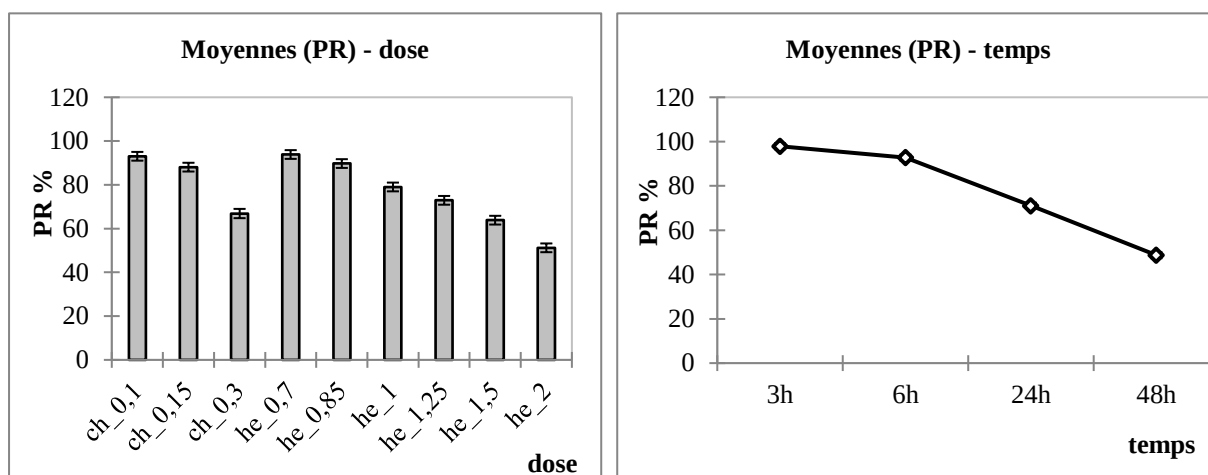


Figure 0-14. Pourcentages des populations résiduelles de *Dialeurodes citri* traités avec l'HE et le produit chimique en fonction des facteurs dose et temps.

Tableau 0-4 . Moyennes estimées des taux de populations résiduelles sous l'effet du facteur temps

Temps\Dose	ch_0,1	ch_0,15	ch_0,3	he_0,7	he_0,85	he_1	he_1,25	he_1,5	he_2
3h	100,000	98,958	95,984	100,000	98,718	97,739	97,316	97,036	95,238
6h	97,517	95,853	90,761	98,718	97,607	94,476	90,140	87,359	82,488
24h	91,504	85,427	57,816	94,567	88,376	72,294	68,568	54,030	27,102
48h	83,110	72,054	22,957	82,112	74,188	51,547	35,600	16,939	0,000

On constaté dans la figure des moyenne de PR en fonction de dose que le l'effet de traitement chimique il est neutre dans les trois dos 0.1 - 0.15 - 0.13 on point de vie de la toxicité sur la population de *D.citri*.

On constaté aussi que la toxicité d'huile d'origan elle va vers l'augmentation avec des pourcentages supérieur a 60% dans tout les dose donc globalement Il n'y a pas de toxicité, sauf dans la dose D_2 Il y a une toxicité moyen avec un pourcentage de 51%.

Dans la figure des moyenne de PR en fonction de temps on constaté que la D_2 après 72h, il sera toxique avec un moyenne inférieure a 30%.(Figure IV.10).

L'huile d'origan elle est très toxique sur les larves de *Dialeurodes citri* à partir de 24h.

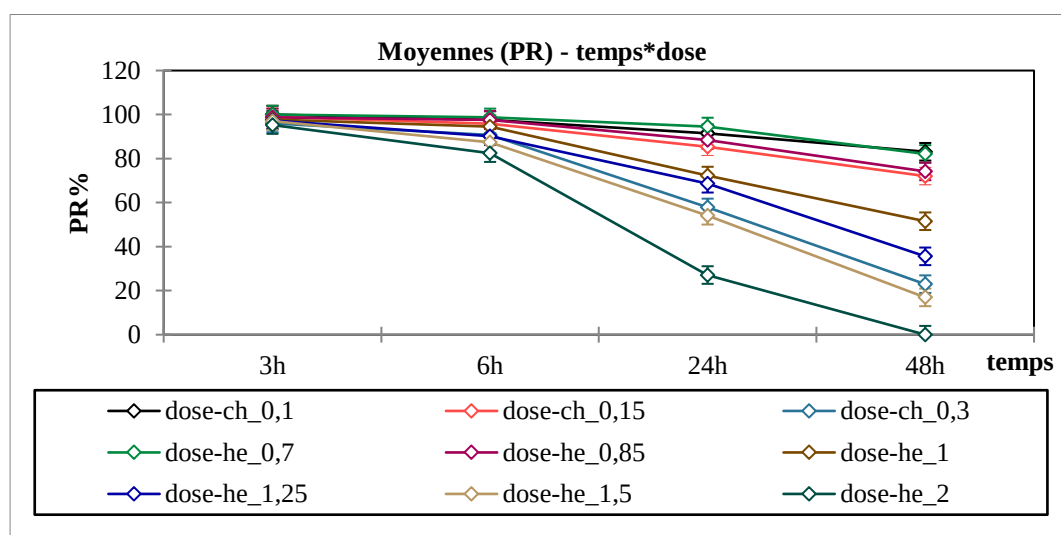


Figure 0-15 . Pourcentages des populations résiduelles de *Dialeurodes citri* traités avec l'HE et le produit chimique en fonction des interactions doses*temps.

On constate qu'il ya un augmentation de la toxicité dans le temps, donc la toxicité elle est neutre au temps 3h, 6h, 24h mais elle commence devenir toxique a partir de 48h, ca veut dire que si on a suivi jusqu'au 72h on va voire un effet toxique, mais nous pouvions pas suivi par ce que on a traité la cible qui est fixé sur le feuillage d'une coté. D'autre coté le traitement il a été réalisé au laboratoire sur un feuillage vivant donc ces dernier ne peut pas rester plus que 48h si non il va sécher. (Figure IV 10)

IV.6. Analyse de la variance pour le test d'efficacité de l'huile essentielle d'*Origanum compactum* et de l'Acétamipride sur *Dialeurodes citri*

Les résultats obtenus sont corrigés et consignés dans le tableau suivant :

Tableau 0-5. Résultats de l'analyse de variance (GLM) des populations résiduelles de *D.citri* par rapport aux temps et aux doses.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Dose	8,000	21249,063	2656,133	220,708	<0,0001
Temps	3,000	39787,336	13262,445	1102,025	<0,0001
Dose*Temps	24,000	13929,425	580,393	48,227	<0,0001

Tableau 0-6 Synthèse (Moyennes estimées) - dose

dose	PR
he_0,7	93,849 f
ch_0,1	93,033 f
he_0,85	89,722 ef
ch_0,15	88,073 e
he_1	79,014 d
he_1,25	72,906 c
ch_0,3	66,879 b
he_1,5	63,841 b
he_2	51,207 a

Dans la (Tableau IV -5) du moyennes estimées par dose On remarque qu'on a 6 groupes A, B, C, D, E, F, On a remarqué aussi que les doses (he_2), (he_1,25), (he_1), regroupés chacun dans un groupe A, C, D. les deux doses (he_1,5), (ch_0,3) sont regroupés dans le Group B, et les deux doses (he_0,7), (ch_0,1) sont regroupés dans le group F, et la dose (he_0,85) sont communs dans deux groupes E et F .

Tableau 0-7 Synthèse (Moyennes estimées) - temps

temps	PR
3h	97,888 d
6h	92,769 c
24h	71,076 b
48h	48,723 a

Dans la (Tableau IV-6) du moyennes estimées par temps remarque qu'on a 4 groupes A, B, C, D, Et On a remarqué aussi que chaque temps séparée dans un groupe 48h(A), 24h(B), 6h(C), 3h(D).

IV.7. Résultats du calcul des doses létales 50 (DL50)

Avant déterminé la DL50 On a calculé les probites

Tableau 0-8 Résultats du calculé des doses létales 50 (DL50)

Dose	Log dose	MC %	Probit
0,7	-0,15490196	5,54194648	3,36
0,85	-0,07058107	9,71815658	3,72
1	0	20,849162	4,19
1,25	0,09691001	26,7405453	4,39
1,5	0,17609126	35,9215141	4,64
2	0,30103	48,974002	4,97

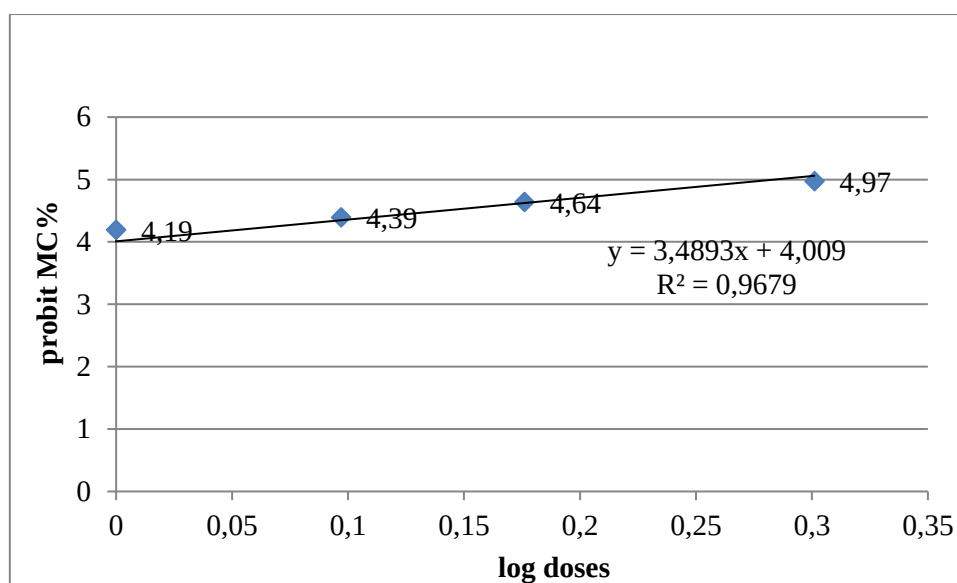


Figure 0-16. Courbe de régression des probits des mortalités corrigées en fonction des doses.

DL50= 1,923141

Discussion :

D'après ces résultats, nous ne constatons que l'application de l'huile essentielle de l'origan Par contact sur *Dialeurodes citri*. A engendré des taux de mortalité élevés. L'efficacité de ce produit augmente en fonction des doses utilisées (1_1.25 _1.5_ 2 ml).

L'huile essentielle révèle une meilleure efficacité et de meilleurs résultats par rapport à l'insecticide chimique, alors elle présente un effet très significatif sur *Dialeurodes citri*.

Selon (Cala, et al ; 2021) la phytotoxicité des principaux composés d'*Origanum* vis-à-vis des coléoptiles de blé étiolés a été comparée à celle de l'herbicide commercial (Logran®), avec une activité similaire ou supérieure dans certains cas. Ces résultats confirment l'extraordinaire potentiel des extraits de cette plante comestible pour développer des herbicides plus sûrs et plus respectueux de l'environnement.

L'huile d'origan diluée à 2% réduit 72% des larves des aleurodes pendant 24 heures du traitement.

D'après nos résultats, on peut signaler que les mortalités obtenues par contact pour les deux traitements sont sensiblement proches, ce qui laisse croire que l'huile essentielle de l'origan est un bio insecticide très efficace.

Les résultats obtenus par l'utilisation de ce produit, s'ajoutent aux travaux précédents

d'autres chercheurs qui ont procédé aux essais de l'effet insecticide des plantes. C'est ainsi que (**KIM et al ; 2003**) ont étudié l'effet de plus de 30 plantes aromatiques et médicinales de différentes espèces sur le développement de différents ravageurs.

Selon (**Baricevic et al ; 2001**) L'huile essentielle d'origan a montré des toxicités de fumigation et de contact pour le charançon du haricot, ce dernier étant plus puissant. Lors de l'examen de la toxicité par contact, la plante médicinale d'origan et l'huile essentielle à toutes les concentrations testées ont augmenté de manière significative les taux de mortalité des charançons du haricot par rapport aux témoins.

Conclusion générale

A la lumière des résultats obtenus depuis notre expérimentation :

L'huile essentielle de l'origan s'est avérée toxique vis-à-vis du ravageur des agrumes avec un taux de mortalité très élevé évalué à 100 % au bout de 48 heures pour le *Dialeurodes citri*, Par rapport à l'insecticide acétamipride qui était moins efficace.

Il ressort donc que l'huile essentielle réduit la durée de vie des larves testés dans temps un très court, ce qui signifie que la substance naturelle utilisée par contact présente une bonne action insecticide.

Cela nous amène à une conclusion finale que l'origan possède un très fort pouvoir actif et une bonne activité biologique à l'égard des espèces ravageurs diverses.

En perspective, ce modeste travail n'est qu'une démarche qui s'inscrit dans le cadre de la recherche de nouvelles approches prometteuses permettant une bonne protection de nos obtentions végétales.

Il est donc intéressant de poursuivre ces travaux en mettant en évidence l'action synergique des huiles essentielles naturelles dans les luttés contre toutes espèces ravageuses des cultures ainsi que des cultures agrumicole et afin de palier aux graves problèmes de résidus toxiques des pesticides chimiques employés.

Références bibliographiques

1. **Alain Fraval**, Ravageurs des végétaux d'ornement, 01 février 2002, Ravageurs des végétaux d'ornement. Arbres,... de David Alford - Livre - Decitre) [Statut pour la France métropolitaine]
2. **Alford, D. V., Commeau, M. F., Coutin, R., & Fraval, A. (1994)**. Ravageurs des végétaux d'ornement. *Arbres, Arbustes, Fleurs*. INRA Editions, Paris.
3. **Alford, S. (2002)**. Kingship and Politics in the Reign of Edward VI. Cambridge University Press.
4. **Argov, Y., Rossler, Y., Voet, H., and Rosen, D. 1999**. The biology and phenology of the citrus whitefly, *Dialeurodes citri* on citrus in the Coastal Plain of Israel. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 93:21-27.
5. **Argov, Y., Rossler, Y., Voet, H., and Rosen, D. 2000**. Introducing *Encarsiala horensis* against *Dialeurodes citri* in Israel: a case of successful biological control. *BioControl* 45: 1-10.
6. **AROUN M.E.F., 1985** — Les aphides et leurs ennemis naturelles en verger d'agrumes de la Mitidja (Algérie).Thèse. Mag. Agro. Inst. Nat. Agro, El- Harrach, 125p.
7. **Baricevic, C., Milevoj, L., & Borstnik, J. (2001)**. Insecticidal effect of oregano (*Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* Ietswaart) on bean weevil (*Acanthoscelides obtectus* Say). *International Journal of Horticultural Science*, 7(2), 84-88.
8. **Bellows, T. S., & Meisenbacher, C. (2007)**. Field population biology of citrus whitefly, *Dialeurodes citri* (Ashmead)(Heteroptera: Aleyrodidae), on oranges in California. *Population ecology*, 49(2), 127-134.
9. **Bellows, T.S., and Meisenbacher, Jr.C. 2007**. Field population biology of citrus whitefly, *Dialeurodes citri* (Ashmead) (Heteroptera: Aleyrodidae), on oranges in California. *Popul. Ecol.* 49: 127-134. (DOI10.1007/s10144-006-0028-y)
10. **Ben Messaoud-Boukhalfa, H. 1987**. Bioécologie de l'aleurode des agrumes : *Dialeurodes citri* (Ash.) (Homoptera : Aleyrodidae) dans un verger de clémentiniers en

Mitidja. Thèse de Magister en Sciences Agronomiques, Institut National Agronomique d'El Harrach, Alger, Algeria, 102 pp.

11. **BUTANI (D.). 1973.** Les ravageurs et les maladies des Citrus en Inde. *Fruits*, 28 (12), p. 851-855
12. **Butani, D. K. (1973).** les insectes ravageurs du cotonnier. xvi. les principaux problemes parasitaires du cotonnier en inde.
13. **Cala, A., Salcedo, J. R., Torres, A., Varela, R. M., Molinillo, J. M., & Macías, F. A. (2021).** A study on the phytotoxic potential of the seasoning herb marjoram (*Origanum majorana* L.) leaves. *Molecules*, 26(11), 3356.
14. **Caltagirone, L. E. (1981).** Landmark examples in classical biological control. *Annual Review of Entomology*, 26(1), 213-232.
15. **Camille J et al. (2013).** Les clémentiniers et autres petits agrumes. Quae, France, Collection Savoir- faire, No 1952-1251, P 17- 149.
16. **Camille J et al. (2013).** Les clémentiniers et autres petits agrumes. Quae, France, Collection Savoir- faire, No 1952-1251, P 17- 149.
17. **Dahri, A. 2017.** Contribution à l'étude de l'entomofaune des Citrus en Tunisie. Projet de Fin d'Etudes du Cycle Ingénieur, Institut National Agronomique de Tunisie, Université de Carthage, Tunis, Tunisia, 74 pp.
18. **Dahri, A., and Boulahia-Kheder, S. 2017.** Le pou rouge de Californie *Aonidiella aurantii* (Hemiptera, Diaspididae) sur Citrus en Tunisie: Insecte anodin ou envoie de devenir économiquement important? Page 180. In: Abstract book of First Maghreb Symposium on Integrated Plant Protection (SYMPIP 2017). October 30-November 1st, 2017, Sousse, Tunisia.
19. **Dajoz, R. (1985).** Répartition géographique et abondance des espèces du genre *Triplax* Herbst (Coléoptères, Erotylidae). *L'Entomologiste* (Paris), 41(3), 133-141.
20. **Dhouibi, M.H., and Jerraya, A. 1991.** Essai de traitement contre la mouche blanche des agrumes *Aleurothrixus* *Tunisian Journal of Plant Protection* 18 Vol. 16, No 1, 2021 *floccosus* Mask. (Homoptera : Aleyrodidae). Med. Fac. Landbouwn. RijkSuniv. Gent.,

56/3b: 1129-1142.

21. **Dhuique-Mayer, C. (2007).** Evaluation de la qualité nutritionnelle des jus d'agrumes: estimation in vitro de la biodisponibilité des caroténoïdes (Doctoral dissertation, UM2).
22. **Douglas, D. C., & Rothwell, H. (Eds.). (1996).** English Historical Documents, 1189 1327 (Vol. 3). Psychology Press.
23. **Erenler, R., Demirtas, I., Karan, T., Gul, F., Kayir, O., & Karakoc, O. C. (2018).** Chemical constituents, quantitative analysis and insecticidal activities of plant extract and essential oil from *Origanum onites* L. *Trends in Phytochemical Research*, 2(2), 91-96.
24. **FAO 2020** - Food and Agriculture Organization.
25. **Fasulo TR, Brooks RF. (March 2010).** Whitefly pests of citrus. EDIS. ENY-815. (No longer available online).
26. **Fasulo TR, et al. (2008).** Whitefly: A hypertext knowl-edgebase on the silverleaf, sweetpotato, greenhouse and bandedwinged whiteflies. United States Department of Agriculture.(No longer available online).
27. **Fasulo**, Department of Entomology and Nematology, UF/IFAS Extension; and H. V. Weems, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry; UF/IFAS Extension, Gainesville, FL 32611.
28. **Garcia-Marí, F., Ammad, F., Armengol Forti, J., Aroun, M.E.F., Belguendouz, R., Benfekih, L., Bounaceur, F., Chermiti, B., Conti, F., Entrudo Fernandes, J., Carlos Franco, J., Giannakou, I., Kapaxidi, E., Kormpi, M., Markellou, E., Boukhalfa R., Razi, S., Satar, S., Siscaro, G., Smaili, M.C., Soares, C., Tzortzakakis E., and Varikou, K. 2018.** Questionnaire on the current situation of citrus pests and diseases in the Mediterranean basin. IOBC-WPRS Bulletin Integrated Control in Citrus Fruit Crops 132:
29. **Gausсен, H., & BAGNOULS, F. (1953).** Saison sèche et indice xérothermique. Toulouse, França: Université de Toulouse, Facultei dès Sciences.
30. **Hodges, G.S., and Evans, G.A. 2005.** An identification guide to the whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of the South-Eastern United States. *Florida Entomologist* 88 (4): 518-534.

31. **JERRAYA et al, 1986**, -La mouche d'olive *Dacus oleae* Gmelin. (Diptera- Tephritidae) et son impact sur la production oleicole dans la région de Sfax (Tunisie). *Ann.Inst.Nati.Agro.*, Tunisie, 1(1), pp.5-54.
32. **Kheder-Boulaia, S. 1993**. Etude des aleurodes dans un verger agrumicole du Cap-Bon et plus particulièrement de *Parabemisia myricae* (Kuwana) (Homoptera : Aleyrodidae). Mémoire de Fin de Cycle de Spécialisation, Institut National Agronomique de Tunisie, Université de Carthage, Tunis, Tunisia, 153 pp.
33. **KIM S. I. et al., 2003**. Insecticidal activity of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus Oryzae* and *Collosobruchus chinensis*. *Journal of stored products research*. 39 (2003) PP 293- 303.
34. **Klotz, L. J. (1973)**. Colour hand book of citrus diseases. Univ. Calif. Div. Agric. Sci., 122 p.
35. **LOUSSET. (1989)**. Les agrumes, production. Ed.Scienc.Univ. Liban, vol.1, 80p, Vol2, 280p
36. **MADR (2011)**. Le ministre de l'agriculture et du développement rural (MADR) Bilan de la production agronomique. La direction des stations agricoles et de système d'information MADR.Algérie.
37. **Mahmoudi, A., Allal Benfekih, L., & Rouabhi, A. (2017)**. Approche fonctionnelle de la diversité des communautés d'insectes auxiliaires dans un verger de clémentinier à Chlef. *Revue Agrobiologia*, 7(2), 445-458.
38. **MARCHAL (P.). 1916**. Les sciences biologiques appliquées à l'agriculture et la lutte contre les ennemis des plantes aux &at&-Unis. *Ann. Epiphyties*, 3, 113-117.
39. **Marchal, H. (1916)**. Dégagement du *Phimânakàs*. *Bulletin de l'École française d'Extrême-Orient*, 16(1), 57-68.
40. **Mattson W.J. et Haack R.A., 1987**- The role of drought in outbreaks of plant-eating insect. *Ed. Bioscience*, vol. 37, n° 2, pp. 110-118.
41. **Mendil M. (2016)**. la culture des agrumes. INSTITUT TECHNIQUE DE L'ARBORICULTURE FRUITIÈRE ET DE LA VIGNE ITAF, Alger, P 01- 17.

42. **Mercier, A. (1999).** sur l'espace-temps didactique etudes du didactique, en sciences de l'education (doctoral dissertation, université de provence-aix-marseille i).
43. **Mifsud, D., Cocquempot, C., Mühlethaler, R., Wilson, M. & Streito, J. 2010.** Other Hemiptera Sternorrhyncha (Aleyrodidae, Phylloxeroidea, and Psylloidea) and Hemiptera Auchenorrhyncha. Chapter 9.4. *BioRisk*, 4(undefined): 511-552.
44. **Mound, L.A., and Halsey, S.H. 1978.** Whitefly of the world. A systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data. British Museum (Natural History) and John Wiley and Sons, Chichester-New York - Brisbane-Toronto, USA, 340 pp.
45. **ONILLON (J.C.), FRANCO (E.) et BRUN (P.). 1973.** Contribution à l'étude de la dynamique des populations d'hol110p. tères inféodés aux agrumes. II.- Estimation de la surface des feuii.. des principales espèces d'agrumes cultivées en Corse. *Fruits*, 28 (1), 37-38.
46. **Onillon, J. C. (1977).** Aspectos de la ecología de algunos aleuródidos. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, 3, 175-198.
47. **Onillon, J-C. 1975.** Contribution à l'étude de la dynamique des populations d'Homoptères inféodés aux agrumes. V.3. Evolution des populations d'A. floccosus (Homopt., Aleurodidae) pendant les 3 années suivant l'introduction de C. noaki How. (Hyménopt., Aphelinidae). *Fruits* 30 (4) : 237-245.
48. **Patrick O et Navarro L. (2012).** Citrus, France, P 624.
49. **Quaintance, A. L. & Baker, A. C. (1916)** Aleurodidae or whiteflies attacking the orange with descriptions of three new species of economic importance. *Journal of Agricultural Research*, 6, 459 - 472.
50. **Quaintance, A. L. & Baker, A. C. (1916)** Aleurodidae or whiteflies attacking the orange with descriptions of three new species of economic importance. *Journal of Agricultural Research*, 6, 459 - 472. <https://edis.ifas.ufl.edu>.
51. **Ragland J (2019)** How to Get Rid of Whiteflies [en ligne]. Disponible sur :<https://HowtoGetRidofWhiteflies.getridofthings.com>) (Consulté le 25 Mai 2022)

52. Site: <https://edis.ifas.ufl.edu>.

53. **Soto, A., Ohlenschläeger, F., & García-Marí, F. (2002).** Distribution and sampling of the whiteflies *Aleurothrixus floccosus*, *Dialeurodes citri*, and *Parabemisia myricae* (Homoptera: Aleyrodidae) in Citrus in Spain. *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 167-173.

54. **Stewart, P. (1969).** Cupressus dupreziana, threatened conifer of the Sahara. *Biological Conservation*, 2(1), 10-12.

55. **Swingle, W.T. and Reece, P.C. (1967)** The botany of Citrus and its wild relatives. In : The citrus industry. 1. History, world distribution, botany and varieties, W. Reuther et al. éd., Berkeley, Etats-Unis, University of California Press, pp. 190–430.

56. **Uygun, N., Ohnesorge, B., and Ulusoy, R. 1990.** Two species of whiteflies on citrus in Eastern Mediterranean: *Parabemisi amyricae* (Kuwana) and *Dialeurodes citri* (Ashmead). *Morphology, Biology, Host plants and Control in Southern Turkey*. *J. Appl. Ent.* 110: 471-482.

57. **wabo–poné, 2005-**. – Etude comparée in vitro de l’activité nématodicide de l’extrait éthanoïque de la poudre d’écorce de *Canthium mannii* (Rubiaceae) et du Mébendasole.P2

58. **Yigit, A., R. Canhilal, and U. Ekmekci. 2003.** Seasonal population fluctuations of *Serangium parcesetosum* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of citrus whitefly, *Dialeurodes citri* (Homoptera: Aleyrodidae) in Turkey’s Eastern Mediterranean Citrus Groves. *Environ. Entomol.* 32: 1105–1114. Zera, A. J., and R. F. Denno. 1997. Physiology and ecology of dispersal polymorphism in insects. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 207–230.

59. **YuQiu L et al. History. (2012).** Global Distribution, and Nutritional Importance of CitrusFruits. Institute of Food Technologists®, p 530

60. **Zanic, K., IgrcBarcic, J., and Kacic, S. 2001.** *Dialeurodes citri* (Ashmead, 1885) in the Adriatic Region of Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 66 (3): 161-168.

