

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES
AGRONOMIQUES

Laboratoire de Production, Sauvegarde des Espèces Menacées et des Récoltes. Influence
des variations climatiques.

THESE DE DOCTORAT

Spécialité : Sciences Biologiques

Option : Ecologie et Biodiversité Animale des Ecosystèmes continentaux



Présentée
par BACHI Karima

**Bioécologie de la mouche méditerranéenne des
fruits, *Ceratitis capitata* Wied. 1824 (Diptera;
Tephritidae) sur quelques variétés fruitières en
Kabylie. Essai de lutte biologique au
laboratoire.**

Devant le jury composé de :

| | | | |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------|
| Mr KELLOUCHE Abdellah | Professeur | U.M.M. de Tizi-Ouzou | Président |
| Mme SADOUDI-ALI AHMED Djamila | Professeur | U.M.M. de Tizi-Ouzou | Rapporteur |
| Mr DJAZOULI Zahredine | Professeur | Université de Blida | Examineur |
| Mme FRAH Naama | Professeur | Université de Batna | Examinatrice |
| Mme KRIMI Zoulikha | Professeur | Université de Blida | Examinatrice |
| Mme HEDJAL Mariam | Maître de Conférences | U.M.M. de Tizi-Ouzou | Examinatrice |

Soutenue publiquement le 22/ 02 / 2018

Remerciements

Un travail de doctorat est une démarche où le candidat fournit des efforts de recherche et d'investigation à travers lequel il donne une empreinte à sa démarche. C'est un travail qui abouti grâce à la contribution de nombreuses personnes qui sur le terrain, qui par l'orientation scientifique, qui sur le plan administratifs qui par les encouragements et le soutien moral.

C'est à l'ensemble de toutes ces contributions que je dois la finalisation de ce travail.

Il m'est tous d'abord agréable de remercier ma directrice de thèse, le Professeur SADOUDI ALI AHMED D. qui m'a accueilli dans son laboratoire et qui a diriger ce travail de recherche. J'ai ainsi eu la chance de bénéficier de son soutien et de ses encouragements pendant les durs moments de doute et de découragement. Sa disponibilité, sa confiance, sa générosité, sa gentillesse m'ont marqué à jamais. Travailler sous sa direction a été un honneur et un plaisir inégalable.

Je remercie vivement M^r KELLOUCHE A., Professeur et doyen de la faculté des sciences Biologiques et des sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse. Qu'il trouve ici mes sincères et chaleureux remerciements.

Je tiens à remercier M^r DJAZOULI Z. et M^{me} KRIMI Z., Professeurs à l'université de Blida ainsi que M^{me} FRAH N., Professeur à l'université de Batna et M^{me} HEDJAL M., Maître de Conférences à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. C'est un honneur et un immense plaisir de présenter ce travail devant vous et de prendre de votre temps pour siéger dans mon jury.

Je remercie M^{elle} ALI AHMED S. pour toutes les analyses statistiques et son soutien moral. De même je remercie M^{elle} ALI AHMED C, pour ses conseils et son soutien moral.

Je tiens à remercier l'ingénieur de laboratoire de Production, Sauvegarde des Espèces Menacées et des Récoltes. Influence des variations climatiques, M^{elle} ABROUS H. Merci à M^{me} HADBI M et M^{elle} ABDELLI ingénieurs de laboratoire de biologie animale et biologie végétale pour leur accueil, leur disponibilité et leur gentillesse.

Merci à M^{elle} LAHSEN S., M^r MOALEK, M^{me} LARIAN et M^{me} IRATNI AICH G. de m'avoir accueilli dans le laboratoire LABAB et merci pour toutes vos aides précieuses. Je tiens à remercier le professeur HOUALI de m'avoir accordé l'accès dans ce laboratoire.

Je tiens à exprimer mes remerciements et ma gratitude à Melle MEGUENI N, M^{elle} DERMECH S de m'avoir accueilli dans le laboratoire de microbiologie.

Merci à M^{me} SAHMOUN SIDI MANSOUR F pour ses précieux conseils, sa confiance et sa disponibilité.

Je tiens à présenter mes sincères remerciements à M^{me} MANSOUR BEN AMAR M., M^{elle} AMAR KHODJA N, M^{me} GUICHAOUI, pour leur soutien moral, leur gentillesse, leur disponibilité et toutes leurs précieuses aides.

Merci à M^r HAMEG S pour tous ses encouragements, sa gentillesse et son soutien moral.

Je remercie M^r et M^{elle} AIT MOULOUD pour leur bonne compagnie durant nos déplacements à la direction du P.N.D.

Je présente mes sincères remerciements à M^rMERIBAI directeur du Parc National de Djurdjura à Bouira de nous avoir accueilli et d'avoir mis à notre dispositions toutes les informations concernant le P.N.D. Merci aussi à tous le personnel pour son accueil chaleureux.

Je tiens à remercier mes parents, mes sœurs, mes tantes et mes oncles qui m'ont soutenu durant toute cette période de travail et dans les moments difficiles. Merci pour tous vos encouragements.

Enfin, je ne saurai bien sûr, oublier d'assurer de ma gratitude à tous ceux, trop nombreux pour être cités ici, qui m'ont fait bénéficier de leur expérience, de leur soutien, lors des différentes étapes de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

- *mes très chers parents*
- *Très chères sœurs AMEL, LILIA et l'adorable KATIA*
- *Mon petit ange MOHAMED LENY*

La mouche méditerranéenne des fruits, *C. capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera; Tephritidae.) est l'un des plus importants ravageurs pouvant infester les vergers si sa prolifération n'est pas contrôlée. Parmi les mesures préventives recommandées dans la lutte contre ce ravageur, nous nous sommes intéressés à la recherche de variétés fruitières de notre région qui seraient résistantes à l'infestation. Cette dernière est estimée par le nombre de piqûres/fruit ainsi que le nombre de pupes/fruit. L'effet de la variété sur les paramètres biologiques de la cécidie tels que la durée de pupaison, le taux d'émergence, le sex-ratio et la longévité est également évalué.

D'autre part, nous avons étudié l'effet bioinsecticide des extraits des lichens *Ramalina farinacea* et *Parmelia acetabulum*, les huiles essentielles de *Myrtus communis*, *Citrus limonum*, *C. sinensis* et *C. paradisi*, les extraits aqueux de *Rosmarinus officinalis* et de *Lavandula stoechas* et ce en adoptant des tests par inhalation sur les adultes et les pupes et des tests par contact sur les larves du troisième stade. Nous avons aussi étudié l'effet entomopathogène du champignon *Penicillium roqueforti* à l'égard des larves, des pupes et des adultes de la cécidie.

L'estimation de l'infestation en fonction du nombre de piqûres/fruit révèle que l'orange Thomson est la plus piquée avec 1,78 piqûres/fruit. L'estimation du nombre de pupes/fruit révèle que la pêche Redhaven est la plus infestée. Les variétés d'oranges Washington et Moro ainsi que le citron Eureka n'ont pas permis l'évolution de la cécidie. En outre, la durée de pupaison, le taux d'émergence, le sex-ratio et la longévité des adultes de la cécidie varient de façon très hautement significative selon la variété.

Lors du test par contact sur les larves, les deux extraits de *L. stoechas* et *R. officinalis* ont donné des taux de mortalité respectifs de 96,6 et 93,33% à la dose 40µl. Lors du test par inhalation sur les adultes, l'huile essentielle de *C. limonum* a donné les meilleurs résultats. Nous avons obtenu une mortalité totale des mouches à la dose 17µl en 24 heures d'exposition. L'extrait de *R. farinacea* s'est révélé plus efficace que l'extrait de *P. acetabulum*. Lors du test par inhalation sur les pupes, l'huile essentielle de *M. communis* nous a permis d'obtenir le plus faible taux d'émergence de 13,3% à la dose 20µl.

Il ressort des résultats obtenus que les huiles essentielles testées agissent à de faibles doses mais vu la difficulté des procédés d'extraction, il serait préférable d'utiliser les extraits aqueux qui sont facilement réalisables. Par ailleurs, la dose $4 \cdot 10^6$ spores/ml de la suspension conidienne de *P. roqueforti* augmente le taux de mortalité larvaire à 21% et ne permet aucune émergence des adultes de la cécidie issues des larves traitées.

Mots clé : *C. capitata*, variété, piqûres, pupes, bioinsecticide, extrait végétal, huiles essentielles, suspension conidienne.

Summary

Mediterranean fruit fly, *C. capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera, Tephritidae.) is one of the most important pests that can infest orchards if its proliferation is not controlled. Among the preventive measures recommended in the fight against this pest, we were interested in the search for fruit varieties of our region that would be resistant to infestation. The latter is estimated by the number of bites / fruit and the number of pupae / fruit. The effect of the variety on the biological parameters of *C. capitata* such as duration of pupation, emergence rate, sex ratio and longevity is also evaluated.

On the other hand, we studied the bioinsecticidal effect of the extracts of the lichens *Ramalina farinacea* and *Parmelia acetabulum*, the essential oil of *Myrtus communis*, *Citrus limonum*, *C. sinensis* and *C. paradisi*, the aqueous extracts of *Rosmarinus officinalis* and *Lavandula stoechas* and this by taking tests by inhalation either on adults or pupae and contact tests on the third instar larvae. We also studied the entomopathogenic effect of the fungus *Penicillium roqueforti* on larvae, pupae and adults of *C. capitata*.

The infestation estimate based on the number of bites / fruit shows that Thomson orange is the most pricked with 1.78 bites / fruit. The estimated number of pupae / fruit indicates that the Redhaven peache is the most infested. The varieties of oranges Wachington, and Moro as well as lemon Eureka did not allow the evolution of medfly. In addition, the duration of pupation, the emergence rate, the sex ratio and the longevity of Mediterranean fruit fly adults vary very highly according to the variety.

In the larval contact test, the two extracts of *L. stoechas* and *R. officinalis* gave mortality rates of 96.6 and 93.33%, respectively, at dose of 40µl. In the inhalation test on adults, the essential oil of *C. limonum* gave the best results. We obtained total adult mortality at the dose of 17µl in 24 hours of exposure. *R. farinacea* extract is more effective than *P. acetabulum*. During the inhalation test on the pupae, the essential oil of *M. communis* allowed us to obtain the lowest emergence rate of 13.3% at the dose 20µl.

Results show that the essential oils tested operate at low doses but due to the difficulty of the extraction processes, it would be preferable to use the aqueous extracts which are readily obtainable. In addition, the dose of $4 \cdot 10^6$ spores / ml of the conidial suspension of *P. roqueforti* increased the larval mortality rate to 21% and did not allow emergence of the *C. capitata* adults from the treated larvae.

Key words: *C. capitata*, variety, stings, pupae, bioinsecticide, plant extract, essential oils, conidial suspension.

| | |
|--|----|
| Figure1 : Répartition géographique de <i>C. capitata</i> (Maddisson & Bartlett, 1999)..... | 9 |
| Figure 2 : Œuf de <i>C. capitata</i> vu à la loupe binoculaire (G X 800) (Originale, 2012) | 12 |
| Figure 3 : Larves de <i>C. capitata</i> vues à la loupe binoculaire (G X 400) (Originale, 2012)..... | 13 |
| Figure 4 : Pupa de <i>C. capitata</i> vue à la loupe binoculaire (G X 400) (Originale, 2012) | 13 |
| Figure 5 : Femelle de <i>C. capitata</i> vue à la loupe binoculaire (GX400) (Originale, 2012) | 14 |
| Figure 6 : Tête de la femelle de <i>C. capitata</i> vue à la loupe binoculaire (G X 800) (Originale, 2012)..... | 15 |
| Figure 7 : Oviscapte de la femelle de <i>C. capitata</i> vue à la loupe binoculaire (G X 800) (Originale, 2012) | 15 |
| Figure 8 : Mâle de <i>C. capitata</i> vue à la loupe binoculaire (G X 400) (Originale, 2012)..... | 15 |
| Figure 9 : Tête du mâle de <i>C. capitata</i> vue à la loupe binoculaire (G X 800) (Originale, 2012) | 16 |
| Figure 10 : Cycle biologique de la cératite (Originale, 2012)..... | 17 |
| Figure 11 : Schéma représentant le nombre de générations possibles en Algérie (Oukil, 1995) | 20 |
| Figure12 : Piqûres de la cératite sur la Thomson et le citron Eureka (Originale, 2014)..... | 24 |
| Figure13 : Piqûres de la cératite sur la figue de la variété Thaamrounthe (droite) et Thabouhvoult (gauche) (Originale, 2012) | 24 |
| Figure 14 : Piège Gobe Mouche (Mc Phail). (Originale, 2015)..... | 31 |
| Figure 15 : Piège Jackson. (Originale, 2015) | 31 |
| Figure 16 : Situation géographique de la wilaya de Tizi-Ouzou (NAFTAL, 2011) | 39 |
| Figure 17 : Plan parcellaire du verger Derridj (Google Earth, 2016) | 40 |
| Figure 18 : Plan parcellaire du verger Aissat (Google Earth, 2017) | 41 |
| Figure 19 : Plan parcellaire du verger Azouni (Google Earth, 2017) | 42 |
| Figure 20 : Plan parcellaire du verger de Sidi Naâmane (Google Earth, 2017)..... | 42 |
| Figure 21 :Plan parcellaire du verger Assiakh-Oumedour (Google Earth, 2013)..... | 43 |
| Figure 22 : Plan parcellaire du verger Chabane(Google Earth, 2016)..... | 44 |
| Figure 23 :Plan parcellaire du verger Chamlal(Google Earth, 2016) | 45 |
| Figure 24 : Plan parcellaire du verger Achour (Google Earth, 2015) | 45 |
| Figure 25 : Plan parcellaire du verger Chaib (Google Earth, 2012)..... | 46 |
| Figure 26 : Variations des températures moyennes mensuelles, moyennes mensuelles minimales et moyennes mensuelles maximales de 2005-2015 (O.N.M, 2017)..... | 48 |
| Figure 27 : Variations des températures moyennes annuelles de 2005-2015 (O.N.M, 2017)..... | 48 |
| Figure 28 : Variations des précipitations moyennes mensuelles de 2005-2015 (O.N.M, 2017)..... | 49 |
| Figure 29 : Variations des précipitations moyennes annuelles de 2005-2015 (O.N.M, 2017)..... | 49 |

| | |
|---|----|
| Figure 30 : Variation de l'humidité moyenne mensuelle durant la période 2005-2015 (O.N.M de Tizi-Ouzou, 2017) | 50 |
| Figure 31 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de Tizi-Ouzou durant la période 2005-2015 (O.N.M de T.O, 2017) | 51 |
| Figure 32 : Position de la wilaya de Tizi-Ouzou dans le climatogramme d'Emberger pour la période 2005-2015..... | 52 |
| Figure 33 : localisation du site de prélèvement de <i>R. farinacea</i> | 53 |
| Figure 34 :Localisation du site de prélèvement de <i>P. acetabulum</i> | 54 |
| Figure 35 : Localisation du site de prélèvement de <i>L. stoechas</i> | 55 |
| Figure 36 : Localisation du site de prélèvement de <i>M. communis</i> | 55 |
| Figure 37 : Orange Thomson (Originale, 2014)..... | 56 |
| Figure 38 : Orange Valencia late (Originale, 2015)..... | 57 |
| Figure 39 :Orange variété Moro (Originale, 2015)..... | 57 |
| Figure 40 : Orange variété Waschington (Originale, 2015)..... | 58 |
| Figure 41 : Citron Eureka (Originale, 2015) | 58 |
| Figure 42 : Clémentine Montréal (Originale, 2015) | 59 |
| Figure 43 : Pêche Cardinal (Originale, 2015) | 60 |
| Figure 44 : Pêche Redhaven (Originale, 2015)..... | 60 |
| Figure 45 : Figue variété Achtoui (Originale, 2015)..... | 61 |
| Figure 46 : Piqûres de <i>C. capitata</i> sur l'orange et le citron (Originale, 2014)..... | 63 |
| Figure 47 : Dispositif expérimental pour récupérer les pupes (Originale, 2014)..... | 63 |
| Figure 48 : <i>R. farinacea</i> (Originale, 2012)..... | 66 |
| Figure 49 : <i>P. acetabulum</i> (Originale, 2014) | 66 |
| Figure 50 : <i>Myrtus communis</i> (Originale, 2015)..... | 67 |
| Figure 51 : <i>R. officinalis</i> (Originale, 2015) | 68 |
| Figure 52 : <i>L. stoechas</i> (Originale, 2015) | 69 |
| Figure 53 : Morphologie de <i>P. roqueforti</i> Thom.vu sous le microscope optique au G X 400(Originale, 2014) | 70 |
| Figure 54 : Méthode d'obtention de l'extrait de lichen (Halluwyn&Lerond, 1993)..... | 72 |
| Figure 55 : Méthode d'obtention de l'extrait végétal (Originale, 2015)..... | 75 |
| Figure 56 : Isolement et prélèvement de <i>P. roqueforti</i> du fromage roquefort (Originale, 2014)..... | 77 |
| Figure 57 : Ensemencement de <i>P. roqueforti</i> prélevé à la surface du fromage sur milieu PDA (Originale, 2014) | 77 |

Liste des figures

| | |
|--|-----|
| Figure 58 : Ensemencement et repiquage d'implant de rondelle d'inoculum de <i>P. roqueforti</i> sur milieu PDA (Originale, 2014)..... | 77 |
| Figure 59 : Evaluation de la croissance mycélienne de <i>P. roqueforti</i> sur milieu RC (Originale, 2014)... | 78 |
| Figure 60 : Dispositif expérimental du test par inhalation vis-à-vis des adultes de <i>C. capitata</i> selon les différentes doses de l'extrait de lichen (Originale, 2012) | 80 |
| Figure 61 : Dispositif expérimental du test par inhalation (Originale, 2013) | 81 |
| Figure 62 : Dispositif expérimental du test de répulsivité (Originale, 2013)..... | 83 |
| Figure 63 : Test par contact de l'extrait végétal sur les larves L3 de <i>C. capitata</i> (Originale, 2015)..... | 85. |
| Figure 64 : Test par inhalation sur les pupes de la cératite (Originale, 2015)..... | 86 |
| Figure 65 : Nombre moyen de piqûres/fruit selon la variété..... | 88 |
| Figure 66 : Taux de fruit piqués selon les variétés..... | 89 |
| Figure 67 : Nombre de pupes/ fruit selon les variétés..... | 89 |
| Figure 68 : Durée moyenne de pupaison selon les variétés étudiées | 90 |
| Figure 69 : Taux moyen d'émergence selon les variétés étudiées. | 91 |
| Figure 70 : Sex-ratio moyen des adultes de la cératite selon les variétés étudiées | 91 |
| Figure 71 : Longévité des mâles et des femelles de la cératite selon les variétés étudiées | 92 |
| Figure 72 : Mortalité moyenne cumulée des adultes de la cératite selon les facteurs dose et temps d'exposition à l'extrait de <i>R. farinacea</i> | 93 |
| Figure 73 : Droite de régression de la mortalité des adultes de <i>C. capitata</i> selon les concentrations de l'extrait de <i>R. farinacea</i> | 94 |
| Figure 74 : Mortalité moyenne cumulée des adultes de la cératite selon les facteurs dose de l'extrait de <i>P. acetabulum</i> et temps d'exposition..... | 95 |
| Figure 75 : Droite de régression exprimant la mortalité des adultes de <i>C. capitata</i> selon concentrations de l'extrait de <i>P. acetabulum</i> | 95 |
| Figure 76 : Mortalité moyenne cumulée des adultes de <i>C. capitata</i> en fonction des facteurs dose et temps d'exposition à l'huile essentielle de <i>M. communis</i> | 96 |
| Figure 77 : Droite de régression de la mortalité des adultes de <i>C. capitata</i> en fonction des concentrations d'huile essentielle de <i>M. communis</i> | 97 |
| Figure 78 : Nombre de mouches de <i>C. capitata</i> recensées dans les deux parties traitées et non traitées à différentes doses d'huile essentielles de <i>M. communis</i> | 98. |
| Figure 79 : Taux d'émergence des adultes de <i>C. capitata</i> traitées par différentes doses d'huile essentielle de <i>M. communis</i> | 99 |
| Figure 80 :Mortalité des adultes de <i>C. capitata</i> traitées par différentes doses d'huile essentielle de <i>C. limonum</i> | 99 |

| | |
|--|------|
| Figure 81 :Droite de régression exprimant la mortalité des adultes de <i>C. capitata</i> selon concentrations de l'extrait de <i>C. limonum</i> | 100 |
| Figure 82 :Mortalité des adultes de <i>C. capitata</i> traitées par différentes doses d'huileessentielle de <i>C. sinensis</i> | 101 |
| Figure 83 :Droite de régression exprimant la mortalité des adultes de <i>C. capitata</i> selon concentrations de l'extrait de <i>C. sinensis</i> | 101 |
| Figure 84 :Mortalité des adultes de <i>C capitata</i> traitées par différentes doses d'huileessentielle de <i>C. paradisi</i> | 102 |
| Figure 85 : Droite de régression exprimant la mortalité des adultes de <i>C. capitata</i> selon concentrations de l'extrait de <i>C. paradisi</i> | 103 |
| Figure 86 : Polyphénols totaux de l'extrait de <i>R. officinalis</i> et de <i>L. stoechas</i> | 103 |
| Figure 87 : Teneur en flavonoïdes de l'extrait de <i>R. officinalis</i> et de <i>L. stoechas</i> | 104 |
| Figure 88 : Taux de mortalité larvaires de <i>C. capitata</i> en fonction des doses testées de l'extrait de <i>R. officinalis</i> et du temps d'exposition..... | 104 |
| Figure 89 : Taux de larves de <i>C. capitata</i> transformées en pupe selon les différentes doses de <i>R. officinalis</i> | 105 |
| Figure 90 : Taux d'émergence des adultes de <i>C. capitata</i> en fonction des différentes doses de <i>R. officinalis</i> | 106 |
| Figure 91 : Taux d'émergence en fonction des doses testées de <i>R. officinalis</i> | 107 |
| Figure 92 : Taux de mortalité larvaires de <i>C. capitata</i> selon les différentes doses de <i>L. stoechas</i> | 108. |
| Figure 93 : Taux de larves de <i>C. capitata</i> transformées en pupes selon les différentes doses de <i>L. stoechas</i> | 108 |
| Figure 94 : Taux d'émergence de <i>C. capitata</i> selon les différentes doses de <i>L. stoechas</i> | 109 |
| Figure 95 : Taux d'émergence de <i>C. capitata</i> selon les différentes doses de <i>L. stoechas</i> | 110 |
| Figure 96 : Croissance mycélienne moyenne de <i>P. roqueforti</i> observé sur le milieu PDA en fonction du ph après 8 jours d'incubation..... | 111 |
| Figure 97 : Croissance mycélienne moyenne de <i>P. roquefort</i> sur le milieu PDA en fonction de la température après 8 jours d'incubation..... | 112 |
| Figure 98 : Croissance mycélienne moyenne de <i>P. roqueforti</i> sur milieux, PDA et RC après 8 jours d'incubation..... | 112 |
| Figure 99 : Sporulation moyenne de <i>P. roqueforti</i> sur les milieux PDA et RC après 8 jours d'incubation..... | 113 |
| Figure 100 : Taux de mortalité des larves du troisième stade de <i>C. capitata</i> en fonction des différentes doses de la suspension conidienne de <i>P. roqueforti</i> après 24 heures de traitement... | 113 |

| | |
|---|-----|
| Figure 101: Taux de larves du troisième stade de <i>C. capitata</i> transformées en pupes en fonction des différentes doses de la suspension conidienne de <i>P. roqueforti</i> après 48 heures de traitement..... | 114 |
| Figure 102: Taux de pupes mal formées de <i>C. capitata</i> en fonction des différentes doses de la suspension conidienne de <i>P. roqueforti</i> après 48 heures de traitement..... | 115 |
| Figure 103 : Pupes males formée (a et b), pénétration des hyphes mycéliens de <i>P. roqueforti</i> (c et d)..... | 116 |
| Figure 104 : Taux d'émergence des adultes de <i>C. capitata</i> issus des larves traitées en fonction des différentes doses la suspension conidienne de <i>P. roqueforti</i> | 117 |
| Figure 105 : Taux d'émergence des adultes de <i>C. capitata</i> issus des larves mises dans un sol contaminé en fonction des différentes doses conidienne de <i>P. roqueforti</i> | 117 |
| Figure 106 : Pupes colonisées par les hyphes mycéliens de <i>P. roqueforti</i> dans le sol contaminé (a) et (b) | 118 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1: Dates d'apparition et de répartition de <i>C. capitata</i> dans le monde (Harris, 1984) .. | 10 |
| Tableau 2: Répartition saisonnières des précipitations durant la période 2005-2015..... | 57 |
| Tableau 3: Valeur de quotient pluviométrique de la région de Tizi-Ouzou | 52 |
| Tableau 4 : Dates d'échantillonnages dans les différents vergers..... | 62 |
| Tableau 5: Analyse chromatographique de l'huile essentielle de <i>M. communis</i> | 73 |
| Tableau 6: Analyse chromatographique de l'huile essentielle de <i>C. limonum</i> | 73 |
| Tableau 7: Analyse chromatographique de l'huile essentielle de <i>C. sinensis</i> | 74 |
| Tableau 8: Analyse chromatographique de l'huile essentielle de <i>C. paradisi</i> | 74 |
| Tableau 9: Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et <i>al.</i> , (1970)..... | 82 |

Sommaire

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Introduction générale..... | 1 |
|-----------------------------------|----------|

Chapitre I : Synthèse bibliographique

| | |
|---|----|
| I. Généralités sur la mouche méditerranéenne des fruits ; <i>Ceratitis capitata</i> Wied, 1824..... | 7 |
| 1. Présentation de l'espèce | 7 |
| 2. Biologie et cycle de développement de la cératite. | 11 |
| 3. Facteurs influençant le comportement de la cératite..... | 20 |
| 4. Plantes hôtes et dégâts de la cératite | 23 |
| 5. Moyens de lutte | 29 |
| 6. Lutte biologique | 32 |

Chapitre II : Présentation des zones d'étude et des variétés fruitières

| | |
|--|----|
| 1. Localisation des zones d'études | 39 |
| 2. Présentation des vergers d'expérimentation..... | 39 |
| 2.1. Verger Deridj..... | 40 |
| 2.2. Verger Aissat..... | 41 |
| 2.3. Verger Azouni | 41 |
| 2.4. Verger Sidi Naâmane | 42 |
| 2.5. Verger Assiakh Oumedour..... | 43 |
| 2.6. Verger Chabane..... | 43 |
| 2.7. Verger Chamlal | 44 |
| 2.8. Verger Achour..... | 45 |
| 2.9. Verger Chaib | 46 |
| 3. Caractéristiques climatiques de la Wilaya de Tizi-Ouzou durant la période (2005-2015). | 47 |
| 4. Sites de prélèvement des plantes aromatiques et des lichens..... | 53 |
| 4.1. Station Darna..... | 53 |
| 4.2. Station Tala-Guilef..... | 53 |
| 4.3. Station Tirzerth..... | 54 |
| 4.4. Station Bouderbala | 55 |
| 5. Espèces et variétés fruitières étudiées | 56 |
| 5.1. Agrumes | 56 |
| 5.2. Pêcher, <i>Prunus persica</i> STOKES..... | 59 |
| 5.3. Figuier, <i>Ficus carica</i> L..... | 61 |

Chapitre III : Matériel et méthodes

| | |
|---|----|
| 1. Etude de l'infestation par la cératite..... | 62 |
| 1.1. Sur terrain..... | 62 |
| 1.2. Au laboratoire..... | 62 |
| 1.2.1. Estimation des dégâts en fonction du nombre de piqûres/fruit et du taux de fruits piqués | 62 |
| 1.2.2. Estimation des dégâts en fonction du nombre de pupes..... | 63 |
| 1.2.3. Etude de certains aspects de la biologie de <i>C. capitata</i> en fonction des variétés fruitières | 64 |
| 1.2.3.1. Durée de pupaison | 64 |
| 1.2.3.2. Taux d'émergence | 64 |
| 1.2.3.3. Sex-ratio | 64 |

| | |
|---|----|
| 1.2.3.4. Longévité | 64 |
| 2. Essais de lutte biologique au laboratoire..... | 65 |
| 2.1. Matériel animal : <i>Ceratitis capitata</i> | 65 |
| 2.2. Matériel végétal..... | 65 |
| 2.2.1. Lichens <i>Ramalina farinacea</i> et <i>Parmelia acetabulum</i> | 65 |
| 2.2.2. Huiles essentielles de <i>M. communis</i> , <i>C. limonum</i> , <i>C. sinensis</i> et <i>C. paradisi</i> | 67 |
| 2.2.3. <i>Rosmarinus officinalis</i> et <i>Lavandula stoechas</i> | 68 |
| 3. Champignon <i>Penicillium roqueforti</i> | 69 |
| 4. Méthodologie | 71 |
| 4.1. Méthode d'obtention des extraits végétaux..... | 71 |
| 4.2. Étapes de préparation de la suspension conidienne de <i>P. roqueforti</i> | 76 |
| 5. Tests biologiques à l'égard de <i>C. capitata</i> | 79 |
| 5.1. Effet bioinsecticide des extraits des lichens <i>R. farinacea</i> et <i>P. acetabulum</i> à l'égard des adultes de <i>C. capitata</i> | 79 |
| 5.2. Effet bioinsecticide des huiles essentielles de <i>M. communis</i> , <i>C. limonum</i> , <i>C. sinensis</i> et <i>C. paradisi</i> à l'égard des pupes et les adultes de <i>C. capitata</i> | 80 |
| 5.3. Effet bioinsecticide des extraits aqueux de <i>Rosmarinus officinalis</i> et de <i>Lavandula stoechas</i> à l'égard de <i>C. capitata</i> | 84 |
| 5.4. Effet bioinsecticide de la suspension conidienne de <i>P. roqueforti</i> à l'égard de <i>C. capitata</i> | 86 |
| 6. Traitement des données | 87 |

Chapitre IV : Résultats et discussion

| | |
|---|-----|
| 1. Etude de l'infestation des fruits par <i>C. capitata</i> et effet de la variété sur ses paramètres biologiques | 119 |
| 2. Effet bioinsecticide des extraits des lichens <i>R. farinacea</i> et <i>P. acetabulum</i> à l'égard des adultes de <i>C. capitata</i> | 127 |
| 3. Effet bioinsecticide des huiles essentielles de <i>Myrtus communis</i> , <i>C. limonum</i> , <i>C. sinensis</i> et <i>C. paradisi</i> à l'égard des pupes et des adultes de <i>C. capitata</i> | 128 |
| 4. Effet bioinsecticide des extraits aqueux de <i>R. officinalis</i> et <i>L. stoechas</i> à l'égard de <i>C. capitata</i> | 133 |
| 5. Effet bioinsecticide de la suspension conidienne de <i>P. roqueforti</i> à l'égard de <i>C. capitata</i> ... | 139 |
| Conclusion générale | 143 |
| Références bibliographiques | 147 |
| Annexe 1 : Les espèces hôtes de la cératite devront figurer dans la liste des espèces devant faire l'objet d'une réglementation selon l'Agence Internationale de l'Energie Atomique en 1990..... | 178 |
| Annexe 2 : Test de Kruskal Wallis et ANOVA..... | 180 |
| Annexe 3 : Test Kruskal Wallis pour classement des rangs et Test de Newman & Keuls..... | 187 |
| Annexe 4 : Courbes d'étalonnage des polyphénols et des flavonoïdes..... | 197 |
| Article 1 : Biological control with the fungi <i>Penicillium roqueforti</i> against <i>Ceratitis capitata</i> Wied. 1824 (Diptera: Tephritidae). International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences. Vol. 5, Issue 1, Jan 2017, 73-84. | |
| Article 2 : Effect of citrus essential oils on the larvae evolution of <i>Ceratitis capitata</i> Wied. 1824 (dipteral: Tephritidae). Bioscience Research. Vol.14 (3) 2017: 686 – 693. | |
| Article 3 : insecticidal effect of two lichen species extract <i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach. And <i>Parmelia acetabulum</i> (Neck) Duby on adults of <i>Ceratitis capitata</i> Wiedemann, 1824 (Diptera: Tephritidae). Annals of Biological Research, 2018, 9 (1): 1-6. | |

Introduction générale

L'arboriculture fruitière fait partie intégrante de la vie économique et sociale de l'Algérie. Ce grand pays, de par sa position géographique et ses diverses conditions pédoclimatiques, a en effet le privilège de mettre en culture plusieurs espèces fruitières et de produire des fruits frais tout au long de l'année.

De tous les insectes ravageurs menaçant l'arboriculture fruitières, la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Weideman, 1824) (Diptera :Trypetidae), est considérée comme l'une des espèces les plus nuisibles dans les pays méditerranéens.

Signalée pour la première fois en Algérie en 1858 (Bodenheimer, 1951), cet insecte a trouvé dans les régions littorales et les oasis des conditions climatiques et une diversification des espèces fruitières favorables à son extension.

C. capitata est un insecte très polyphage qui possède une faculté d'adaptation et un potentiel biotique élevé et présente une capacité remarquable de sélectionner les fruits hôtes (Hendrichs, 1990). Selon Liquido *et al.* (1991 in Oukil, 1995), ce ravageur s'attaque à plus de 353 espèces cultivées qui présentent un intérêt économique considérable.

Les dégâts provoqués sont de deux sortes : d'une part, nous avons les dommages provoqués par les piqûres des femelles causées par les tentatives de pontes qui donnent aux fruits un mauvais aspect extérieur. D'autre part, nous retenons les dommages provoqués par les larves qui entraînent la pourriture des fruits et ouvrent le chemin pour les moisissures (Cayol *et al.*, 1994). Ainsi, la cératite constitue le principal obstacle à la production et à l'exportation des fruits en Algérie (Oukil *et al.*, 2002).

Pour limiter les dégâts occasionnés par ce ravageur, plusieurs procédés de lutte sont préconisés. Cependant, la lutte reste essentiellement chimique malgré les inconvénients sur les équilibres écologiques et sur l'insecte lui-même qui développe des phénomènes de résistance. Parmi les traitements recommandés figurent le diméthoate, le fenthion, le malathion et le phosphamidon (Lekchiri, 1982).

Ces dernières années, les efforts des chercheurs se sont focalisés en vue de trouver le moyen de lutte le plus efficace pour pallier à la lutte chimique (Aouati, 2016 ; Bachiri *et al.*, 2016 ; Papanastasiou *et al.*, 2017). La lutte autocide, par lâcher de mâles stériles, a été appliquée avec succès notamment au sud du Mexique où elle a permis de réduire les populations de cette mouche (Riba *et Silvy*, 1989).

Parmi les autres moyens de lutte développés contre la cératite, les pratiques culturales tels que le choix de variétés résistantes et l'élimination de plantes hôtes de moindre importance peuvent s'avérer très efficaces dans la réduction des populations de ce déprédateur (Balachowsky et Mesnil, 1953). De même, le choix de l'implantation des vergers sur des sols appropriés est important dans la réduction des populations de la cératite car la nature et la composition chimique du sol ont une grande importance dans le développement des diptères qui font partie de la faune endogène (Seguy, 1950).

En Algérie de nombreux travaux de recherches ont été réalisés en vue de maîtriser la bioécologie de la cératite et de rechercher des moyens de lutte autres que la lutte chimique. Parmi ces travaux nous retenons ceux de Dridi (1990), Oukil (1995), Ali-Ahmed-Sadoudi (2007, 2011 et 2012) et Boudjelida & Soltani (2011).

Les travaux de la présente thèse s'inscrivent dans la recherche de moyens de lutte culturaux et biologiques capables de réduire les populations de la cératite. Ils consisteraient, d'une part, à rechercher parmi les variétés de fruitières de notre région, celles qui résistent à l'infestation par la cératite et d'autre part, évaluer l'activité insecticide des extraits aqueux et l'huile essentielle de plantes aromatiques méditerranéennes, particulièrement récoltées en Kabylie, des huiles essentielles d'agrumes tels que le citron *Citrus limonum*, l'orange douce *Citrus sinensis*, le pamplemousse *Citrus paradisi* et de myrte *myrtus communis* ainsi que des extraits de lichens récupérés dans le Parc National du Djurdjura. De même, en plus des plantes, nous nous sommes intéressés à évaluer l'activité insecticide d'un champignon récupéré à partir du fromage le Roquefort ; il s'agit de *Penicilium roqueforti*.

Les plantes aromatiques que nous avons utilisées dans notre étude sont la lavande *Lavandula stoechas* le romarin *Rosmarinus officinalis*, le myrte *Myrtus communis*, les lichens *Ramalina farinacea* et *Parmelia acetabulum*. Leur abondance, leur disponibilité et leur réputation comme plantes médicinales (Barocelli et al, 2004; Cetin et al, 2008; Benabdelkader, 2014) justifie notre choix.

L'utilisation de plantes dans la lutte biologique est devenue incontournable. De grands efforts ont été fournis pour développer de nouveaux composés afin de les substituer à d'autres déjà utilisés dans la lutte chimique contre les insectes ravageurs des cultures. L'exploitation de matières premières renouvelables d'origine végétale pour la fabrication de bioinsecticide correspond à la nécessité de répondre aux réalités environnementales actuelles telles que la

lutte contre l'effet de serre, la réduction de la pollution, la biodégradabilité des produits et un faible effet toxicologique (Hernandez-Ochoa, 2005).

Parmi les molécules à fortes valeurs ajoutées, mais présentes à faibles quantités et dotées d'une activité biologique et olfactive, nous citons les huiles essentielles (Kellouche & Soltani, 2004 ; Kellouche et *al.*, 2010; Joulaut, 2012; Taleb-Toudert, 2016). Ces dernières sont très utilisées comme méthode écologique (Ketohl et *al.*, 2002 ; Seri-Koussai et *al.*, 2004).

La teneur des plantes en huiles essentielles est généralement faible, de l'ordre de 1% avec des exceptions comme le bouton floral « clou de Girofle » du giroflier dont le taux en huiles essentielles atteint 15%.

Les huiles essentielles se définissent comme le produit de la distillation de la plante ou une partie de la plante. Ce sont des substances de consistance huileuse, mais sans corps gras, plus ou moins fluide, voire résineuses, très odorantes, volatiles et souvent colorées (Bardeau, 1978). La composition chimique des huiles essentielles est complexe. Plus d'une centaine de composés appartenant à plusieurs familles chimiques peuvent s'y retrouver. Il s'agit des terpènes, alcools, phénols, méthyl-ethers, esters, cétones, lactones, coumarines et composés soufrés (Jouhault, 2012).

Les monoterpènes restent les composés majoritaires des huiles essentielles et suscitent un intérêt particulier aux firmes industrielles pour leur potentiel bioactif en plus de leur toxicité vis-à-vis des insectes (Shaaya et *al.*, 1997).

Les extraits de plantes, aqueux ou sous forme d'huiles essentielles contiennent des substances toxiques pouvant agir efficacement comme bioinsecticides (Aouati, 2016). C'est des sources de molécules naturelles présentant un grand potentiel d'application contre les insectes et d'autres parasites de plantes et du monde animal (Guarrera, 1999).

Une expérience faite par Koua et *al.* (1998) sur les larves d'*Anopheles gambiae*, soumise à un extrait aqueux de *Persea americana* a révélé d'importantes lésions au niveau de leurs intestins moyens. L'action de cette plante sur les cellules gastriques se traduit par une hypertrophie cellulaire après une heure d'exposition mais après deux heures de traitement, les formes cellulaires ne sont presque plus perceptibles (Koua et *al.*, 1998).

Selon Aouati (2016), l'extrait aqueux de *R. officinalis* montre un effet insecticide à l'égard des larves de quatrième stade de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae). Roby et *al.*, (2013) affirment que les plantes de la famille des lamiacées (thym, sauge et marjolaine) sont

connues pour contenir une gamme de métabolites secondaires tels que les terpenoïdes et les flavonoïdes.

D'après Rageau & Delaveau (1980), les extraits de plantes agissent de deux façons possibles: une action larvicide pouvant causer une mortalité appréciable des larves, ou une action sur l'hormone juvénile, avec allongement de la vie larvaire pouvant inhiber la nymphose.

Les expérimentations de Kanshik & Saini (2008), ont montré une activité larvicide des feuilles de *Millingtonia hortensis* qui agissent sur les larves des moustiques. Des changements sont observés dans le comportement général des larves. Ces dernières deviennent inactives juste après quelques heures de traitement.

La toxicité de deux plantes *Lantana camara* et *Catharantus roseus* sur les larves de moustiques *Aedes aegypti* (Diptera : Culicidae) a été étudiée par Remia & Logaswamy (2009). Les résultats consistent en des changements de comportement des larves comme leur incapacité à remonter en surface suivis par un déséquilibre qui conduit à leur mort.

Des extraits de deux lichens *Cladonia foliacea* et *Ramalina farinacea* ont montré une activité larvicide contre le troisième et le quatrième stade larvaire de *Culex pipiens*. L'acide usnique est le composé majoritaire de ces deux extraits (Cetin et al., 2008).

En plus des extraits de plantes, les champignons entomopathogènes sont parmi les agents biologiques les plus prometteurs contre les insectes ravageurs. Les champignons tels que *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* et *Paecilomyces fumosoroseus* ont été identifiés en tant que champignon entomopathogènes les plus importants en particulier des Diptères (Steinkraus et al., 1990; Kuramoto et Shimaku, 1992 ; Samson et al., 1994 ; Watson et al., 1995).

Parmi les deutéromycètes, le genre *Penicillium*, pousse sur divers substrats. Ce sont des champignons saprophytes très répandus dans la nature. Ils sont utilisés en industrie fromagère particulièrement les fromages bleus et en pharmacie pour la production d'antibiotiques (Dynamac, 1991). Riba et al. (1984), révèlent l'activité larvicide de *Penicillium citrinum* contre les larves de *Culex pipiens*, *Aedes aegypti* et *Anopheles stephensi*. De même, son équipement enzymatique lui permet de coloniser des substrats divers tels que le bois, le verre, les fils électriques, les sols, les produits agricoles stockés (Riba et al., 1984;

Dynamac, 1991) ce qui a motivé notre choix pour *P. roqueforti* dans la lutte biologique contre *C. capitata*.

En Algérie, peu de travaux ont été faits dans le cadre de la lutte biologique par les extraits de plantes contre *C. capitata*. Nous citons les travaux de Boudjlida et Soltani (2011), qui ont testé l'activité insecticide d'un champignon entomopathogène, *Metarhizium anisopliae* contre le troisième stade larvaire et les adultes de *C. capitata*. Par ailleurs, nous citons les travaux de Kellouche (2005) qui a testé différentes huiles essentielles de plantes contre la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* et ceux de Alouani et al. (2009) qui ont testé l'extrait du margousier contre les larves et les nymphes de *C. pipiens*. Les auteurs rapportent une diminution remarquable de la fécondité des adultes, associée à une augmentation de stérilité et une prolongation de la période larvaire.

Sans oublier les travaux de Touaibia (2014) qui a testé l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Myrtus communis* in vitro et sur les fruits du fraisier et Aouati (2016) qui a testé l'effet larvicide des extraits aqueux de dix plantes aromatiques de la région de Constantine, contre les larves de *C. pipiens*.

Lors de nos travaux de recherches, nous nous sommes intéressés à la détermination de la toxicité envers *C. capitata* de la suspension fongique de *Penicilium roqueforti*, de certaines plantes (le Romarin, la lavande et les lichens *Ramalina farinacea* et *Parmelia acetabulum*) connues dans la bibliographie pour leurs caractères insecticides et répulsifs contre les insectes tels que *C. pipiens* et *C. maculatus*.

Ces travaux sont réalisés au niveau du laboratoire de Production, Sauvegarde des Espèces Menacées et des Récoltes. Influence des variations climatiques de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

L'objectif tracé est de répondre aux questions suivantes: est-ce que la toxicité est significative selon les doses testées de chaque extrait et suspension fongique contre *C. capitata*. Si c'est le cas, quelles sont celles qui donneront la mortalité la plus élevée. Quels sont les composés chimiques ou molécules des extraits qui sont à l'origine de cette toxicité et selon la bibliographie agissent-elles de manière singulières ou en synergie? Ainsi, cette thèse est scindée en 4 grands chapitres.

Le premier chapitre consiste en une synthèse bibliographique sur la cératite et sur la lutte biologique.

Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation des zones d'études et des variétés fruitières étudiées.

Le troisième rapporte toute la méthodologie appliquée sur le terrain et au laboratoire ainsi que le matériel utilisé.

Le quatrième regroupe les différents résultats obtenus et leur discussion. Nous terminons par une conclusion générale et quelques perspectives.

Chapitre I

Synthèse

bibliographique

I. Généralités sur la mouche méditerranéenne des fruits ; *Ceratitis capitata* Wied., 1824

1. Présentation de l'espèce

1.1. Position systématique

La cératite, *Ceratitis capitata* est une espèce qui a été décrite sous plusieurs noms depuis le 19^{ème} siècle (Dridi, 1990;Fellah, 1996).Elle porta le nom de *Ceratitis capitata* en 1824 par Wiedmann, *Petalophora capitata* (Macepi,1825), *Ceratitis flexuoso* (Walk,1856) et *Paradalapsi asparagi* (Bezzi,1924).

D'après Balachowsky & Mesnil (1935), le nom qui a été retenu est *Ceratiti scapitata* Wiedmann 1824.

Selon Hendel (1927), Constontino (1950), Seguy (1934) et Dyck et *al.* (2005), *Ceratitis capitata* est positionnée comme suit dans la systématique :

Règne : Animal

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Diptera

Sous ordre : Brachycera

Division : Cyclorrhapha

Groupe : Schizophora

Super famille : Trypetidea

Famille : Tephritidae ou Trypetidae

Genre : *Ceratitis*

Espèce : *Ceratitis capitata* Wiedemann

1.2. Origine et aire de répartition

La mouche méditerranéenne des fruits est le plus important ravageur des fruits dans le monde entier (Boudjelida & Soltani, 2011). Elle est originaire du nord de l'Afrique occidentale spécialement le Maroc. Son foyer d'origine serait constitué par les peuplements d'arganier, *Argania spinosa* (Sapotacée), qui serait probablement son hôte primitif (Balachowsky & Mesnil, 1953).

C'est une espèce très polyphage qui s'est établie dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales du monde (Sheppard et al., 1992). Gasperi et al. (1991) trouvent que la population qui présente le plus de polymorphisme est celle du Kenya. De ce constat, ils considèrent que cette espèce est originaire de ce pays.

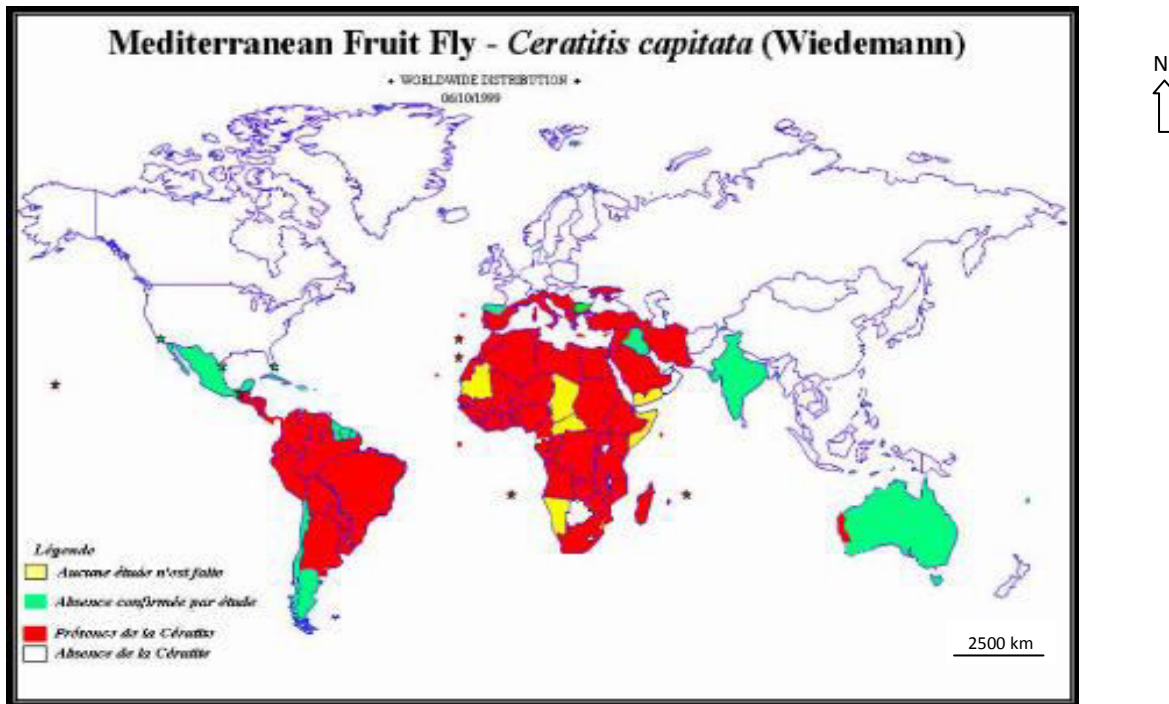
Des études récentes sur ses plantes hôtes et parasitoïdes, ainsi que l'analyse des microsatellites ont permis de confirmer qu'elle serait originaire d'Afrique du Sud-Est (Bonizzoni et al., 2000 ; De Meyer et al., 2004).

La cératite est une espèce cosmopolite (Balachowsky & Mesnil, 1935). Sa propagation à travers le monde s'est faite à partir de 1824, date où elle a été introduite pour la première fois en Malaisie par Wiedemann (Harris, 1984). Cayol et al. (2002) ont rapporté qu'elle a réussi à se disperser à travers les cinq continents en moins de 150 ans (figure 1, Tableau 1).

Cette large dispersion est due à la rapidité des transports ainsi qu'à l'augmentation des échanges internationaux des produits agricoles, mais aussi sa grande capacité d'adaptation aux différents types de climat grâce à sa variabilité génétique (Delrio, 1985 ; Nunez, 1987).

En Afrique du nord, la cératite existe dans tout le littoral et le sublittoral depuis la Tunisie jusqu'au Maroc (Balachowsky & Mesnil, 1935). Elle abonde surtout dans le bassin méditerranéen (Bovey et al., 1948). Sa présence en Algérie remonte à 1898 pour Bovey et al. (1948) et à 1859 pour Bodenheimer (1951).

Les pays européens tels que l'Espagne, l'Italie et la France n'ont pas échappé à l'invasion par ce diptère (Piguet, 1960). Les régions d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud connaissent aussi une forte présence de ce diptère. De même qu'en Amérique du Nord où il a pu être éradiquée par la lutte autocide (Nunez, 1987). En Australie, cette mouche a été introduite accidentellement à Hawaï vers 1907 (Vargas et al., 1983)



- Aucune étude n'a été faite
- Absence justifié par étude
- Présence de la cératite
- Absence de la cératite

Figure1 : Répartition géographique de *C. capitata* (Maddisson & Bartlett, 1999).

Tableau 1: Dates d'apparition et de répartition de *C. capitata* dans le monde (Harris, 1984)

| Contrées ou continents | Pays | Année d'apparition |
|-------------------------------|----------------|---------------------------|
| Afrique | Algérie | 1858 |
| | Tunisie | 1885 |
| | Afrique du sud | 1889 |
| | Egypte | 1904 |
| Europe | Espagne | 1842 |
| | Italie | 1863 |
| | Sicile | 1878 |
| | France | 1900 |
| | Turquie | 1904 |
| Proche Orient | Liban | 1904 |
| | Palestine | 1904 |
| Pacifique | Australie | 1898 |
| | Tasmanie | 1900 |
| Amérique du sud | Brésil | 1901 |
| | Argentine | 1905 |
| | Paraguay | 1955 |
| | Pérou | 1956 |
| | Chili | 1963 |
| Amérique centrale | Costa Rica | 1955 |
| | Nicaragua | 1961 |
| | Panama | 1963 |
| | Salvador | 1975 |
| | Guatemala | 1975 |
| | Equateur | 1976 |
| | Mexique | 1977 |
| Amérique du Nord | Hawaii | 1910 |
| | Floride | 1929 |
| | Texas | 1966 |
| | Californie | 1975 |

1.3. Plantes hôtes

Selon Delassus et *al.* (1931), les Citrus ne sont pas les seules plantes attaquées par la cératite en Algérie. C'est un ravageur clé des agrumes et des fruits à noyau (Sadoudi Ali-Ahmed, 2007).

Les larves de la cératite sont observées sur une gamme très étendue de fruits non apparentés. Nous citons les pêches (*Prunus persica*), les abricots (*Prunus americana*), les plaquemines (*Diospiros kaki*), les prunes (*Prunus domestica*), les poires (*Pyrus communis*), les figes (*Ficus carica*) et également des cultures maraichères, le caféier, etc.

La connaissance des plantes hôtes aide souvent à prévoir celles pouvant être infestées dans le cas d'un pays nouvellement attaqué (Weems, 1981). Selon A.I.E.A (1990), bien que la mouche méditerranéenne des fruits ait été associée à des degrés divers à plus de 350 espèces végétales, seules les espèces hôtes (c'est-à-dire permettant la reproduction de l'insecte) devront figurer dans la listes des espèces devant faire l'objet d'une réglementation (environ 75 espèces) (annexe 1).

2. Biologie et cycle de développement de la cératite.

La biologie de la cératite a fait l'objet de très nombreuses études, parmi les principales nous citons celles de Silvestri (1913), de Constantino en 1930 (Balachowsky & Mesnil, 1935), de Back & Pemberton en 1918 aux îles Hawaii ainsi que les recherches de Bodenheimer en 1951.

En outre, nous signalons parmi des études plus récentes celles de Weems (1981), Carey (1984) et Delrio (1985).

Les œufs de *C. capitata* sont pondus sous la peau du fruit. Ils éclosent en 2 à 4 jours (jusqu'à 16 à 18 jours par temps frais) et les larves se nourrissent pendant 6 à 11 jours à une température comprise entre 13 et 28° C.

La nymphose se déroule dans la terre sous la plante hôte et les adultes qui émergent des pupes sortent au bout de 6 à 11 jours à une température comprise entre 24 et 26° C, plus longtemps par temps frais, bouclant ainsi le cycle biologique (figure 10).

Dans la nature, *C. capitata* ne survit pas aux températures hivernales négatives, sa dénomination «mouche méditerranéenne» est appropriée aux caractéristiques climatiques des

pays méditerranéens (coïncidant pratiquement avec la zone d'agrumiculture) (Wormer, 1988). Ce dernier a utilisé un système de concordance climatique pour estimer les zones d'établissement potentiel de *C. capitata* en Nouvelle Zélande.

2.1. Principaux caractères morphologiques

2.1.1. Les œufs

Les œufs sont de couleur blanche, nacré et brillante (Figure 2). Ils sont de forme allongée et légèrement arquée au milieu et de diamètre de 0,15mm environ sur 1mm de longueur (Oukil, 1995). Ils sont groupés lors de la ponte sous l'épiderme des fruits à une profondeur de 2 à 5 mm (Fillippi, 2003).

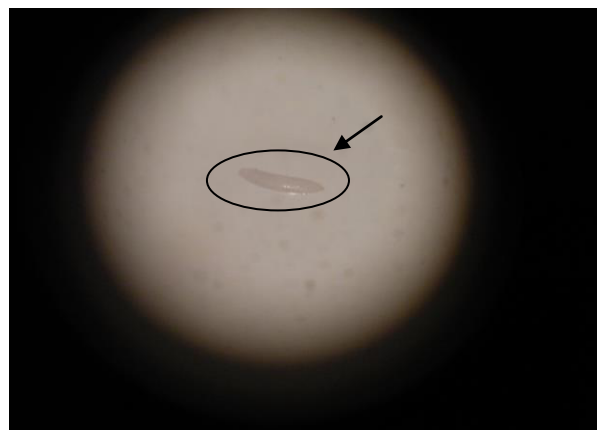


Figure 2 : Œuf de *C. capitata* vu à la loupe binoculaire (G X 800)
(Originale, 2012).

2.1.2. Les larves

La larve du 1^{er} stade est transparente et mesure environ 1mm de long. À ce stade, le squelette céphalo-pharyngien n'est pas mélanisé.

Au deuxième stade, les individus deviennent partiellement transparents et présentent la couleur de l'aliment ingéré (Figure 3). Leur taille est variable et la base des crochets buccaux est mélanisée (Weems, 1981).

Lorsque le développement est achevé, la larve atteint 7 à 8mm (Fellah, 1996). Ceci dépend de la quantité et de la qualité de la nourriture ingérée et, à ce stade, les crochets buccaux sont totalement pigmentés. Les nutriments dont les larves se nourrissent sont les glucides, les protéines et l'eau et sont tirés du milieu dont lequel elles se développent, c'est à dire la pulpe du fruit (Duykc et al., 2005).

Le dernier stade se distingue, aussi des autres, par son comportement. La larve se livre à une série de petits sauts qu'elle exécute et quitte ainsi le fruit hôte (Dridi, 1993).

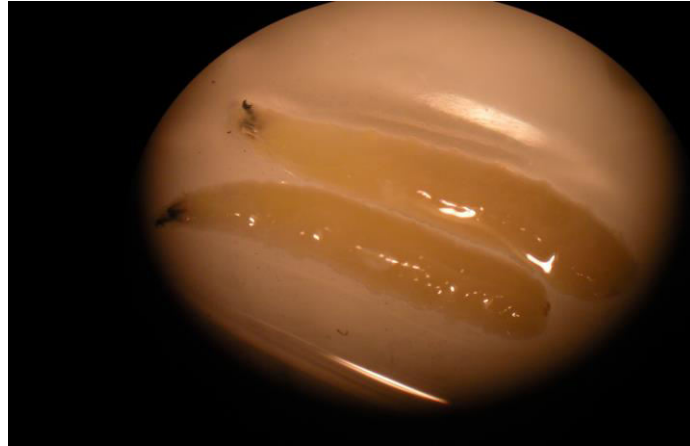


Figure 3 : Larves de *C. capitata* vues à la loupe binoculaire (G X 400)
(Originale, 2012).

2.1.3. Les pupes

Elles ont la forme d'un petit tonnelet lisse, résistant et mesurent 4 à 4,5 mm de longueur et 2 mm de diamètre (Orts et Giraud, 2006). La couleur est claire pour les jeunes pupes et brune foncée pour les pupes âgées (Figure 4) (Bodenheimer, 1951 ; Weems, 1981 ; Heppner, 1985).



Figure 4 : Pupa de *C. capitata* vue à la loupe binoculaire (G X 400) (Originale, 2012)

2.1.4. L'adulte

L'adulte de la cératite est une mouche qui mesure entre 4 et 5 mm de long (Duyck, 2000). Sa tête est assez grosse, jaune, avec une bande brune claire entre les deux yeux à reflet vert émeraude. Le thorax est noir à pruinosités dessinant des bandes argentées ou grises. Les ailes, présentent des colorations typiques en bandes et des taches noires, ce qui la différencie de n'importe quelle autre espèce de mouches de fruits (Weems, 1981; Vayssiers *et al.*, 2008). L'abdomen est fortement élargi, de couleur jaune orangée et rayé transversalement de deux bandes d'un blanc grisâtre (Galet, 1982).

Le mâle et la femelle sont facilement distinguables grâce à deux caractéristiques morphologiques (Figures 5, 6,7, 8,9); le mâle porte deux soies orbitales noires aplaties en lamelles à l'apex qui permettent de les différencier aisément des femelles (Feron, 1962; White & Elson-Harris, 1992).

La femelle se différencie du mâle par un long effilement de l'abdomen appelé oviscapte (tarière) qui se dévagine pendant la ponte ou l'accouplement et permet à la femelle d'inoculer ses œufs sous la peau des fruits (Duyck, 2005).

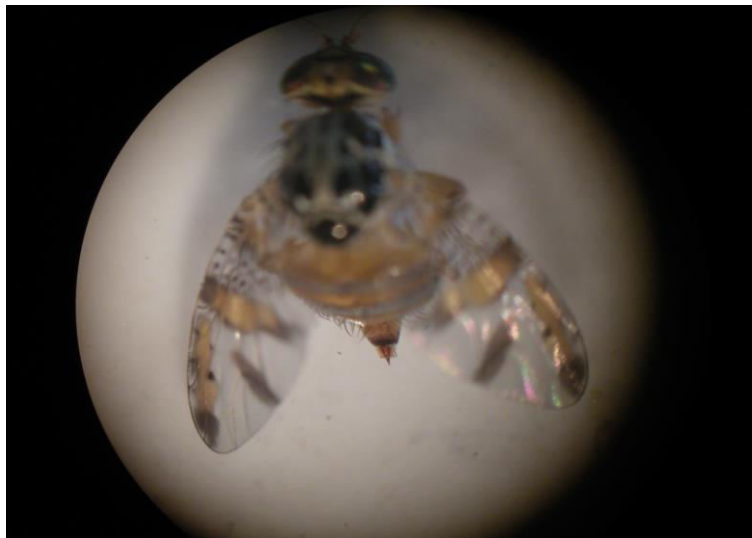


Figure 5: Femelle de *C. capitata* vue à la loupe binoculaire (GX400) (Originale, 2012).

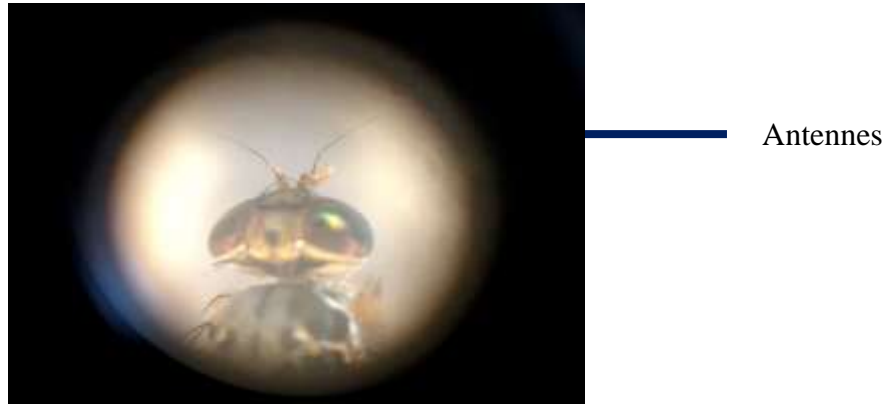


Figure 6 : Tête de la femelle de *C. capitata* vue à la loupe binoculaire (G X 800)
(Originale, 2012).

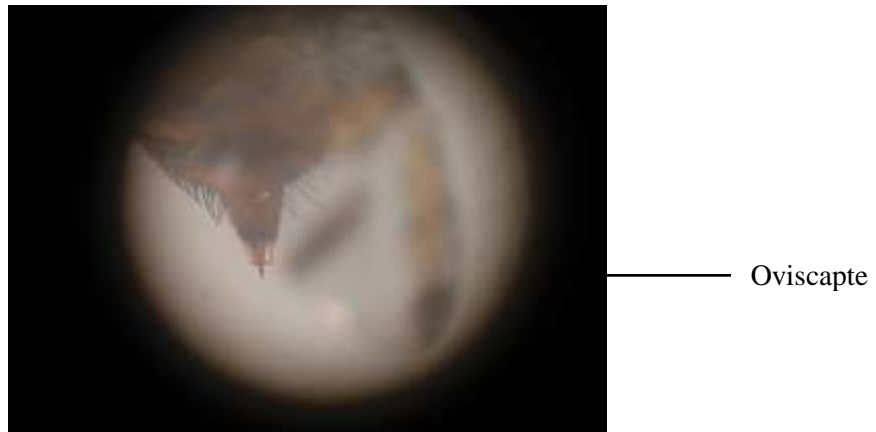


Figure 7 : Oviscapte de la femelle de *C. capitata* vue à la loupe binoculaire (G X 800)
(Originale, 2012).



Figure 8 : Mâle de *C. capitata* vue à la loupe binoculaire (G X 400)
(Originale, 2012).

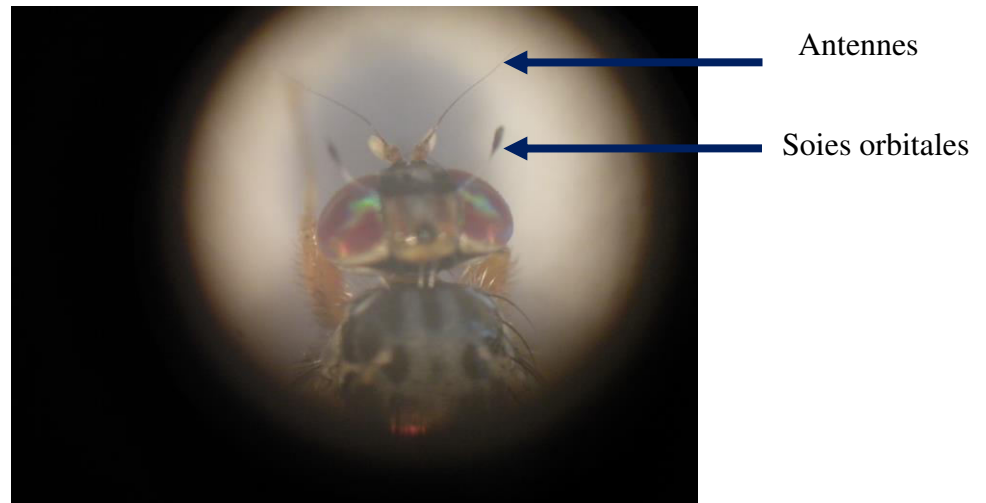


Figure 9 : Tête du mâle de *C. capitata* vue à la loupe binoculaire (G X 800)
(Originale, 2012).

2.2 Cycle de développement

Le cycle typique de la mouche méditerranéenne des fruits peut être résumé comme suit (Figure 10).

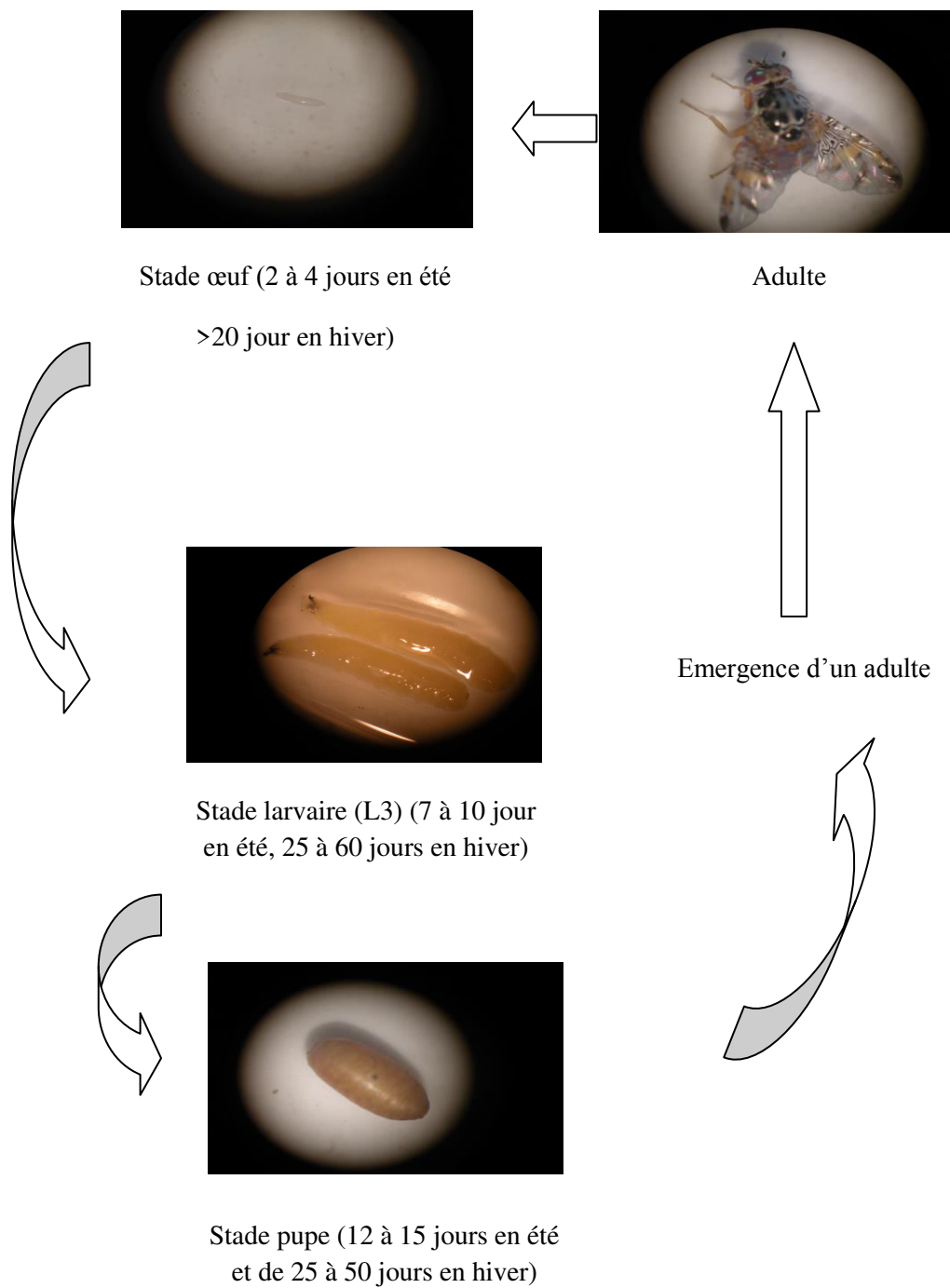


Figure 10 : Cycle biologique de la cératite (Originale, 2012).

2.2.1. Ponte et incubation

Les adultes récemment émergés se nourrissent de substances sucrées présentes sur les arbres fruitiers. Ces adultes ne sont pas sexuellement mûrs. Les mâles montrent souvent

l'activité sexuelle 4 jours après l'émergence. La plupart des femelles montrent leurs maturités sexuelles 6 à 8 jours après leur émergence (Diez, 2007).

Les mâles se rassemblent en groupes (leks) sur les plantes, où ils émettent ensemble une phéromone sexuelle attirant les femelles. L'accouplement peut avoir lieu à tout moment pendant le jour. Peu après l'accouplement, débute la ponte, qui est fortement influencée par l'intensité lumineuse et a lieu de préférence dans des zones ombragées (Quilici, 1999).

Les femelles déposent leurs œufs par petits paquets directement dans la pulpe du fruit. C'est le cas des pêches et des poires, par exemple, ou dans l'épaisseur de la peau des agrumes (Praloran, 1971). Parfois, la femelle profite d'une blessure de l'épiderme ou du trou de ponte d'une autre femelle pour y déposer ses œufs.

La fécondité totale d'une femelle est de 300 à 400 œufs; elle peut atteindre 800 à 1000 œufs lorsque les conditions sont très favorables (Bodenheimer, 1951; Weems, 1981; Dridi, 1995). La durée d'incubation est de 2 à 4 jours en été et plus de 20 jours en hiver (Delassus et al., 1931).

2.2.2. Développement larvaire

Après l'éclosion des œufs, les larves se nourrissent de la pulpe du fruit. Au début, l'attaque se manifeste extérieurement par une tâche de décoloration qui s'agrandit au fur et à mesure de la croissance des larves, puis noircit ou se tuméfie (Delassus et al., 1931; Sproul, 1983).

La durée du développement larvaire qui comprend trois stades est très variable selon les espèces fruitières hôtes et les conditions climatiques. Elle est pour Sproul (1983) de 7 à 10 jours en été et de 25 à 60 jours en hiver.

2.2.3. La nymphose

En fin de développement, les larves du 3^{ème} stade quittent le fruit d'une brusque détente pour s'enfoncer dans le sol et s'y nymphosent. Cette transformation ne dure que quelques heures (Duyck, 2005). La durée de pupaison est de 12 à 15 jours en été et de 25 à 50 jours en hiver (Sproul, 1983). De cette pupa, émerge un adulte qui recommence le cycle à nouveau. La durée du cycle varie de 20 jours en été à 2 ou 3 mois en hiver (Delrio, 1985).

2.3. Longévité des adultes

La longévité des adultes de la cératite peut être très importante (Balachowsky & Mesnil, 1935). En absence de nourriture, les adultes meurent 2 ou 4 jours après l'émergence. Habituellement, 50% des mouches meurent pendant les premiers mois qui suivent l'émergence, quelques adultes peuvent vivre jusqu'à une année ou plus lorsque la nourriture est disponible et les conditions climatiques sont favorables (Weems, 1981)

2.4. Nombre de générations

Le nombre de générations de *C. capitata* varie d'une année à une autre et d'une région à une autre en fonction des conditions climatiques locales, particulièrement la température mais également des espèces fruitières sur lesquelles ont lieu les pontes (Ramade, 2003).

Dans le bassin méditerranéen, six à huit générations se succèdent dans l'année (Geoffrion, 2003). Selon Ramade (2003), plus de 10 générations par an peuvent être comptées en Afrique occidentale. Selon les années, seulement une à deux et exceptionnellement trois générations sont observées dans le Sud de la France, qui constitue la limite septentrionale de l'aire de répartition de la cératite.

Oukil (1995) a résumé le nombre de générations possibles en Algérie comme suit (Figure 11) :

- La première génération qui a lieu en Mars- Avril ne se trouve que sur les oranges tardives ;
- La deuxième génération est composée d'individus peu nombreux et passe presque inaperçue au cours du mois de Mai ;
- La troisième génération apparaît en Juillet où l'on assiste à des pertes sur des fruits à noyaux (pêches, abricot, prune) ;
- La quatrième génération s'étale de la fin Août jusqu'au début du mois de Septembre ;
- Les deux dernières générations se développent sur les agrumes.

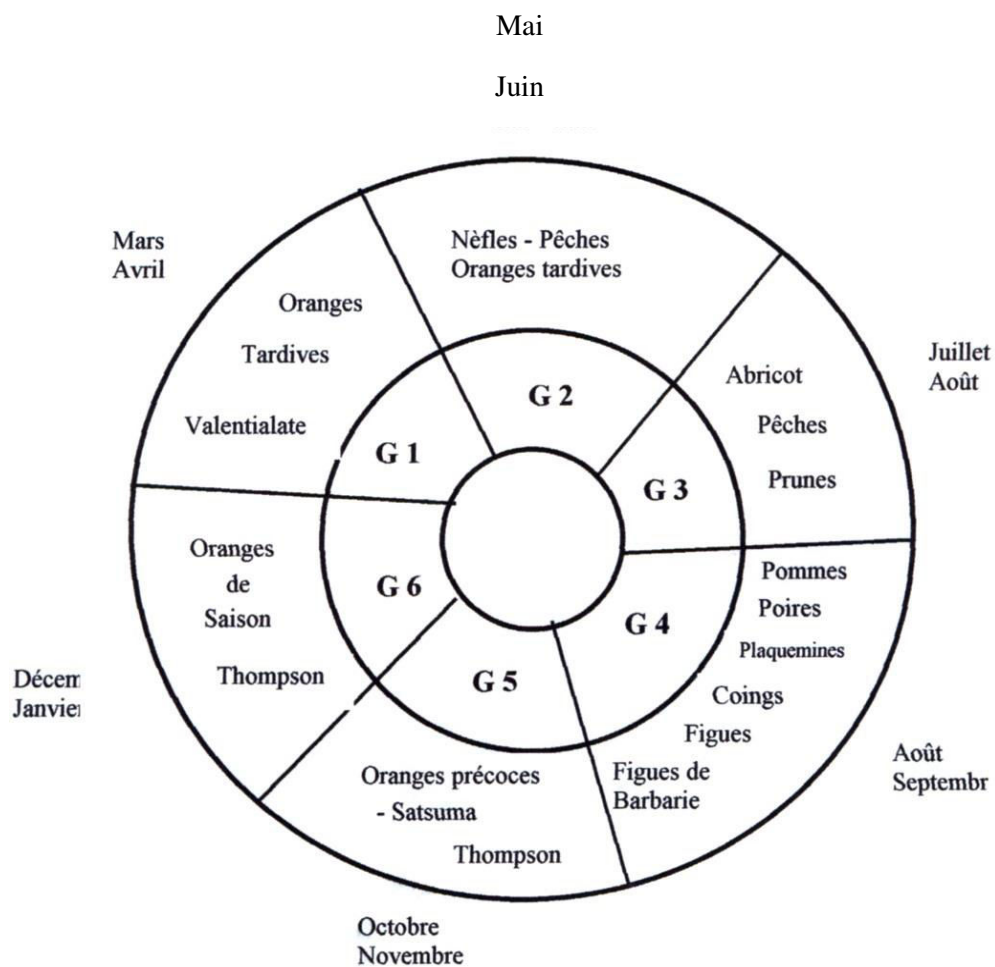


Figure 11 : Schéma représentant le nombre de générations possibles en Algérie (Oukil, 1995).

3. Facteurs influençant le comportement de la cératite

3.1. Facteurs climatiques

3.1.1. Température

D'après les travaux de Bodenheimer (1951), Shoukry & Hafez (1979) ainsi que ceux de Delrio (1985) et Nunez (1987), la température agit sur toutes les fonctions vitales de la cératite. La maturité sexuelle et la durée d'oviposition sont plus longues pour des températures allant de 17 à 24°C et sensiblement plus courtes pour des températures de 26 à 30°C. La fécondité journalière est augmentée en jours ensoleillés et les œufs deviennent infertiles à des températures minimales de 4 à 7°C et il en est de même pour les fortes températures de l'ordre de 35°C.

Le nombre de générations s'élève dans les régions chaudes et les adultes ne supportent pas les fortes températures qui dépassent 45° C ainsi que les basses températures (inférieures à 10° C), surtout si elles sont accompagnées de pluie.

Cependant, les pupes se montrent plus résistantes aux variations thermiques ; elles survivent à des intervalles allant de -6 à 45° C (Delrio, 1985). L'intervalle thermique pour les différents stades (œufs, larves, pupes et adultes) se situe entre 10 et 35°C. L'optimum est situé entre 23 et 37°C (Nunez, 1987 ; Dridi, 1995).

3.1.2. Humidité relative

La pluie rend la cératite inactive (Ali-Ahmed-Sadoudi, 2007). Par contre, le manque d'humidité et l'air sec gênent les adultes de la cératite et les obligent à se déplacer à la recherche d'eau et d'humidité (Nunez, 1987). L'humidité relative de l'air exigée pour le développement de *C. capitata* se situe entre 60 et 70% (Feron, 1957; Albajes & Santiago Alvarez, 1980a).

3.1.3. Lumière

La lumière agit par son intensité et sa photopériode. L'accouplement et l'alimentation des adultes se déroulent le jour, dès les premières heures, puis diminuent jusqu'à s'annuler à la fin de l'après midi (Bodenheimer, 1951).

En lumière naturelle, l'activité sexuelle se manifeste dès le début du jour puis diminue pour s'annuler avant la baisse de l'intensité lumineuse (Causse & Ferron, 1967). Selon Nunez (1987), l'idéal du rapport lumière/obscurité pour les différents stades de développement est de 12/12

Pour Feron (1957), les parties du fruit les moins exposées à la lumière présentent plus de piqûres et de pontes.

3.1.4. Vent

Le vent est un facteur important de dispersion et de migration des insectes. Les vents forts peuvent emporter les mouches jusqu'à 72km de leur gîte larvaire et même au-delà (Seguy, 1950). Selon Soria (1963), la rapidité de la dispersion de la cératite peut atteindre 464m en 24 heures. De plus, les vents trop forts ou trop chauds, cas des siroccos, gênent l'activité des adultes et provoquent une forte mortalité (Delanoue, 1951).

3.2. Facteurs édaphiques

3.2.1. Sol

Dans un sol à texture fine, la pénétration de la larve est difficile et parfois les pupes se forment en surface. Par contre, en sol à texture grossière, la pénétration est rapide et profonde (Delanoue & Soria, 1954). Un sol excessivement humide a une influence défavorable sur la survie des larves (Bodenhaimer, 1951).

Ali-Ahmed Sadoudi et *al.* (2007) ont démontré que la texture du sol et sa profondeur affectent différemment le taux d'émergence des adultes de la cératite et la durée de pupaison. De même, selon les travaux de Cavalloro & Delrio (1978), la texture du sol agit de façon significative sur le taux d'émergence des adultes de la cératite. Par ailleurs, la profondeur d'enfouissement des pupes dans le sol affecte différemment le taux moyen d'émergence des adultes de la cératite.

3.3. Facteurs biotiques

3.3.1. Hôte

C. capitata répond à une association de stimuli pour localiser ses hôtes par des médiateurs chimiques et visuels. Elle est particulièrement attirée par les fruits aromatiques (les agrumes, les fruits à noyaux), de couleur vive proche de la maturation (Weems, 1981; Delrio, 1985).

La structure de la peau des fruits et la composition de leur chair en eau, en protéines et en sucres sont des facteurs importants pour favoriser la ponte (Seguy, 1950; Ali-Ahmed-Sadoudi, 2007). De même, la structure de la peau du fruit intervient dans la mortalité larvaire, notamment les larves du premier stade (Bodenheimer, 1951; Delrio, 1985).

Selon Fitt (1986), la nature du fruit hôte joue un rôle dans le choix du site de ponte par la femelle de la cératite. De même, le fruit hôte peut avoir un effet direct sur la survie, le temps de développement larvaire et le poids pupal.

Selon Krainaker et *al.* (1989), la nature du fruit agit sur le développement larvaire et sur la fécondité via le poids pupal.

3.3.2. Compétition larvaire

En cas de rareté des plantes hôtes, une compétition larvaire intra- spécifique s'observe chez *C. capitata*: Elle affecte la taille, la fécondité et la longévité des mouches (Delrio, 1985). La densité élevée de larves induit la mortalité larvaire, des difficultés d'exuviation et aussi la diminution du poids des adultes à l'émergence (Debouzie, 1977 ; Delrio, 1985).

3.3.3. Ennemis naturels

Les larves âgées et les pupes sont attaquées par une large gamme d'insectes du sol (fourmis, carabes, staphilins, etc). Les travaux de Vayssieres et *al.* (2008) ont montré que l'abondance des fourmis tisserandes (*Oecophylla longinoda*) dans un verger réduit considérablement les dégâts des mouches des fruits.

La cératite est également attaquée par des hyménoptères parasites qui se développent au dépend de larves âgées ou de jeunes pupes. Parmi les principaux parasites nous citons: *Opius humilis*, *Diachasma tryoni* et *Dirhinus giffardii* (Bodenheimer, 1951; Delrio, 1958; Nunez, 1987). Dans le bassin méditerranéen, le parasite le plus commun est *Opius concolor* (Balachowsky & Mesnil, 1935).

4. Plantes hôtes et dégâts de la cératite

La cératite, ravageur polyphage, est caractérisée par la ponte dans les fruits après véraison jusqu'à maturité complète. Ceci fait que les époques d'infestation coïncident avec la chronologie de maturation des espèces (Lachiheb, 2008).

Les dommages causés par la cératite sont des piqûres de pontes et des galeries dans les fruits engendrées respectivement par les femelles et les larves. La figure 12 présente des piqûres des femelles de la cératite sur l'orange Thomson et le citron Eureka. La figure 13 présentes des piqûres de ponte sur deux variétés de figues, Thaamrouthe et Thabouhvoult.

En outre, ces galeries et ces piqûres constituent une voie de pénétration à des champignons et des bactéries qui sont responsables de la décomposition et la chute prématurée des fruits. Ces dégâts constituent un obstacle majeur pour les exportations en raison de la dévalorisation de la marchandise et des mesures de quarantaines imposées par certains pays importateurs.

La cécidite s'attaque aux variétés précoces et tardives à peau mince (Chouibaniet *al.*, 2003).

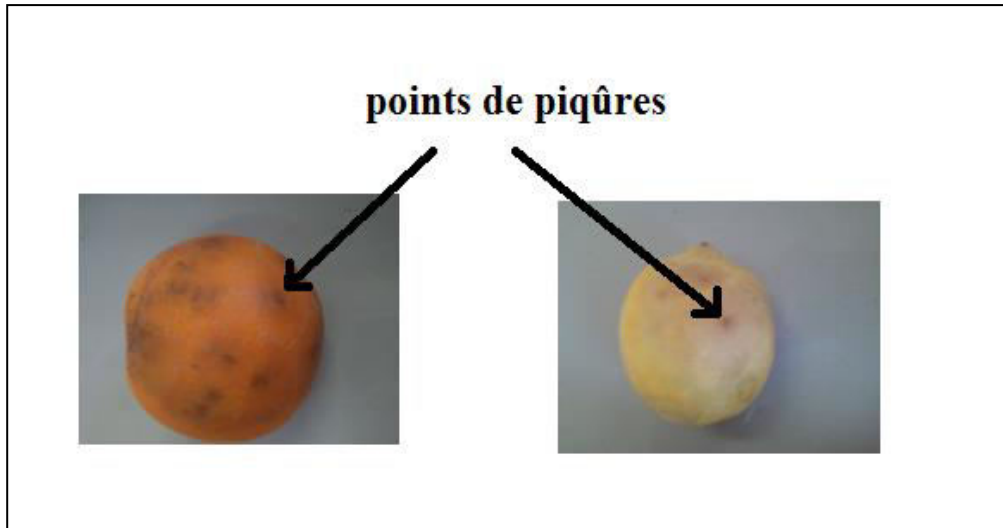


Figure12 : Piqûres de la cécidite sur la Thomson et le citron Eureka (Originale, 2014).

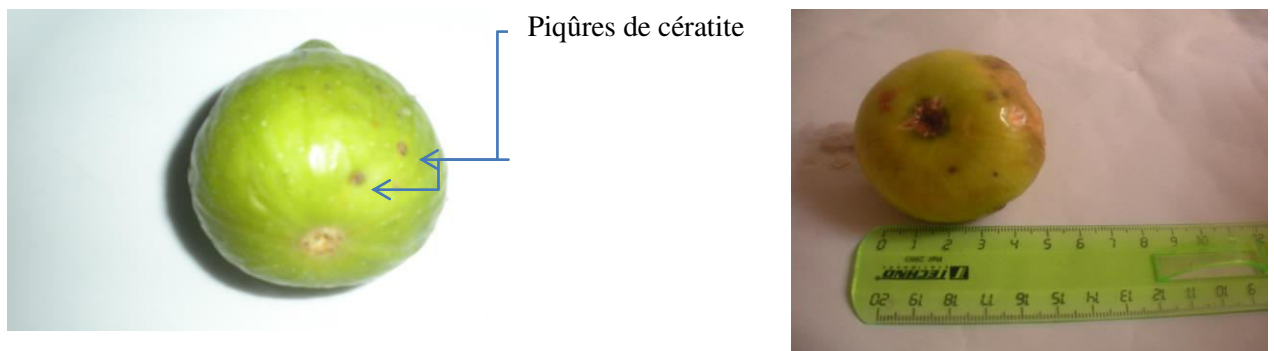


Figure13 : Piqûres de la cécidite sur la figue de la variété Thaamrounthe (droite) et Thabouhvoult (gauche) (Originale, 2012).

Ali-Ahmed Sadoudi (2007) ; Ali-Ahmed Sadoudi et *al.*, (2012) indiquent que la cératite s'attaque à plusieurs variétés fruitières d'hiver et d'été dans les différents vergers de Tizi-Ouzou dans lesquels ils citent l'orange, la clémentine, la pêche, l'abricot et les figues. Cheik & Bebsalah (1976) constatent aussi que la succession des hôtes en Tunisie offre à la cératite une période d'infestation continue tout au long de l'année.

4.1. Cératite et Citrus

Bodenheimer (1951) a décrit le point de piqûres de la cératite sur citrus (figure 12). Il est facile à marquer sur les oranges vertes où il présente une zone de décoloration qui le circonscrit. Ce phénomène hâte la maturité (Fellah, 1996). Les points de piqûres sont légèrement soulevés par rapport au niveau de la surface du fruit ou, au contraire, légèrement affaissés. La tâche finit par s'élargir, devient brunâtre et la chair sous-jacente pourrit.

Les différences dans les caractéristiques font que les diverses variétés de Citrus présentent des prédispositions variables aux attaques par la cératite.

Bodenheimer (1951) considère le Citronnier et le Cédraier comme espèces immunes d'infestation, malgré la présence de piqûres stériles. Cependant, les Bigaradiers sont sévèrement attaqués à cause du relâchement du tissu de l'écorce (Delanoué & Soria, 1962).

Les variétés tardives telles que les oranges Valencia late favorisent la pullulation de la mouche des fruits. En effet, en plus des conditions climatiques favorables, les fruits de cette variété se caractérisent par une épaisseur de l'écorce relativement faible, facile à percer par l'ovipositeur des femelles.

Les Clémentines ont une peau très mince, ainsi la ponte se fait directement dans la pulpe. Pour les oranges Thomson, le taux maximal élevé de piqûres stériles montre une grande réceptivité de cette variété en raison de la structure lisse et relativement fine de l'écorce des fruits. Alors que pour les variétés sanguines "Maltaise" et "Double fine", qui mûrissent en même temps, les piqûres stériles diminuent dans le temps indiquant une inhibition de la ponte et un changement de l'hôte (Fellah, 1996).

4.1.1. Comportement de la Cératite sur les citrus

- **Répartition de l'infestation sur les Citrus**

Il a été prouvé par plusieurs auteurs que la cératite visite préférentiellement les endroits dégagés plutôt que ceux diffus. Elle préfère également le côté Sud de l'arbre, ou bien le côté Est (Fellah, 1996). Gahbiche (1993 cité par Lachiheb, 2008) a montré l'existence sur les citrus de deux gradients décroissant d'infestation l'un allant de l'extérieur vers l'intérieur de l'arbre, et l'autre selon ses points cardinaux. Le côté Sud-Est, présente le taux d'infestation le plus élevé.

- **Evolution temporelle de l'infestation des fruits**

L'étude de l'évolution montre une succession de l'infestation au rythme de la succession de la maturité des fruits. Selon Delanoué & Soria (1962) et Gahbiche (1993), l'augmentation du taux d'infestation est en relation directe avec l'augmentation du taux de captures. Pour ce qui est de l'impact de l'infestation sur la chute des fruits, Soria (1961) a constaté que lorsque la larve du troisième stade effectue son saut caractéristique au sol, le fruit peut ne pas tomber.

4.2. Cératite et fruits d'été

En dehors des Citrus, l'arboriculture en Méditerranée et en Kabylie offre à la cératite une multitude de plantes hôtes permettant le développement du ravageur. En effet, l'ensemble des plantes hôtes cultivées, essentiellement les arbres fruitiers, offre à la cératite un milieu favorable en plus des conditions climatiques optimales à son développement durant la saison estivale. Cette dernière commence avec le Néflier du Japon et se termine par le Figuier de Barbarie en passant par l'Abricotier, le Pêcher, le Prunier, le Pommier, le Poirier et le Figuier (Oukil, 1995).

4.2.1. Comportement de la cératite sur les principaux fruits d'été.

- **Pêche *Prunus persica***

La pêche constitue l'hôte préférentielle de la cératite. En effet, elles sont classées parmi les hôtes les plus attaquées Ali-Ahmed Sadoudi (2007). En Tunisie, la cératite est considérée comme le ravageur majeur des pêches (Lachiheb, 2008). Au Maroc, la pêche constitue l'hôte préférentielle de la cératite pendant le printemps (Fahad et *al.*, 2013).

Bodenheimer (1951) ; Frezal (1953) et Carey (1984) ont conclu que la pêche est l'un des fruits les plus appréciés par la cératite dans tous les pays où sévit cette mouche.

- **Abricots *Prunus armeniaca***

L'abricot est une variété très recherchée par la cératite, spécialement les variétés tardives. Les variétés précoces échappent à l'infestation. Ali-Ahmed Sadoudi (2007) a constaté que les deux variétés d'abricotier Bulida et Hâtif colomer sont les plus piquées et celles qui ont donné le plus de pupes.

Bodenheimer (1951) montre que le fruit de l'abricotier ne peut contenir plus de 3 à 5 larves. A partir d'échantillons d'abricots collectés aux îles Hawaii, Liquido et *al.* (1990) obtiennent une moyenne de 340,55 adultes par kilogramme de fruits attaqués.

- **Prunes *Prunus spp***

Les prunes sont relativement résistantes aux attaques de la cératite mais une fois mûre, elles sont rapidement infestées surtout au cours de la période Juin-Juillet bien que la forte humidité de la pulpe provoque une mortalité des jeunes larves (Fellah, 1996).

Nishida et *al.* (1985) trouve une moyenne d'émergence de neuf adultes par kilogramme de fruit infestés.

- **Poires *Pyrus communis***

Les poires constituent un hôte favorable à la cératite avec des taux d'infestation pouvant atteindre 80 à 100%. Plusieurs variétés précoces ayant des fruits juteux et à petit calibre sont sévèrement attaquées (Fellah, 1996). Ali-Ahmed Sadoudi (2007) constate que les deux variétés de poire Docteur Guyot et Williams Meningo sont infestées par la cératite. Fahad

et *al.* (2013) constate que la variété Passe crassane du poirier, est l'hôte préférentielle de la cératite pendant l'automne, dans la région Sefrou au Maroc.

Bodenheimer (1951) trouve que les poires peuvent être le siège de développement de 6 à 7,5 individus alors que Liquido et *al.* (1990), à Hawaii, obtiennent une moyenne de 1,09 adulte de la cératite par kilogramme de fruits infestés.

- **Pomme : *Pyrus malus***

Les pommes constituent l'un des hôtes favorables à la cératite. Liquido et *al.* (1990) obtiennent une moyenne de 79,02 adultes par kilogramme de fruit infestés.

- **Figue : *Ficus carica***

Les figues sont susceptibles à l'attaque de la mouche des fruits uniquement après maturité. Le liquide laiteux et acre contenu dans la peau des figues non mûres empêche la ponte des femelles.

En ce qui concerne la capacité des figues à héberger la progéniture de la mouche des fruits et lui procurer les éléments nécessaires à son développement, Wong et *al.* (1983) rapportent à partir de 122 à 471 fruits, des taux d'infestation de 3,3 à 43,3% alors que le nombre d'individus collectés sur le sable, varie entre 72 et 2108 pupes, avec des taux d'émergence de 49,6 à 100%. Nishida et *al.* (1985) ont obtenu, à partir de 28 échantillons pris dans l'île de Hawaii, une moyenne de 200 adultes de la cératite par kilogramme de fruits alors que Liquido et *al.* (1990) obtiennent une moyenne de 18,59 adultes par kilogramme de fruits infestés uniquement.

Sadoudi-Ali Ahmed (2007), Sadoudi-Ali Ahmed et *al.*, (2012) présentent la figue comme étant le fruit le plus infesté grâce à la souplesse de son épiderme et leur richesse en protéines et en sucre.

4.3. Dégâts de la cératite dans le monde

La cératite affecte les intérêts économiques dans plusieurs pays à travers le monde. En effet, en infestation plusieurs variétés de fruits, elle cause une réduction considérable de la production et de la qualité des récoltes. Si on ajoute à ceci les dépenses substantielles d'argent sur les méthodes de contrôle de la mouche des fruits et sur les traitements de la récolte lorsque

le fruit est destiné à l'exportation, ces pertes peuvent s'élever à des millions de dollars américains.

En Californie, les pertes causées par la cératite sont estimées à 910 millions de dollars américains auxquels s'ajoutent 290 millions de dollars dépensés dans les tentatives de contrôle de l'insecte (Fellah, 1996).

Dans une estimation économique pour la région du moyen orient (Palestine, Jordanie, Liban et Syrie), la perte annuelle causée par la cératite a été estimée à 132 millions de dollars américains (Enkerlin & Mumford, 1998).

Dans la région du Maghreb (Algérie, Lybie, Maroc et Tunisie), les pertes financières imposées par la mouche des fruits sont de 67 et 100 million de Dollars américains chaque année (Driouchi, 1990)

5. Moyens de lutte

5.1. Mesures prophylactiques

Selon Delanoue (1951), l'hygiène phytosanitaire des vergers est maintenue à travers les récoltes et la destruction des fruits piqués, tombés au sol. Ces fruits sont soit enfouis dans le sol à une profondeur de plus de 80 cm, soit brûlés en dehors du verger ou mis dans des sacs bien fermés pour être dégradés et réutilisés comme composte. De même, la désinfection des sols, qui constituent un abri pour les pré-pupes et les pupes, est un moyen qui peut être utilisé pour limiter les pullulations des mouches de la cératite.

5.2. Lutte culturale

Elle consiste en la recherche de variétés résistantes et de sols qui réduiraient les populations de ce ravageur. Ces pratiques culturales les plus utilisées et qui ont contribué à la lutte de la cératite particulièrement en Tunisie et Maroc (Bachouchi, 2003) sont:

- Toutes les plantes réservoirs présentes autour des parcelles doivent être éliminées ;
- Les fruits attaqués doivent être détruits et enfouis. Aucun fruit ne doit rester au sol dans le verger ;
- Un travail du sol régulier, en hiver sur les cinq premiers centimètres sous les frondaisons, permet d'exposer une partie des pupes hivernantes à l'humidité, au gel éventuel et aux prédateurs et peut aussi diminuer la première génération survivante.

5.3. Lutte chimique

Pour faire face aux dégâts provoqués par la cératite, la lutte est basée sur des interventions répétées utilisant des insecticides de contact (malathion, fenthion, deltaméthrine) malgré les conséquences sur les équilibres biologiques et sur l'insecte lui-même qui développe des phénomènes de résistance (Lekchiri, 1982).

Le traitement aura lieu lorsqu'on aura enregistré plus de trois mouches par piège et par jours (Bennai & Hamadech, 2012).

Sous les conditions algériennes, le premier traitement doit être effectué vers la fin du mois de septembre, période correspondant à la réceptivité des variétés précoces d'agrumes ; les clémentines et Navels. Le deuxième traitement doit être réalisé 15 jours après le premier ou bien quand on enregistre plus de trois mouches par pièges et par jour (Bennai & Hamadech, 2012).

Afin de réduire l'utilisation de pesticides pour une meilleure protection de l'environnement, il est recommandé l'application de pulvérisations localisées auxquelles est adjoint un attractif alimentaire et/ou sexuel. Ces dernières années, un mélange de Spinosad, substance d'origine naturelle, et d'un attractif alimentaire, incorporé à la matière active, a permis d'abaisser significativement le niveau de la population de la cératite. Ce mélange présente l'avantage d'être moins toxique à l'égard d'organismes non-cibles (Vergoulas et *al.*, 2002 in Regnault-Roger et *al.*, 2005).

5.4. Lutte biotechnique

5.4.1. Confusion sexuelle

La lutte par confusion sexuelle consiste à diffuser, dans l'atmosphère du verger, des quantités importantes de phéromone sexuelle de synthèse de façon à désorienter les mâles et empêcher ainsi la rencontre des sexes. Cette méthode est écologique et préventive mais présente des coûts élevés de la phéromone.

5.4.2. Piégeage de masse

Le piégeage de masse consiste en l'utilisation d'un ensemble de stimuli par le biais d'un grand nombre de pièges en vue de réduire au maximum la population adulte de la mouche (figure 14 et 15).



a : Vue extérieure **b** : Face intérieure

Figure 14: Piège Gobe Mouche (Mc Phail). (Originale,2015)



Figure 15 : Piège Jackson. (Originale,2015)

5.4.3. Lutte autocide

Une technique non polluante a été préconisée dès le début des années 70, par lâcher de mâles stériles. Cependant, les essais menés en Tunisie, s'ils ont entraîné une réduction drastique de la population dans les zones de lâcher, n'ont pas conduit à sa suppression totale (Cheikh et *al.*, 1975; Cayol, 1994 in Regnault-Roger et *al.*, 2005).

Toutefois, tout espoir n'est pas perdu, d'autant que des résultats satisfaisants utilisant la technique de l'insecte stérile (TIS) avaient pu être enregistrés à des échelles beaucoup plus grandes (Fisher et *al.*, 1985; Gilmore, 1989; Schwarz et *al.*, 1989 in Regnault-Roger et *al.*, 2005). Rappelons que la lutte autocide, par des lâchers de mâles stériles, a été appliquée avec succès notamment au Sud du Mexique où elle a permis de réduire la population de ce ravageur (Riba & Silvy, 1989).

Il convient dès lors de développer des méthodes de lutte alternatives et novatrices. Parmi celles-ci, la lutte biologique par l'utilisation d'extraits végétaux, d'insectes prédateurs ou de parasitoïdes et le recours à certains pathogènes (bactérie, champignons entomophages) (Warton et *al.*, 2000; Lambert, 2010).

6. Lutte biologique

6.1. Définition

Selon Balachowsky (1951), c'est une méthode qui consiste à détruire les insectes nuisibles par l'utilisation rationnelle de leurs ennemis naturels appartenant soit au règne animal soit au règne végétal. Il peut s'agir de micro-organismes (champignons, bactéries, virus), d'animaux invertébrés (acariens, insectes, nématodes) ou de vertébré (reptiles, amphibiens, oiseaux, poissons, mammifères) (Coderre & Vincent 1992; Meyer, 2002).

La lutte biologique ne conduit pas à une éradication de l'espèce cible, son objectif est de réduire durablement l'effectif du ravageur de manière à ramener les dommages à un niveau écologiquement ou économiquement tolérables c'est à dire en dessous de ce que l'on appelle un seuil écologique ou économique acceptable (Meyer, 2002).

6.2. Historique de la lutte biologique dans le monde

La première utilisation référencée de lutte biologique a été effectuée par les Chinois (Lambert, 2010), dans les environs de l'an 304 avant Jésus Crist. Dans les vergers d'agrumes, les fermiers utilisaient des fourmis tisserandes (*Oecophylla smaragdina* Fabricius) indigènes qui consommaient une variété de ravageurs pour protéger les fruits (Peng, 1983). Comme les fermiers favorisaient également la dispersion de ces fourmis en installant des tiges de bambou entre les arbres, il s'agissait d'une lutte biologique à la fois d'augmentation et de protection.

Selon Lambert (2010), des recherches sur les prédateurs, parasitoïdes et maladies s'attaquant aux ravageurs jalonnent l'histoire, mais c'est surtout vers la fin du XIX^{ème} et au XX^{ème} siècle que les principales découvertes et expériences sont apparues (Waage, 2004).

6.3. Historique de la lutte biologique en Algérie.

C'est en 1984 que l'INPV a eu recours, pour la 1^{ère} fois, à une lutte biologique contre *Aleurothrixus floccosus* à l'aide d'un insecte parasitoïde indigène (*Cales noaki*) dans la région de la Mitidja. (INPV, 2011)

En 1992, après une forte infestation des vergers d'agrumes de Djanet par *Icerya purchasi*, sur les vergers d'agrumes de Djanet, une coccinelle *Novius cardinalis* est utilisée contre ce ravageur. Les résultats ont été très concluants (INPV, 2011).

En 2008, les cultures de tomate, sous serre, ont connu des attaques foudroyantes de la mineuse de la tomate : *Tuta absoluta*. Une stratégie impliquant plusieurs moyens de lutte est élaborée, parmi lesquels la lutte biologique avec *B. thuringiensis* (INPV, 2011).

Les services phytosanitaires de l'INPV ont également réalisé, en mai 2011 à Sidi Bel Abbes, au profit de la FAO, un essai de lutte biologique contre le criquet marocain à base d'un champignon entomopathogène «*Metarhizium anisopliae* var. *acridum*» (INPV, 2011).

6.4. Lutte par prédateurs

Une des utilisations les plus connues de lutte biologique est l'utilisation de coccinelles contre les pucerons. Les coccinelles sont des Coléoptères de la famille des Coccinellidés, prédateur généraliste de plusieurs espèces de pucerons et de cochenilles entre autres (Ahmed Pervez, 2006). Par exemple, contre le puceron vert du Pêcher (*Myzus persicae* Sulzer), deux espèces de coccinelles *Coleomegilla maculata* De Geer et *Coccinella septempunctata* Linnaeus ont réussi à réduire les populations de 85% (Obrycki et al., 2009).

En outre, Eskafi et Kolbe (1990) ont signalé la prédation par la fourmi *Solanopsis geminata* qui consomme 7 à 25% des larves de *C. capitata* dans les vergers de caféiers et d'orangers.

6.5. Lutte par les bactéries entomopathogènes

Parmi ces bactéries, nous citons la souche *Bacillus thuringiensis* (Bt) dont on a extrait une toxine. Cette dernière révèle un effet insecticide vis à vis des larves et des adultes de la cératite (Aboussaid et al., 2009).

6.6. Lutte par les champignons entomopathogènes

C'est des microorganismes qui infectent divers insectes par pénétration directe à travers la cuticule. Les conidies adhèrent à l'insecte, germent et pénètrent à travers la cuticule. Quand l'insecte meurt, le champignon colonise les organes internes puis sporule à la surface de l'insecte (Riba et Silvy, 1999).

6.6.1. Mécanisme d'action des champignons entomopathogènes.

Selon Clarkson & Charnley (1996) contrairement aux virus, bactéries, nématodes, protozoaires chez lesquels l'infection de l'hôte découle de leur ingestion obligatoire, les champignons peuvent infecter les insectes par pénétration directe à travers la cuticule. Au contact de cette dernière, la spore, l'unité infectieuse du champignon, germe et pénètre au travers du tégument en combinant des pressions mécaniques et enzymatiques (St Leger, 1993). Le champignon croît rapidement dans l'hémocoel. Les insectes susceptibles au champignon meurent généralement dans un délai de 3 à 10 jours. Quand l'insecte meurt, le champignon entre dans un stade hyphale. Il colonise les organes internes, puis sporule à la surface de l'insecte. Selon Feron et *al.* (1993), le processus de pénétration est l'étape la plus importante de la pathogénèse. Le cycle infectieux est généralement le même pour tous les hyphomycètes.

6.6.2. Intérêt des champignons entomopathogènes dans la lutte biologique.

Steinhaus (1949) pense que les champignons sont une cause régulière et importante de mortalité chez de nombreux ravageurs dans leurs milieux naturels. Ces points de vue sont partagés par certains auteurs comme Pelley (1968) et Kumar (1991).

Un seul hôte peut produire des millions de spores infectieuses, ce qui crée un potentiel de multiplication et de répression beaucoup plus élevé que celui des parasitoïdes ou des prédateurs. Ces microorganismes exploitent, le plus souvent, les formes juvéniles du ravageur visé (Corderre & Vincent, 1992) et agissent dans le respect de l'environnement (Kumar, 1991).

6.6.3. Inconvénients et limites de la lutte biologique par les champignons

Le recours à la lutte biologique pour contrôler les insectes ravageurs présente toujours des limites. D'après Cayol et *al.* (1992), la variation des résultats, en fonction des zones géographiques, révèlent l'importance d'utilisation des souches isolées à partir du

végétal et de l'écosystème que l'on souhaite protéger. Les travaux de Guesmi-Jouini et *al.*, (2010) contre les pucerons de l'artichaut en Tunisie, en sont le meilleur exemple.

Les échecs et les variations dans l'efficacité proviennent aussi de la non persistance de l'agent biologique sur la plante. Les effets de certains facteurs climatiques sur la fiabilité des conidies ont été très étudiés comme la température et le rayonnement solaire sur la rémanence ou l'inactivation de l'inoculum infectieux et l'effet de l'humidité (Cayol et *al.*, 1992)

6.6.4. Quelques travaux de lutte par les champignons

Les travaux réalisés par Ekesi et *al.* (2003) et Toledo et *al.* (2006) ont mis en évidence l'effet entomopathogène de *Beauveria bassiana* à l'égard de la cératite.

Selon Sabbahi (2008) *Beauveria bassiana* s'avère pathogène à l'égard de la punaise terne (*Lygus lineolaris* Palisot de Brauvois) des fraiseraies du Québec.

Selon Boudjelida & Soltani (2011), l'activité insecticide d'une souche locale d'un champignon hyphomycète *Metarhizium anisopliae* (Metsch) contre la cératite a révélé des résultats prometteurs. Le pourcentage de mortalité cumulé des larves de la cératite au 7^{ème} jour après l'inoculation a été de l'ordre de 89,05% pour la dose la plus élevée de 52×10^5 spores/ml.

L'activité insecticide d'une souche autochtone de *M. anisopliae* Metch., a été testée à l'égard des chenilles du dernier stade en diapause de *Cydia pomonella* L. Les taux de protéines cuticulaires ont été déterminés chez les larves L₅ âgées de 3 à 7 jours. Les résultats ont montré une réduction significative des taux de protéines cuticulaires chez les séries traitées par rapport aux lots témoins. Par contre, le champignon n'a pas d'effet sur la fécondité (Boudjelida & Soltani, 2010).

Selon Guesmi-Jouini et *al.* (2010), l'isolement à partir des cadavres de *Capitophorus elaeagni* (Hemiptera: Aphidae) montrant des symptômes naturels de mycoses entomopathogènes dans les parcelles d'artichaut en Tunisie, a révélé deux types de colonies mycéliennes. Le repiquage sur milieu spécifique a permis l'identification de deux espèces de *Fusarium* : *F. sacchari* et *F. semitectum*. Les tests de pathogénicité, in vitro, ont montré que les traitements à base de ces deux espèces ont été mortels pour *Aphis fabae*, *Brachycaudus scardui*, *C. elaeagni* et *Dysaphis cynarae* (Hemiptera: Aphyidae) et ont reproduit les mêmes symptômes rencontrés au champ.

Haddadj et *al.* (2014) ont révélé une activité entomopathogène de *Beauveria bassiana* sur les larves de 5^{ème} stade du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskâl, 1775. Les résultats montrent une mortalité de 100% entre le 6^{ème} et le 8^{ème} jour de traitement et un blocage de la mue a été observé empêchant l'insecte de passer au stade imaginal.

6.7. Huiles essentielles et extraits de plantes

Une autre stratégie de lutte biologique repose sur l'exploitation des résistances naturelles des plantes. L'abondance et la diversité des métabolites secondaires représentent une source importante de molécules qui doivent, dès aujourd'hui, faire l'objet d'un investissement majeur dans ce domaine de la recherche.

6.7. 1. Huiles essentielles

Les huiles essentielles sont obtenues par hydrodistillation à partir des organes des plantes. Elles sont employées à diverses fins dont la médecine, la parfumerie, la cosmétique et la lutte contre les microorganismes (bactéries et champignons) et les insectes. Les huiles essentielles de *Cymbopogon choenanthus* L. Spreng., de *C. giganteus* Chiov., de *Lippia multiflora* Mold., de *Ocimum basilicum* L., et de *Securidaca longepedunculata* Fresen ont des propriétés insectifuges ou insecticides (Nébié, 2005 ; Koumalglo et *al.*, 1998 cité par Nébié, 2005).

Une étude a été réalisée par Erler et *al.* (2006), durant laquelle l'huile essentielle extraite à partir de feuillage frais de *Laurus nobilis* a été examinée pour son activité répulsive contre les femelles adultes de moustiques *Culex pipiens*. Cette huile a montré un degré de répulsion intéressant contre ces parasites vecteurs de plusieurs maladies comme la malaria, la fièvre jaune, la dengue, l'encéphalite, etc.

De même, l'activité fumigène de certains composés qui se produisent naturellement dans les huiles essentielles de certaines plantes aromatiques dont le cinéol, l'eugénol et le linalol, composés majoritaires de l'huile essentielle de *Laurus nobilis*, a été évaluée contre trois espèces d'insectes parasites des produits entreposés (*Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*). L'activité insecticide a changé avec l'espèce d'insecte, le composé et le temps d'exposition.

Les résultats ont prouvé que ces composés peuvent convenir comme fumigènes en raison de leur volatilité élevée, leur efficacité et leur sureté (non toxiques aux humains) (Rozman et *al.*, 2007).

6.7.2. Extraits aqueux

Tous comme les huiles essentielles, des travaux de recherches attestent, par leurs résultats, que les extraits de plantes ont des propriétés intéressantes contre les insectes ravageurs.

Selon Soummane et *al.* (2011), l'extrait de méthanol d'une Tamaricaceae, *Tamarix gallica* plante médicinale marocaine, est révélée très efficace pour une DL50 de 0,5% et de 30 mg ml⁻¹ contre les larves et les adultes de *C. capitata* et présente un potentiel biopesticide prometteur pour le control de ce ravageur.

Aouati (2016) a testé l'extrait aqueux de dix plantes aromatiques (*Artemisia herba alba*, *Marrubium vulgare*, *Laurus nobilis*, *Eucalyptus globulus*, *Mentha spicata*, *Rosmarinus officinalis*, *Ruta montana*, *Tymus vulgaris*, *Lavandula officinalis* et *Origanum compactum*.) de la région de Constantine sur les larves de *Culex pipiens*.

De tous les extraits utilisés celui de *Artemisia herba-alba* a engendré le plus grand taux de mortalité mais a agit, également, à des concentrations relativement faibles. Il est suivi par trois extraits aqueux qui ont engendrés une mortalité de plus de 50% sur les larves testées au bout de 72 heures d'exposition. Il s'agit de ceux de *Marrubium vulgare*, *Tymus vulgaris* et *Origanum compactum*.

Regnault Roger et *al.* (2004) ont testé l'effet insecticide des composés phénoliques de cinq plantes aromatiques méditerranéennes de la famille des Lamiacées contre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). Les résultats de l'analyse chromatographique indiquent que les polyphénols, principalement des acides cinnamiques et des flavones, l'acide rosmarinique, le luteolin-7- glucoside sont à l'origine de cette activité.

L'activité insecticide des différentes concentrations de l'extrait méthanolique d'un lichen *Ramalina canduplicans* de la famille des Ramalinaceae a été testée à l'égard du deuxième stade larvaire d'*Aedes aegypti* (Vinayaka et *al.*, 2009). Les résultats montrent une augmentation de la mortalité larvaire avec l'augmentation des concentrations testées. Les analyses chromatographiques révèlent la présence de l'acide usnique, l'acide salanizique et l'acide sekikaique.

L'acide usnique isolé de deux extraits de lichens *Cladonia foliacea* et *Ramalina farinacea* révèle une activité larvicide à l'égard du troisième et quatrième stade larvaire de *Culex pipiens L* (Cetin et al., 2008).

6.7.3 Avantage des extraits de plantes

L'emploi des extraits de plantes comporte des avantages certains. Avec l'augmentation des prix des produits chimiques et leur rareté sur les marchés locaux, les produits biodégradables provenant des plantes constituent une bonne alternative qui permet aux producteurs de pouvoir assurer la protection de leurs semences à un coût relativement faible (Bouda et al., 2001). La réduction de l'emploi des pesticides chimiques due à l'utilisation des extraits de plantes contribue énormément à la réduction de la pollution de l'environnement et cela permet énormément d'améliorer la santé publique des populations. C'est une alternative prometteuse du fait de son efficacité et son innocuité sur l'environnement (Weaver & Subramanyam, 2000).

Chapitre II

Présentation des zones d'étude et des variétés fruitières

2. Présentation des vergers d'expérimentation

2.1. Verger Deridj

C'est un verger agrumicole d'environ 31 hectares, situé dans la zone industrielle de Oued-Aissi, à 10 Km à l'Est du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou. Il est limité, au Nord, par la route nationale N°12 (figure17). Au Sud, par des habitations et des champs de culture, à l'Est par une route qui mène vers Bou Yilef et à l'Ouest, par un autre verger d'agrumes et la route nationale N° 15.

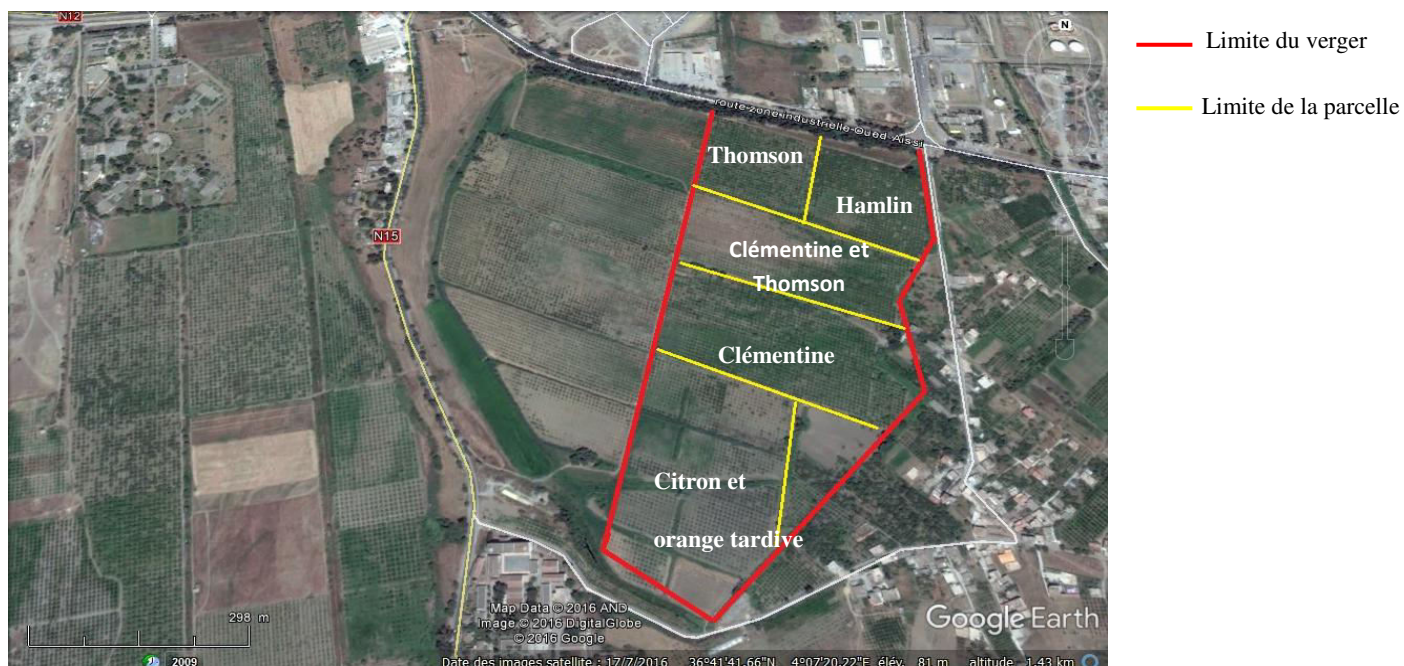


Figure 17: Plan parcellaire du verger Derridj (Google Earth, 2016).

2.1.1. Espèces fruitières cultivées

Ce verger comprend la Clémentine (Ordinaire et Montréal), la Thomson, l'Hamlin, le Citron, quelques Mandariniers, le Pamplemousse et la Sanguine ainsi que quelques Néfliers, Poiriers, Abricotiers et Figuiers.

2.1.2. Entretien du verger

L'entretien apporté au verger consiste en un désherbage mécanique, la taille des arbres et une irrigation irrégulière. Nous avons remarqué que les fruits tombés à terre ne sont pas ramassés et constitueraient donc un foyer de réinfestation.

Les traitements phytosanitaires sont réalisés entre le mois d'Août et le mois de Septembre. Ces derniers consistent en une application d'Ultracide 40 dont la matière active est le Menthidathion utilisé contre les cochenilles. Le Damitol, composé de Fenpropathrine, est utilisé contre les aleurodes et les acariens. Le Thiodan, avec comme matière active l'Endosulfan, est

appliqué pour lutter contre les pucerons et la mouche blanche. D'autres produits sont, par ailleurs, utilisés, tels que le Defender Boro qui est un correcteur de carence en bore et le Protifert LMW qui est un biostimulant organique.

2.2. Verger Aissat

C'est un verger appartenant à une propriété privée qui se trouve à proximité de la zone industrielle de la commune de Draa Ben Khedda à 11Km du chef-lieu de Tizi-Ouzou. Il est limité par la route nationale N°12 au Nord, par une route agricole à l'Est et par des vergers d'agrumes au Sud (figure 18).



Figure 18: Plan parcellaire du verger Aissat (Google Earth, 2017).

2.2.1. Espèces fruitières cultivées

Ce verger comprend la mandarine sans pépin, la clémentine Montréal, l'orange Thomson et l'orange tardive de variété sanguine.

2.2.2. Entretien du verger

Les traitements phytosanitaires sont réalisés entre le mois d'Août et le mois de Septembre. Ces derniers consistent en une application d'Ultracide 40 contre les cochenilles et le Damitol, composé de Fenpropathrine, utilisé contre les aleurodes et les acariens.

2.3. Verger Azouni

Ce verger est classé propriété privée. Il est situé dans la commune de Draa Ben Khedda à 11Km de la wilaya de Tizi-Ouzou. Il est limité au Nord, à l'Ouest et au Sud par les vergers d'agrumes et à l'Est par une route agricole et quelques habitations (figure19).



Figure 19 : Plan parcellaire du verger Azouni(Google Earth, 2017).

2.3.1. Espèces fruitières cultivées.

Nous signalons la présence de plusieurs variétés fruitières d'agrumes tels que le citron Eureka, l'orange Thomson, la Clémentine Montréal, le pamplemousse, les deux variétés d'oranges Valentia late et Washington.

2.3.2. Entretien du verger

Il est limité à une irrigation régulière. Nous signalons aussi l'absence de désherbage et la taille des branches.

2.4. Verger Sidi Naâmane

Il est situé près du chef-lieu de la commune de Sidi Naâmane au Sud. Il appartient à un comité des agriculteurs de la région. Il est situé à 12 Km du Nord-Ouest de la commune de Tizi-Ouzou. Il est limité, au Nord et à l'Est, par des vergers de pommiers, à l'Ouest, par un verger d'agrumes et, au Sud par l'oued Sébaou (figure 20).

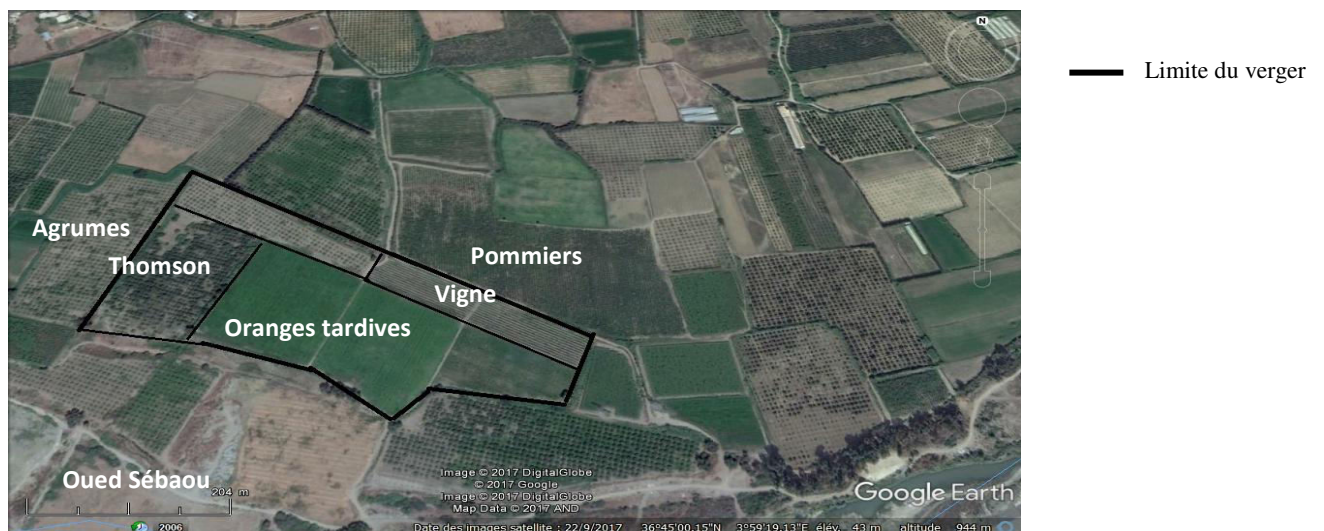


Figure 20 : Plan parcellaire du verger de Sidi Naâmane (Google Earth, 2017).

2.4.1. Espèces fruitières cultivées

Nous y trouvons la vigne et différentes variétés d'agrumes tels que la Thomson, la Valentinia late et le Bigaradier.

2.4.2. Entretien du verger

Ce verger ne subit aucun traitement phytosanitaire. Nous avons constaté, aussi, l'absence d'entretien tel que le désherbage et la taille des arbres.

2.5. Verger Assiakh Oumedour

Ce verger se situe dans la zone industrielle d'Oued-Aissi. Il est limité, au Nord par un verger de prune, au Sud, par la route nationale N° 12, à l'Est, par des habitations et à l'Ouest, par un terrain de football (figure 21).



Figure 21: Plan parcellaire du verger Assiakh-Oumedour (Google Earth, 2013).

2.5.1. Espèces fruitières cultivées

Plusieurs espèces fruitières sont plantées dans ce verger. Nous citons le pêcher, l'orangers, les pommiers, les pruniers et une grande parcelle de vigne.

2.5.2. Entretien du verger

Nous avons remarqué que l'irrigation régulière est le seul entretien apporté dans ce verger. De même, il y a absence de désherbage. Signalons, tout de même, qu'un traitement chimique à base d'Ultracide 40 est employé au cours de l'année.

2.6. Verger Chabane

C'est une exploitation familiale située au Nord-Est de Tizi-Ouzou, à environ 3km du chef-lieu. Elle est limitée, au Nord, par des habitations et une semoulerie, au Sud par la route nationale n°12 qui mène vers Azazga, à l'Est, par un autre verger d'agrumes et à l'Ouest par des habitations et une route menant vers le pont de Bougie (figure 22).



Figure 22 : Plan parcellaire du verger Chabane (Google Earth, 2016).

2.6.1. Espèces fruitières cultivées.

C'est un verger agrumicole : les variétés d'oranger présentes sont la Thomson, Hamlin, Clémentine, la sanguine.

2.6.2. Entretien du verger

Les travaux d'entretien consistent en une irrigation et une taille des arbres. De ce fait, le verger est très ombragé et étouffé par les mauvaises herbes. Les traitements chimiques sont effectués deux fois par an. L'insecticide utilisé est l'Ultracide 40 à une dose de 150 ml/hl.

2.7. Verger Chamlal

Le verger est situé à l'Est de Tizi-Ouzou, à 5Km du chef-lieu de la wilaya. Il est limité, au Nord par l'Oued Sébaou, à l'Est par la cave coopérative de la grande Kabylie et un terrain non cultivé, à l'Ouest par un verger d'agrumes et, au Sud, par la route nationale N° 12 qui mène vers Azazga (figure 23).

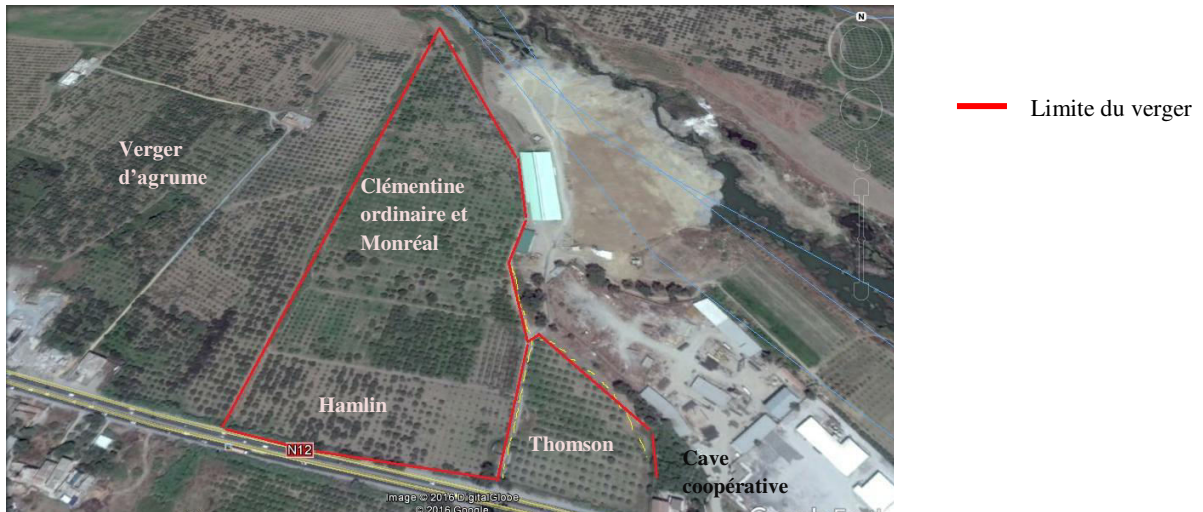


Figure 23: Plan parcellaire du verger Chamlal (Google Earth, 2016).

2.7.1. Espèces fruitières cultivées.

C'est un verger agrumes renfermant les deux variétés de clémentine (la Montréal et l'ordinaire), la Thomson, l'Hamlin et la pêche.

2.7.2. Entretien du verger

L'entretien apporté au verger s'est limité au désherbage mécanique par labours superficiels, à la taille des arbres et à une irrigation irrégulière. Les traitements phytosanitaires sont réalisés une fois par an. L'insecticide utilisé est l'ultracide 40 (methidathion) à une dose de 150 ml/hl.

2.8. Verger Achour

Ce verger appartient au secteur privé et se trouve dans la zone industrielle de Oued-Aissi à 11km du chef-lieu de Tizi-Ouzou. Il est limité au Nord par une route et l'usine ENIEM, au Sud, par un verger d'agrumes, à l'Est par des habitations et, à l'Ouest, par une briqueterie et des habitations (figure 24).



Figure 24 : Plan parcellaire du verger Achour (Google Earth, 2015).

2.8.1. Espèces fruitières cultivées

Ce verger est à polyculture fruitière, on y compte la pêche, l'abricot, l'orange, la prune, la vigne et la figue.

2.8.2. Entretien du verger

Les travaux d'entretien réalisés dans ce verger sont le désherbage par labour superficiel, la taille des arbres et une irrigation régulière. Nous avons remarqué que les fruits tombés à terre sont ramassés.

Plusieurs traitements chimiques sont appliqués durant l'année; en automne, en hiver et au printemps sur toutes les espèces fruitières existantes dans le verger.

Parmi les produits utilisés, nous citons l'Ultracide, le Decis dont la matière active est le Deltaméthrine, utilisé contre le carpocapse et la cécidite ainsi que le Thiodan à une dose de 350 g/hl. l'Ovipron, composé de l'huile de pétrole, est utilisé pour lutter contre les cochenilles, les acariens et les pucerons et le Mospilan, dont la matière active est l'Acetamiprid est appliqué contre la mineuse.

2.9. Verger Chaib

Ce verger appartient au secteur privé et se trouve dans la commune de Mekla à 27 km au Nord-Est de la ville de Tizi-Ouzou. Sur la route n° 12 qui mène vers Azazga. Il est délimité, au Nord, par une piste et un terrain nu, au Sud, par des habitations et, à l'Est et l'Ouest par des terrains nus (Figure 25).



— Limite du verger

Figure 25 : Plan parcellaire du verger Chaib (Google Earth, 2012)

2.9.1. Variétés de figuiers présentes dans ce verger

Ce verger présente un grand nombre de variétés de figuiers qui sont Azaiche, Ajenjer, Achtoui blanc, Achtoui noire, Thaamrounte, Thaghanimth, Thabuharchwth, Avouzegagh et Thavouhvoulte.

2.9.2. Entretien du verger

Ce verger ne subit aucun traitement phytosanitaire. L'entretien est limité en une irrigation régulière ainsi que la taille des arbres.

3. Caractéristiques climatiques de la Wilaya de Tizi-Ouzou durant la période d'étude (2005-2015).

Le climat est facteur de grande importance car les fluctuations saisonnières influencent sur les activités biologiques, la dynamique et la répartition des populations.

La région de la Kabylie appartient au domaine méditerranéen, caractérisé par une saison sèche coïncidant avec l'été et une saison pluvieuse correspondant à la saison hivernale.

3.1. Températures

La température est un facteur écologique important car elle conditionne la répartition et la dynamique des êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984).

3.1.1. Variations des températures moyennes mensuelles de 2005 -2015

Les résultats présentés par la figure 26, révèlent, que pour la région de Tizi-Ouzou, les températures moyennes mensuelles ($T^{\circ}\text{Moy}$) atteignent un maximum au mois de Juillet avec $28,04^{\circ}\text{C}$. Elles diminuent progressivement pour atteindre un minimum de $10,42^{\circ}\text{C}$ en Janvier.

Quant aux températures moyennes mensuelles minimales, elles atteignent un maximum en mois d'Aout de l'ordre de $21,62^{\circ}\text{C}$ et un minimum $6,45^{\circ}\text{C}$ au mois de Février.

Les températures moyennes mensuelles maximales sont enregistrées en été, durant le mois de Juillet, de l'ordre de $36,06^{\circ}\text{C}$.

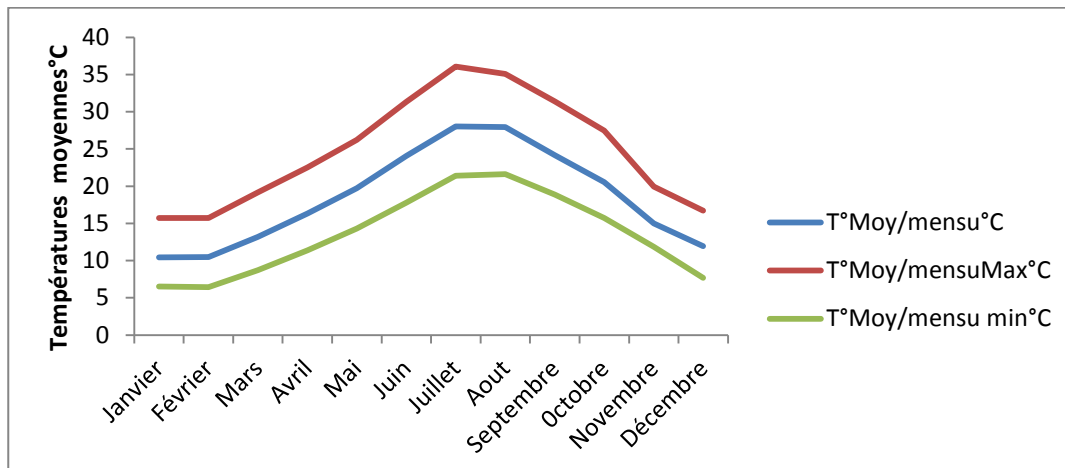


Figure 26 : Variations des températures moyennes mensuelles, moyennes mensuelles minimales et moyennes mensuelles maximales de la wilaya de Tizi-Ouzou de 2005-2015 (O.N.M, 2017).

3.1.2. Variations des températures moyennes annuelles de 2005 -2015

Selon les résultats présentés par la figure 27, la température moyenne annuelle la plus élevée est enregistrée durant les deux années 2006 et 2014 avec un maximum moyen de 19,1°C. Par contre, la température moyenne annuelle minimale est enregistrée en 2005 avec 17,6°C.

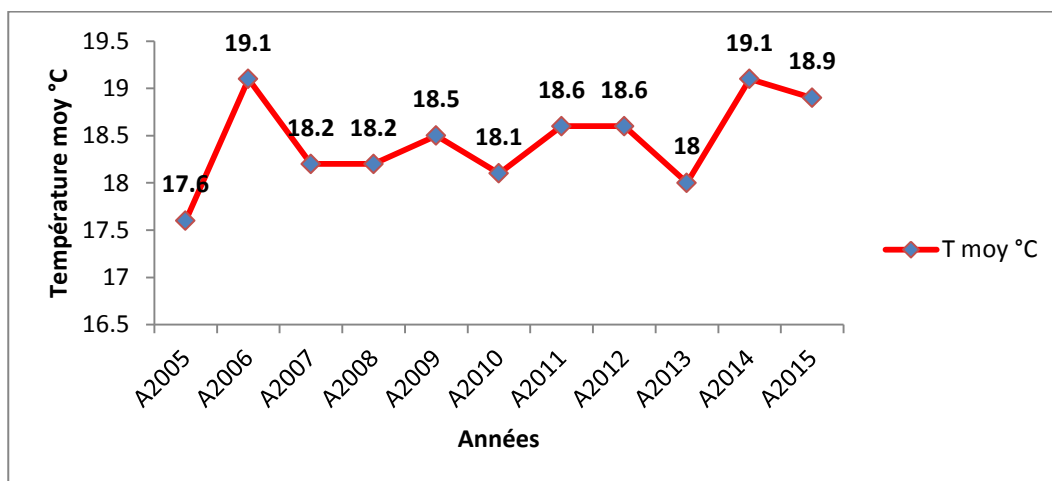


Figure 27: Variations des températures moyennes annuelles de la wilaya de Tizi-Ouzou de 2005-2015 (O.N.M. 2017).

3.2. Pluviométrie

La pluviométrie est un élément fondamental du climat. Son importance est telle que les différentes classifications du climat reposent essentiellement sur la moyenne annuelle ou mensuelle des précipitations, en combinaison avec les moyennes et/ou les extrêmes de températures. En Algérie, les ressources hydriques tributaires, pour une large part, d'une pluviométrie irrégulière et inégalement répartie dans l'espace, demeurent modestes en égard également au déficit en moyens de rétention (Abderrahmani et al., 2006).

3.2.1. Variation des précipitations mensuelles durant la période (2005-2015).

D'après la figure 28, nous constatons que le mois de l'année le plus pluvieux est le mois de Novembre qui présente une quantité moyenne mensuelle de l'ordre de 122 mm. Par contre, le mois le plus sec est le mois de Juillet avec une moyenne mensuelle de 2,92 mm de pluie.

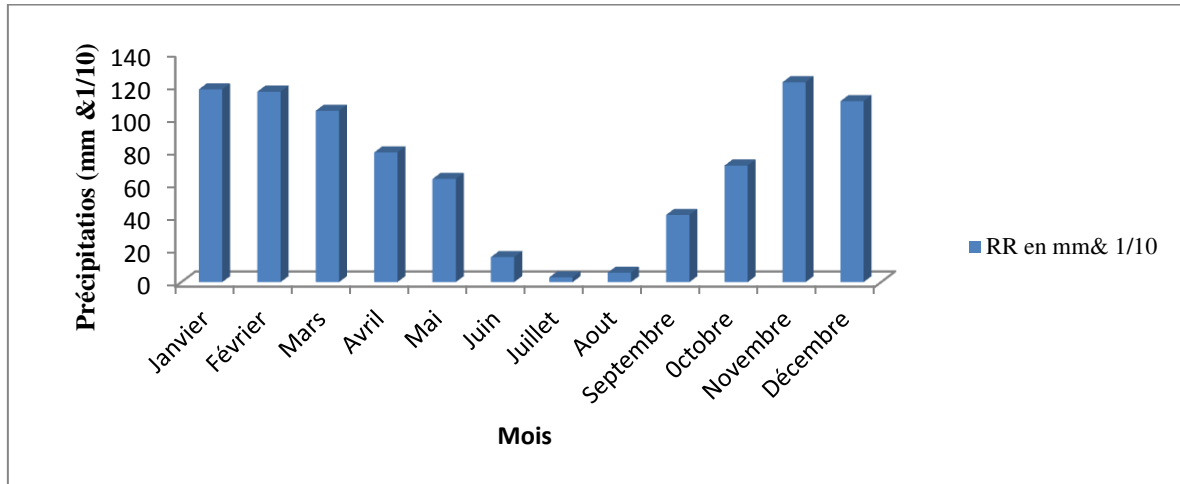


Figure 28: Variations des précipitations moyennes mensuelles de Tizi-Ouzou 2005-2015 (O.N.M, 2017).

3.2.2. Variation des précipitations moyennes annuelles durant la période 2005 - 2015

Il ressort de la figure 29, que l'année la plus pluvieuse est 2007 avec une moyenne annuelle de 202 mm de pluie. Cette moyenne diminue, ces dernières années, pour atteindre 59,2 mm en 2015.

Les résultats des figures 28 et 29 illustrent bien les irrégularités des précipitations à l'échelle mensuelle et annuelle dans la wilaya de Tizi -Ouzou, tant au niveau de leur répartition qu'au niveau des quantités reçues. Ce qui est caractéristique du climat méditerranéen.

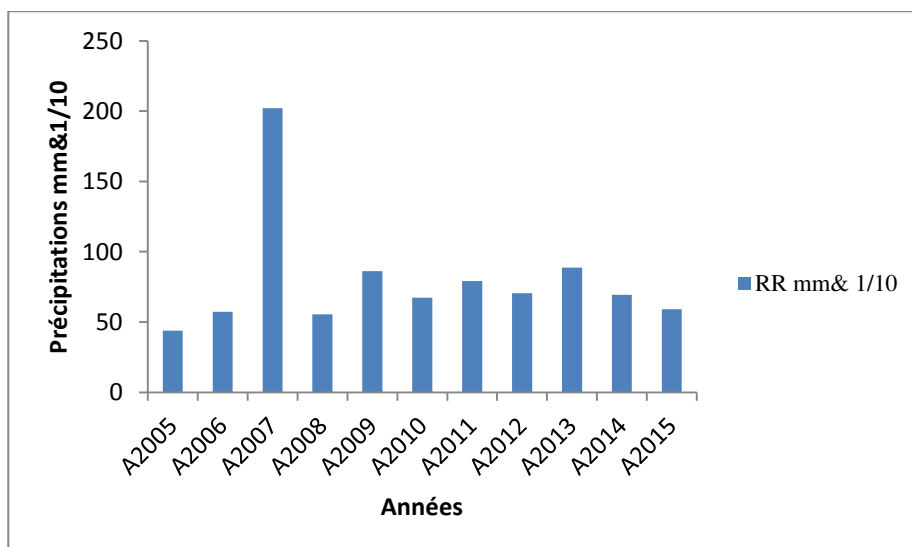


Figure 29: Variations des précipitations moyennes annuelles de la wilaya de Tizi-Ouzou de 2005-2015 (O.N.M, 2017).

3.2. 3. Répartition saisonnière des précipitations

Selon les résultats du tableau 2, la saison la plus arrosée est l'hiver avec un total saisonnier de 344,5 mm. Il correspond à un pourcentage annuel de 40,5%. Nous constatons que la région de Tizi-Ouzou est caractérisée par un régime pluviométrique saisonnier de type H.A.P.E.

Tableau 2 : Répartition saisonnière des précipitations durant la période 2005-2015.

| Saisons | Hiver | | | Printemp | | | Eté | | | Automne | | |
|---------------------------|----------|-----|-----|-----------|-----|-----|----------|------|-----|----------|-----|-----|
| Mois | Dec | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aou | Sep | Oct | Nov |
| Total Saisonniers | 344,5 mm | | | 246,98 mm | | | 23,97 mm | | | 234,4 mm | | |
| Pourcentage annuel | 40,5% | | | 29% | | | 2,82% | | | 27,5% | | |

3.3. Humidité relative

Les relevés de l'humidité relative (figure 30) montrent que les mois les plus humides sont Décembre et Janvier avec des pourcentages respectifs de 81,63 et 81,81%. Ces mois correspondent aussi au mois les plus pluvieux. Par contre, les mois les moins humides sont respectivement Juillet et Août. Ces deux mois font partie de la saison sèche.

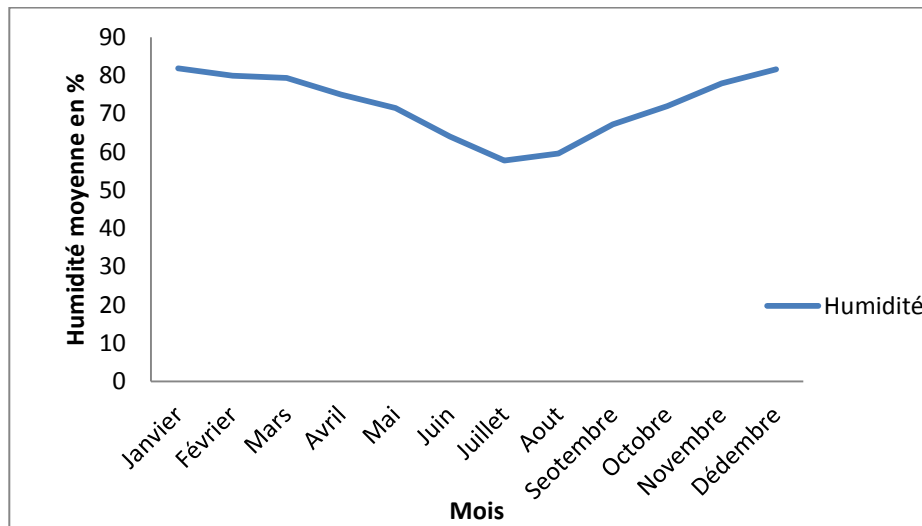


Figure 30 : Variation de l'humidité moyenne mensuelle durant la période 2005-2015 (O.N.M de Tizi-Ouzou, 2017)

3.4. Synthèse climatique

Tous les facteurs climatiques ont une influence directe ou indirecte sur le comportement des êtres vivants. Pour cela, une synthèse climatique de la région d'étude semble nécessaire.

3.4.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен a pour utilité de déterminer les saisons sèches et humides d'une région donnée. Selon ces deux auteurs, un mois est biologiquement sec, lorsque le total des précipitations (P), en mm, est égale ou inférieur au double de la température (T), en °C, c'est-à-dire $P \leq 2T$.

De ce fait, sur la base de l'équation $P = 2T$, nous avons réalisé le diagramme ombrothermique de la région de Tizi-Ouzou (figure 31).

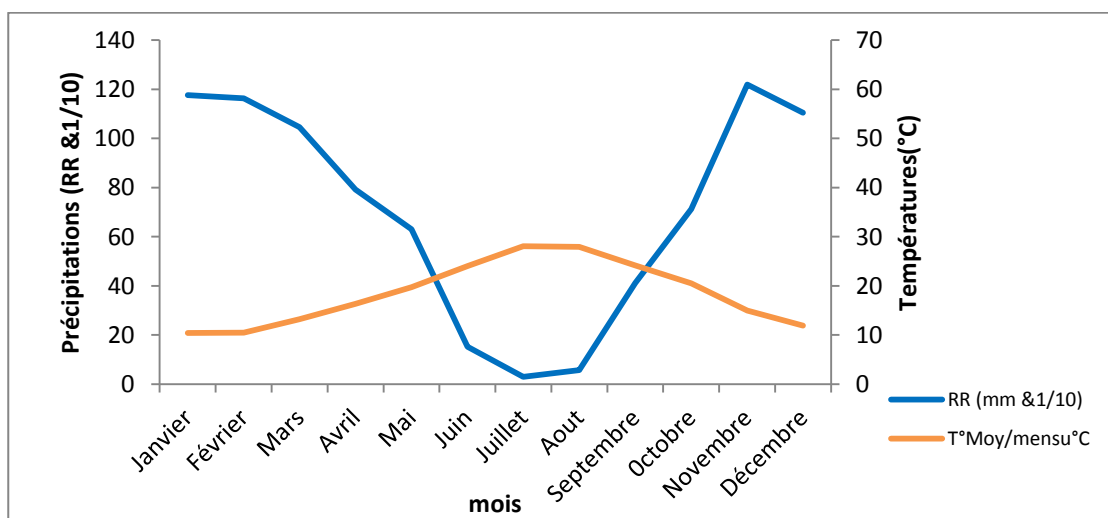


Figure 31 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de Tizi-Ouzou durant la période 2005-2015 (O.N.M de T.O, 2017).

Durant la période comprise entre 2005 et 2015, le diagramme ombrothermique pour la région de Tizi-Ouzou, révèle une saison sèche qui s'étale du début Juin jusqu'à la troisième semaine du mois de Septembre.

La température la plus élevée est enregistré en moi de Juillet ; elle est de l'ordre de 28, 04°C. Ce mois est, aussi, le mois le plus sec de la saison sèche avec une quantité de pluie ne dépassant pas 2, 92 mm.

3.4.2. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger.

Proposé par Emberger (1936), le quotient pluviométrique est un rapport plus précis faisant appel, en plus des précipitations P, à la moyenne (M) des maxima du mois le plus chaud et à la moyenne (m) des minima du mois le plus froid. La proposition d'Emberger a été simplifiée par Steawart (1969) pour l'Algérie et le Maroc par la formule ci-dessous :

$$Q_2 = 3,41 P / (M - m) \text{ avec}$$

Chapitre II : Présentation des zones d'étude et des variétés fruitières

P : total des précipitations annuelles (mm).

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C)

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°C)

le quotient pluviométrique est présenté dans le tableau 3.

Tableau 3 : Valeur du quotient pluviométrique de la région de Tizi-Ouzou.

| Paramètres | P | M | m | Q ₂ |
|------------|-------|---------|-------|----------------|
| | 850,6 | 21,38°C | 5,5°C | 90,68 |

Ce tableau permet de classer la Wilaya de Tizi-Ouzou dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver tempéré (figure 32).

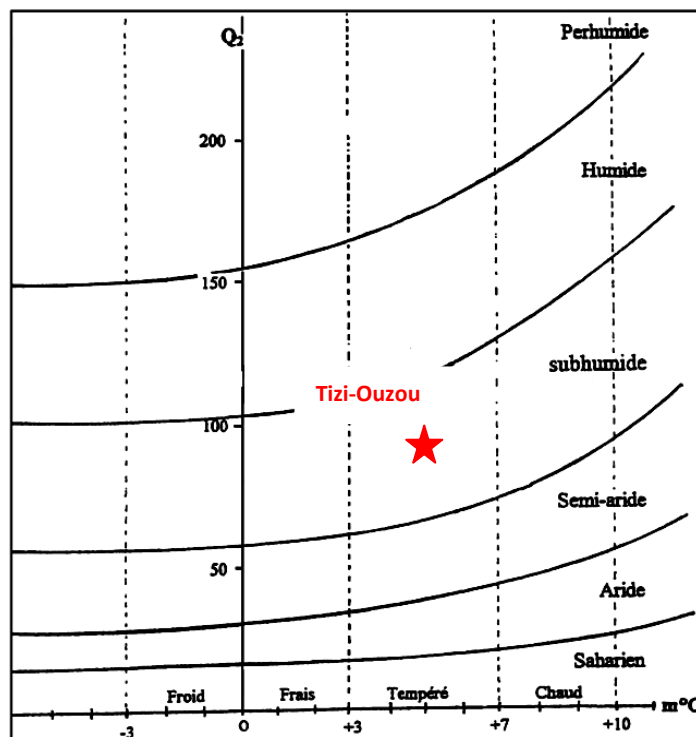


Figure 32 : Position de la wilaya de Tizi-Ouzou dans le climatogramme d'Emberger pour la période 2005-2015.

4. Sites de prélèvement des plantes aromatiques et des lichens

Nous allons présenter, brièvement, les lieux de récoltes des plantes utilisées pour les essais biologiques.

4.1. Station Darna

La station de Darna (où l'on a prélevé *R. farinacea*), fait partie du village de la commune Iboudraren (Dayra de Beni Yeni) (figure 33). C'est un site de type forestier qui s'étend sur une superficie de 450 ha et une altitude de 985 m et il est situé au Sud-Est de la wilaya de Tizi-Ouzou avec comme coordonnées angulaires $36^{\circ} 28' - 36,30'$ latitude Nord et $4^{\circ} 15' - 04,17'$ longitude Est (Amroun et al, 2011 et 2013).

Cette station fait partie de l'Atlas Tellien et se situe sur le versant Nord du parc national du Djurdjura. Elle est délimitée au Nord par le village de Ait moussa (commune de Yattafen), au Sud par RN n°30 et le massif forestier d'Ait Ouabane (réserve intégrale au sein du parc national du Djurdjura crée par le décret n° 83-460 du 23 Juillet 1983) ainsi que la wilaya de Bouira et à l'Ouest par le village de Thala n'Tazerth à l'Est par le village Ait Allaoua. Elle présente des altitudes comprises entre 768 et 1319 mètres.

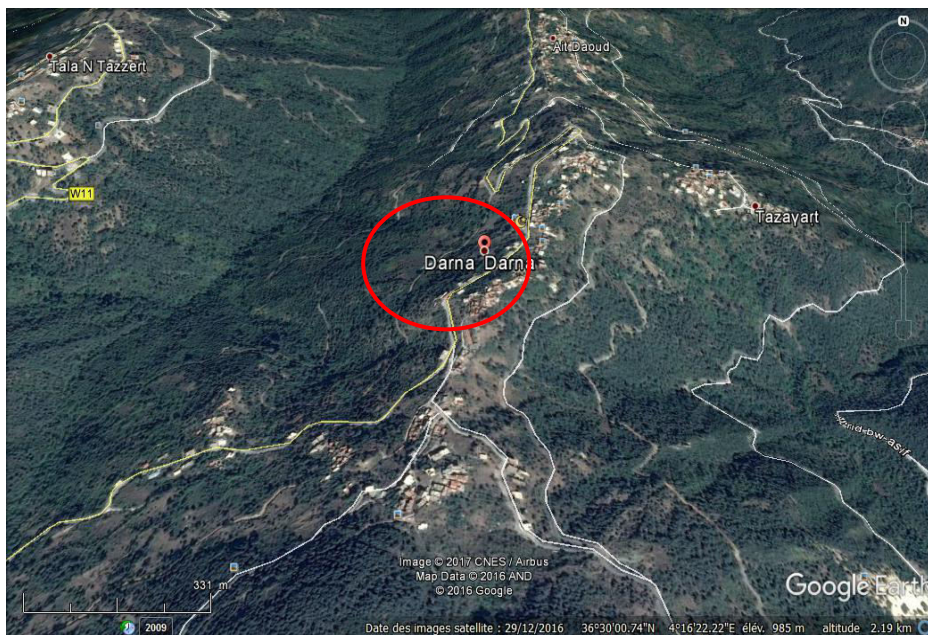


Figure 33: Localisation du site de prélèvement de *R. farinacea*

4.2. Station Tala-Guilef

L'appellation «Tala-Guilef» signifie littéralement source du sanglier en Berbère, et correspond à une source retrouvée dans la forêt de cèdre qui porte son nom par extension

Chapitre II : Présentation des zones d'étude et des variétés fruitières

(Krouchi et *al.*, 2004 ; Krouchi, 2010). La station de Tala Guilef fait partie de l'Atlas Tellien, elle se situe sur le versant Nord du parc national du Djurdjura (figure 34).

La station de prélèvement de *P. Acetabulum* se situe au niveau de la zone touristique. Elle est délimitée au Nord, par Bounouh, Assi Youcef et Ait Bouadou. Au Sud, par le massif de Haizer dont le point culminant est la dent du lion (2123 m). À l'Ouest, par le village des Ait Chaaban, Ait Tarmoul et la route de Tala Guilef et à l'Est, par le Lac Goulmine.

Ce site forestier, se situe à une altitude de 1337 m avec comme coordonnées angulaires $36^{\circ} 28' 48.44''\text{N} 4^{\circ} 00' 15.07''\text{E}$.

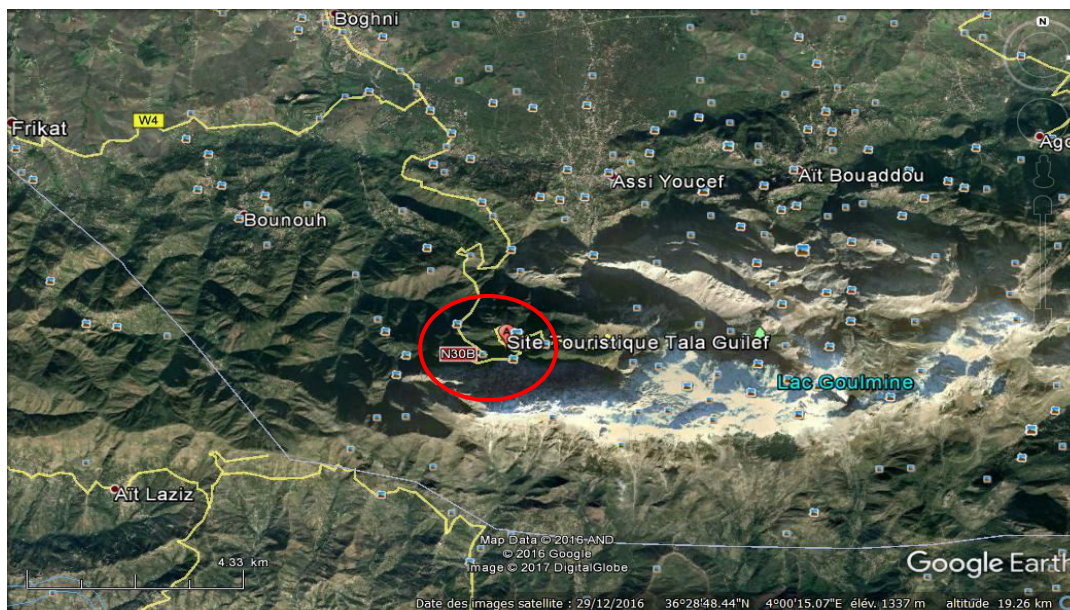


Figure 34: Localisation du site de prélèvement de *P. acetabulum*

4.3. Station Tirzerth

Le village de Tirhzert (site de prélèvement de *L. stoechs*) appartient à la commune d'Ait Aissi, Daïra de Beni Douala (figure 35). Il est situé à environ 10 Km au sud-est de la ville de Tizi-Ouzou. La commune de Ath Aissi se situe au centre de la wilaya de Tizi-Ouzou ; elle est limitée au nord, par Tizi-Ouzou, au Sud par Ath douala, à l'Est, par Irdjen et, à l'Ouest, par Ath Zmenzer. Elle située à une latitude $36^{\circ} 39' 43''$ Nord, $4^{\circ} 04' 48''$ Est.

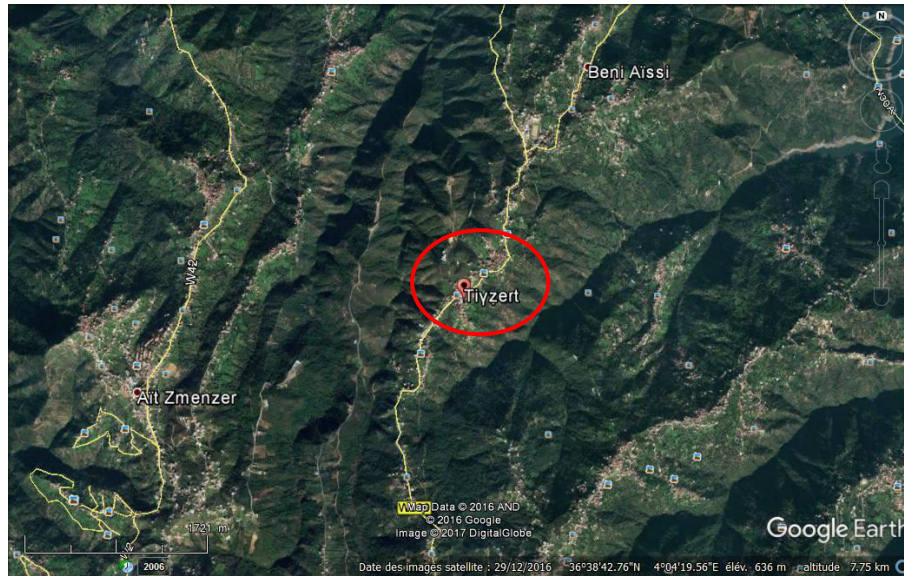


Figure 35: Localisation du site de prélèvement de *L. stoechas*

4.4. Station Bouderbala

La station Bouderbala, site de prélèvement de *M. communis*, se trouve à 33 Km au Nord-Ouest de Bouira et à 74 Km au Sud-est d'Alger sur une boucle de l'oued Isser. Elle est entourée de montagnes dont la plus haute est Lalla Moussaad. Elle est limitée au nord par Bouzegza et Keddara. Au sud par Ouled Tatare, à l'Est par Lakhdaria et à l'Ouest par Bounashane. Elle est située à une latitude de $36^{\circ} 37'00''N$, $3^{\circ} 35'00''E$ (figure 36).

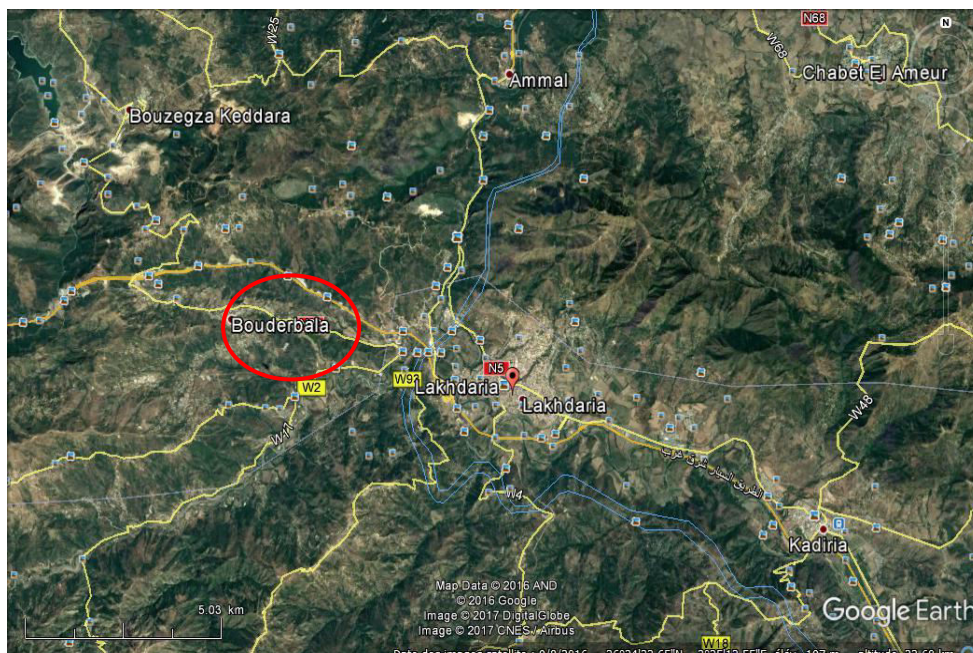


Figure 36 : Localisation du site de prélèvement de *M. communis*

5. Espèces et variétés fruitières étudiées

Neuf variétés fruitières ont fait l'objet de notre étude. Ces variétés figurent dans la liste des espèces hôte de la cératite.

5.1. Agrumes

5.1.1. Oranger, *Citrus sinensis* L.

C'est l'espèce la plus importante du genre *Citrus*, tant par le nombre de variétés qu'elle renferme, que par l'importance de ses productions (Loussert, 1989). Ses fruits sont riches en sucre (45 Kcal/100 g), en vitamine C, en calcium, en potassium et en magnésium (Mioulane, 1996). Les variétés étudiées sont :

5.1.1.1. Variété Thomson

Cette variété fait partie des oranges blondes Navel, caractérisées par une maturation précoce, une peau fine lisse et brillante. Ses fruits ont une chair plus grossière et moins juteuse (Loussert, 1989). La production de cette variété s'échelonne de la mi-Novembre à Janvier (Mioulane, 1996) (figure 37)



Figure 37 : Orange Thomson (Originale, 2014)

5.1.1.2. Variété Valencia Late

Cette variété est très tardive, récoltée d'Avril-Mai jusqu'à Juin-début Juillet. Ses fruits sont, au départ, de forme arrondie, mais au moment de la récolte, ils prennent une forme légèrement ovale du fait de l'élongation de leur épiderme au voisinage du pédoncule (figure 38).

Leur poids des fruits est d'environ 170g. Leur peau, ferme et résistante, a une épaisseur de 4 mm. Ce qui protège le fruit des chocs lors des manipulations (Loussert, 1989).



Figure 38: Orange Valencia late (Originale ,2015)

5.1.1.3. Variété Moro

C'est une variété tardive qui fait partie des oranges sanguines dont la récolte se situe entre le mois de Février et le mois de Mars. Elles diffèrent des oranges blondes par la présence des pigments qui colore l'épiderme et la pulpe (Loussert, 1989) d'une couleur qui tend vers le rouge-sang. Cette coloration progresse de façon centripète avec la maturation (figure 39).



Figure 39:Orange variété Moro (Originale, 2015).

5.1.1.4. Variété Washington

Le fruit est relativement gros (200 à 250 g), de forme sphérique, l'extrémité où apparait le navel est légèrement proéminente (figure 40). Sa peau est d'épaisseur moyenne (5 mm) et sa chair est croquante, fine et sans pépins (Loussert, 1989).



Figure 40 : Orange variété Washington (Originale, 2015).

5.1.2. Citronnier *Citrus limonum*.

Le citronnier est, généralement, un arbre vigoureux, à grand développement si les conditions de culture lui sont favorables. Les fruits sont de forme ovale, avec un mamelon plus au moins apparent à son extrémités. La peau fine est colorée en jaune à maturité; elle est très fortement adhérente aux quartiers et pourvue de nombreuses glandes oléifères renfermant des essences. La pulpe, de coloration jaune ou verdâtre, est généralement riche en acide citrique, ce qui lui donne sa saveur acide (Loussert, 1989).

5.1.2.1. Variété Eureka

C'est une variété qui donne des fruits de calibre moyen. Elle est, aussi appelé citron quatre saison. Les fruits sont pourvus d'un mamelon apical peu prononcé et se localisent souvent en bouquet à l'extrémité des rameaux (Loussert, 1989) (figure 41).



Figure 41: Citron Eureka (Originale, 2015)

5.1.3. Clémentinier

Son origine est toujours controversée. Pour certains tels que Trabut (1926) et Rebour (1945), il serait issu d'un croisement, au hasard, entre le mandarinier commun et le bigardier Granito. Cet hybride a été découvert à Misserghin (Oran) par le père Clément. Pour d'autres, tels que Tanaka (1961), Chapot (1963) et Weber (1967), il s'agirait d'une variété de mandarinier probablement originaire d'extrême Orient du fait de sa ressemblance avec certains mandariniers (Loussert, 1987). Le bassin méditerranéen est la principale zone de production de clémentines. L'Espagne, le Maroc et l'Algérie en sont les grands pays producteurs (Loussert, 1987).

Cette espèce est caractérisée par sa précocité et ses qualités gustative très appréciées par le consommateur. La peau est brillante, de couleur orange à rougeâtre, finement granulée, ayant une épaisseur qui varie selon les clones de 2,5 à 4,5 mm. La pulpe est riche en jus, tendre et parfumée. Les fruits sont d'un poids moyen de 60 g (Loussert, 1987).

5.1.3.1. Variété Montréal

C' est une variété hybride de clémentine ordinaire et possède des pépins. Sa pulpe est riche en jus, tendre et parfumée. Cette variété présente une productivité régulière (figure 42).



Figure 42 : Clémentine Montréal (Originale, 2015)

5.2. Pêcher, *Prunus persica* STOKES.

Il fait partie de la famille des Rosacées ; c'est un arbre dépassant rarement 4 à 5 m de hauteur. La pêche est un fruit léger, savoureux et juteux, riche en vitamine C et en provitamine A (Mioulane, 1996).

Le fruit est une drupe dont le poids moyen se situe entre 110 et 150 g avec des extrêmes en dessous de 100 g, jusqu'à 250 g et parfois 500g. L'épiderme, lisse pubescent, se détache plus ou moins facilement de la chair (Bretaudeau & Faure, 1992). Les variétés étudiées sont la Cardinal et la Redhaven.

5.2.1. Variété Cardinal

C'est une variété très juteuse, peu sucrée dont la maturité est atteinte à la mi-Juin. Le fruit est de forme arrondie et irrégulière, avec un épiderme totalement rouge et une chair jaune (Saunier, 1979) (figure 43).



Figure 43: Pêche Cardinal (Originale, 2015).

5.2.2. Variété Redhaven

C'est une variété très productive (figure 44). Le fruit est une drupe de forme arrondie et de poids moyen de 150 à 170g, d'une belle coloration rouge et d'excellente qualité gustative (Gautier, 1988). La chair est jaune, fine, juteuse, très sucrée, à goût musqué et à noyau non adhérent à pleine maturité (Bretaudeau & Faure, 1992).



Figure 44 : Pêche Redhaven (Originale, 2015)

5.3. Figuier, *Ficus carica* L.

Le figuier est un arbre pouvant atteindre 12 à 15 m de hauteur. Il fait partie de la famille des Moracées qui se caractérise par la présence d'un lait blanc ou incolore, encore appelé latex, qui s'écoule au niveau de toute blessure de la plante. Le fruit ou figue est constitué par le sycone devenu charnu après fécondation (Bretaudeau & Faure, 1992).

La figue est un fruit juteux, caractérisé par une saveur douce, bonne et sucrée. C'est un fruit réputé pour ses caractéristiques diétético-nutritionnelles particulièrement intéressantes (Vidaud, 1997).

5.3.1. Variété Achtoui

C'est une variété unifère (figure 45), très tardive car ses fruits mûrissent à partir de fin Août-début Septembre jusqu'à Octobre. L'ostiole est demi ouvert. Les fruits sont d'un vert clair à vert cuivré selon le degré de maturité. Ils sont de forme allongée. La peau de la figue est fine avec de légères nervures. La chaire est rouge et la cavité est absente (Mauri, 1939).



Figure 45 : Figue variété Achtoui (Originale, 2015)

Chapitre III

Matériel et méthodes

1. Etude de l'infestation par la cératite.

1.1. Sur terrain

Afin d'évaluer le degré d'infestation des variétés fruitières étudiées par *C. capitata*, nous avons procédé à un échantillonnage des fruits en choisissant de façon aléatoire 10 arbres dans chaque verger expérimental et prélever, au hasard, 4 fruits par exposition (nord, sud, est, ouest) et au centre de l'arbre. Les dates d'échantillonnage des différentes variétés fruitières dans les vergers expérimentaux sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Dates d'échantillonnages dans les différents vergers.

| Année | Variété fruitière | Verger d'étude | Date d'échantillonnage | Nombre de fruits récoltés |
|-----------|-------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------|
| 2012-2013 | Thomson | Chabane | 18/11/2012 | 200 |
| | Clémentine | Deridj | 18/11/2012 | 200 |
| | Orange Moro | Aissat DBK | 13/03/2013 | 200 |
| | Pêche Cardinal | Achour | 09/06/2013 | 200 |
| | PêcheRedhaven | Achour | 05/06/2013 | 200 |
| 2013-2014 | Thomson | Aissat (DBK) | 02/01/2014 | 200 |
| | Washinton | Azouni (DBK) | 07/01/2014 | 200 |
| | Valencia late | Comité agricole de sidi Naaman | 01/05/2014 | 200 |
| | Clémentine | Azouni(DBK) | 07/01/2014 | 200 |
| | Citron Eurika | Azouni (DBK) | 07/01/2014 | 200 |
| | PêcheRedhaven | Assiakh Oumedour | 15/05/2014 | 200 |
| 2014-2015 | Figue Achtoui | Chaïbe | 12/10/2014 | 200 |
| | Thomson | Chamlal | 08/12/2015 | 200 |
| | Clémentine | Azouni DBK | 28/11/2015 | 200 |
| | Ehreka | Azouni DBK | 29/11/2015 | 200 |
| | Redhaven | Achour | 10/06/2015 | 200 |

Au total, 200 fruits sont prélevés par variété dans chaque verger. Ces fruits sont transportés au laboratoire dans des sachets en plastique sur lesquels nous indiquons la variété, l'exposition, la date et le lieu de prélèvement. Cette méthode a été suivie pour chaque variété et dans tous les vergers expérimentaux. Les fruits sont cueillis à maturité au moment de la récolte.

1.2. Au laboratoire

1.2.1. Estimation des dégâts en fonction du nombre de piqûres/fruit et du taux de fruits piqués.

Pour chaque exposition, nous avons procédé, au laboratoire, au comptage du nombre de fruits piqués et du nombre de piqûres par fruit. Les piqûres peuvent être visibles à l'œil nu

ou sous la loupe binoculaire, elles donnent un mauvais aspect au fruit (figure 46). Nous comptabilisant, ainsi pour chaque espèce fruitière étudiée et pour chaque exposition, le pourcentage d'attaque et le nombre moyen de piqûres par fruit.

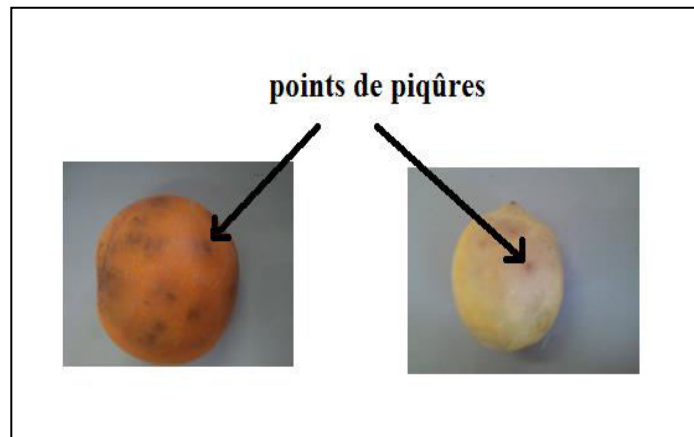


Figure 46 : Piqûres de *C. capitata* sur l'orange et le citron (Originale, 2014).

1.2.2. Estimation des dégâts en fonction du nombre de pupes.

Les fruits de chaque variété et de chaque exposition ont été placés séparément dans des passoire, placées à leur tour dans des bassines contenant environ 2 cm de sable qui sert à récupérer les pupes. En effet, les larves du troisième stade quittent le fruit d'une brusque détente pour s'enfoncer, à faible profondeur dans le sol, où s'effectue la nymphose, donnant les pupes (ETIENNE, 1982).

Les passoire sont recouvertes d'une mousseline dont le diamètre des mailles est inférieur à celui de la drosophile, attirée par le fruit en fermentation (figure 47)

Ce dispositif est adopté pour toutes les variétés récoltées dans les différents vergers expérimentaux. Les pupes sont récupérées toutes les 48 h par tamisage du sable pour les agrumes et la figue. Par contre pour la pêche, les pupes sont récupérées par immersion du sable dans l'eau car lors de la pourriture, elle produit une quantité importante d'eau qui mouille fortement le sable. D'après Feron & Sacantanis (1955), cette brève immersion du sable dans l'eau ne gêne guère leur développement.



Figure 47 : Dispositif expérimental pour récupérer les pupes (Originale, 2014).

Pour éviter la mort des larves du 3^{ème} stade dans le sable mouillé, ces dernières sont récupérées quotidiennement et sont placées dans du sable sec.

1.2.3. Etude de certains aspects de la biologie de *C. capitata* en fonction des variétés fruitières

La polyphagie de *Ceratitis capitata* vis-à-vis de plantes ayant des saveurs différentes et des composants nutritifs très variables nous a amené à étudier quelques aspects de la biologie de cet insecte afin de déterminer l'effet de la variété fruitière sur ces aspects.

1.2.3.1. Durée de pupaison

Elle correspond à la période allant de la formation des pupes jusqu'à l'émergence des adultes. Elle est déterminée pour les pupes issues des fruits de chaque variété et de chaque exposition.

1.2.3.2. Taux d'émergence

Le nombre d'individus émergé est noté quotidiennement et le taux d'émergence est calculé par la formule suivante :

$$\text{Taux d'émergence} = [\text{Nombre d'adultes émergés} / \text{Nombre total de pupes}] \times 100$$

1.2.3.3. Sex-ratio

Après l'émergence, nous avons procédé au comptage des mâles et des femelles et nous avons calculé le sex-ratio par la formule suivante :

$$\text{Sex-ratio} = \text{Nombre de femelles} / \text{Nombre total d'adultes émergés}$$

Le sex-ratio est calculé pour voir s'il existe un lien entre l'alimentation larvaire et le sexe des futures adultes.

1.2.3.4. Longévité

Après l'émergence, les individus sont placés dans des bocaux en verre contenant un flacon d'eau et un flacon d'eau sucrée destinés à l'alimentation des mouches. Les bocaux sont recouverts d'une mousseline et maintenues par un élastique.

Le nombre de mâles et de femelles morts est déterminé quotidiennement. Ensuite, nous avons calculé la longévité moyenne, maximale et minimale pour les deux sexes tout en tenant compte de la variété fruitière.

2. Essais de lutte biologique au laboratoire

2.1. Matériel animal : *Ceratitis capitata*

Les larves L3 et les pupes à partir desquelles ont émergé des adultes de la mouche méditerranéenne *C. capitata* sont obtenues des fruits infestés provenant des différents vergers d'étude. (Voir dispositif expérimental pour récupération des pupes)

2.2. Matériel végétal

2.2.1. Lichens *Ramalina farinacea* et *Parmelia acetabulum*

La récolte du matériel végétal sain des deux espèces de lichen a été réalisée au mois de Juin 2012 dans la forêt de Darna pour *Ramalina farinacea* et au mois de Septembre pour *Parmelia acetabulum* à Tala-Guilef.

2.2.1.1. Description morphologiques des deux espèces

- ***R. farinacea* (L) Ach., 1810.**

Ce lichen est caractérisé par un thalle fruticuleux (figure 48), représenté en lanières plates attachées uniquement par leurs extrémités (Flour, 2004). Selon (Motyka 1958 in Ozenda, 2000) le groupement à Ramalinae évolue en général dans les hautes montagnes.

- ***P. acetabulum* (Neck.) Duby, 1830.**

C'est un lichen à thalle foliacé (figure 49), ressemblant à des feuilles. Il est pourvu d'un cortex supérieur et inférieur (Trevor et al., 1994). Il adhère au substrat par la plus grande partie de sa surface, le plus souvent grâce à des rhizines. La plupart de ces thalles sont en forme de rosette (Ozenda & Clauzade, 1970).

2.2.1.2. Position systématique des deux espèces

La classification proposée ci-dessous est celle qui est adoptée dans la dernière version Dictionary of the fungi (2008 10th edition in Ait Hamou, 2015).

a) Position systématique de *R. farinacea*

Regne : Fungi

Eembranchement : Ascomycota

Classe : Lecanoromycetes.

Sous classe : Lecanoromycetidae

Ordre : Lecanorales

Famille : Ramalinaceae

Genre : *Ramalina*

Espèce : *R. farinacea* (L) Ach., 1810



Figure 48 :*R. farinacea* (Originale, 2012)

b) Position systématique de *P. acetabulum*

Regne : Fungi

Eembranchement : Ascomycota

Classe : Lecanoromycetes

Sous classe : Lecanoromycetidae

Ordre : Lecanorales

Famille : Parmeliaceae

Genre : *Parmelia*

Espèce : *P. acetabulum* (Neck.) Duby, 1830.



Figure 49:*P. acetabulum*(Originale, 2014)

2.2.2. Huiles essentielles de *M. communis*, *C. limonum*, *C. sinensis* et *C. paradisi*

Les huiles essentielles d'agrumes proviennent du laboratoire Hyteck de France. L'huile essentielle de *M. communis* est une huile locale provenant de Bouderbala (Bouira) certifiée en France par le laboratoire RoberteT.

2.2.2.1. Description botanique de *M. communis*

Le myrte commun est un arbre ou arbuste aromatique très ramifié (figure 50), aux rameaux grêles et touffus de 5 mètres de haut à écorce rousse. Les feuilles sont persistantes, pétiolées, ovales, lancéolées de 3 cm de long sur 1 cm de larges. Elles ont une couleur verte et brillante (Bartels, 1979).

Les fleurs sont blanches solitaires, pédonculées disposées à l'aisselle des feuilles (Boullard, 2001).

Le fruit est une baie peu charnue, noirâtre est couronnée par le calice. Il renferme de nombreuses graines exalbuminées (Chadefaud & Emberger, 1960).



Figure 50 : *Myrtus communis* (Originale, 2015)

2.2.2.2. Position systématique du myrte selon Cronquist (1981)

Règne : Plantae

Division : Magnoliophytæ

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genre : *Myrtus*

Espèce : *Myrtus communis* L. 1753

2.2.3. *Rosmarinus officinalis* et *Lavandula stoechas*

Le matériel végétal est constitué des parties aériennes du romarin *Rosmarinus officinalis* et de la lavande *Lavandula stoechas*. Les feuilles et les sommités fleuries du romarin ont été récoltées en Mars 2015 à l'université de Tizi-Ouzou (figure 51). Les feuilles de la lavande ont été récoltées en Juin 2015 dans le village de Thirzarth,(Béni douala) (figure 52). Après séchage à une température ambiante et à l'abri de la lumière solaire, afin de préserver au maximum l'intégrité des molécules, le matériel végétal de chacune des deux espèces est broyé grossièrement dans un moulin électrique.

2.2.3.1. Présentation botanique des plantes

2.2.3.1.1. *Rosmarinus officinalis* Linnée, 1753

Le romarin est une espèce de la famille des Lamiacées, originaire des côtes méditerranéennes (Poletti, 1982). C'est une plante spontanée, qui pousse en Espagne, en Italie, en Grèce et en Asie (Pelikan, 1986) ainsi qu'en Afrique du nord et notamment l'Algérie où elle est y largement répartie et recouvre plus de 70000 ha du territoire national (Boukhalfa, 1991).

C'est un arbrisseau touffu de 1 à 2 mètre de haut, toujours vert. Il est très rameux et est couvert d'une écorce écailleuse portant des tiges ligneuses feuillées, généralement érigées et pouvant atteindre jusqu'à 2 mètres de haut.

Les racines sont pivotantes (Moyses et Paris, 1971). Les feuilles sont opposées, persistantes, aromatiques et sub-sessiles. Elles sont linéaires, mesurant 2 à 3 cm de longueur sur 1 à 2 mm de largeur. Les fleurs sont de couleur bleu mauve, sous forme de grappes symétriques et le fruit est un akène (Koubissi, 1998).

Position systématique selon Cronquist (1981)

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Rosmarinus*



Figure 51 : *R. officinalis* (Originale, 2015)

Espèce : *Rosmarinus officinalis* L., 1753.

2.2.31.2. *Lavandula stoechas* Linnée, 1753.

Elle se présente sous forme d'un arbrisseau ou d'un buisson très aromatique et très ramifié pouvant atteindre un mètre de haut avec une odeur semblable à celle du Pin. Les feuilles opposées de 2-4 cm de long sont sessiles, tomenteuses, oblongues, lancéolées, linéaires, étroites et courbées sur les bords, et souvent grises. Les inflorescences sont sessiles, compactes et surmontées d'une couronne de bractées florales violettes, élargies, stériles, ovales ou spatulées, de 1 à 2 cm de longueur (Benabdelkader, 2012).

Contrairement à d'autres lavandes, cette espèce préfère les sols siliceux et les terrains acides. Elle supporte la mi-ombre et tolère le froid jusqu'à -5°C. La floraison plus précoce que chez d'autres lavandes, se déroule d'Avril à Mai puis en automne (Benabdelkader, 2012)

Position systématique selon Cronquist (1981)

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Sous famille : Nepetoideae

Genre : *Lavandula*

Espèce : *Lavandula stoechas* L., 1753.



Figure 52 : *L. stoechas* (Originale, 2015)

3. Champignon *Penicilium roqueforti*

Nous avons récupéré ce champignon à partir du fromage Roquefort de la marque SOCIETE.

3.1. Description.

Le mycélium de *P.roqueforti* est, en grande partie, submergé. La partie aérienne est constituée de conidiophores partant directement du substrat; ces pinceaux se trouvent au même niveau et donnent un aspect velouté à la colonie.

Sa forme est unthalle floconneux, d'abord blanc, puis gris vert. Il est caractérisé par des conidiophores à parois rugueuses et verruqueuses (Choisy et *al.*, 1984).

Le roquefort a une croissance rapide; les conidies sont bleu-vertes soutenues; les revers de culture sont verdâtres avec des zones plus sombres; les cultures sont inodores. Sa morphologie paraît plus variée que celle de *P. camemberti* et cette hétérogénéité semble encore plus nette sur le plan biochimique que morphologique (Figure 53) (Fournet, 1971), alors que *P. roqueforti* est sans odeur (Moreau, 1980; Philipp, 1981).

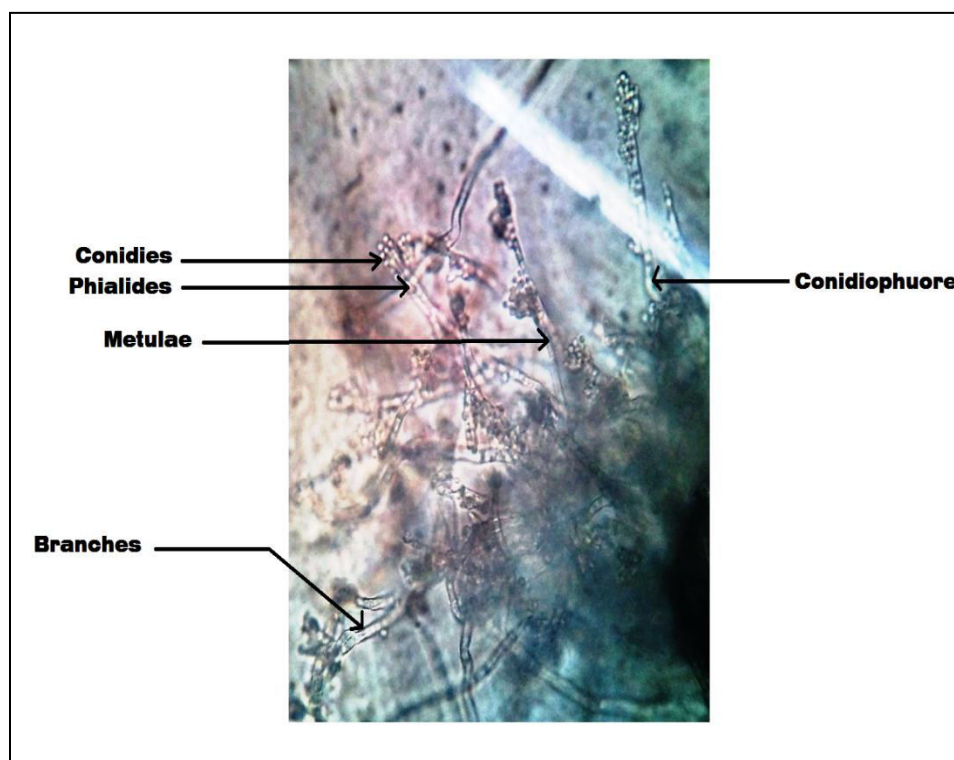


Figure 53 : Morphologie de *P. roqueforti* Thom.vu sous le microscope optique au G X 400 (Originale, 2014).

3.2. Position systématique

Selon Moreau (1979), la position systématique de *Penicillium roqueforti* est la suivante :

Division : Ascomycota. (Eumycetes)

Sub-division : Deuteromycotinae

Classe : Euromycetae (Fungiimperfecti)

Sous-Classe : Hyphomycetidae

Ordre : Eurotiales

Famille : Trichocomaceae

Genre : *Penicillium*

Espèce : *Penicillium roqueforti* Raper et Thom (1949).

3.3. Milieux de cultures utilisés pour l'entretien du champignon

3.3.1. Milieu gélosé PDA (pomme de terre dextrose agar)

La composition de ce milieu est la suivante :

200g de pomme de terre, 20 g de glucose, 20g d'aga agar, 1000ml d'eau distillée.

3.3.2. Milieu semi synthétique RC (Rapper complet)

La composition de ce milieu selon Rapper et *al.* (1972), est la suivante :0,5g MgSO₄, 0,46g KH₂PO₄, 1g K₂HPO₄, 2g peptone, 2g d'extrait de levure, 20g d'agar agar.

4. Méthodologie

4.1. Méthode d'obtention des extraits végétaux.

4.1.1. Extrait acétonique des deux lichens

Pour obtenir l'extrait des deux espèces de lichen, nous avons adopté le protocole ci-dessous (Halluwyn & Lerond, 1993), résumé dans la figure 54.

Le lichen séché à température ambiante est broyé dans un mortier. Pour réaliser l'extraction par macération, nous avons introduit 300 mg de poudre de lichen dans un tube à essai auquel sont rajoutés 10 ml d'acétone. Le mélange est laissé ainsi macéré au moins 3 heures en agitant de temps en temps.

Après quelque heure de macération, nous avons obtenu un extrait liquide, concentré de couleur verte. Le changement de couleur du solvant (acétone) est dû à l'extraction complète des composées lichéniques. La partie liquide est appelée extrait lichénique.

Ensuite, nous avons introduit, dans le tube, un morceau de coton qui permet de bloquer la poudre au fond. Nous avons, par la suite, pipeté le surnageant que nous avons transféré dans un autre tube à essai. Ce dernier sera prêt à l'utilisation pour le test par inhalation.

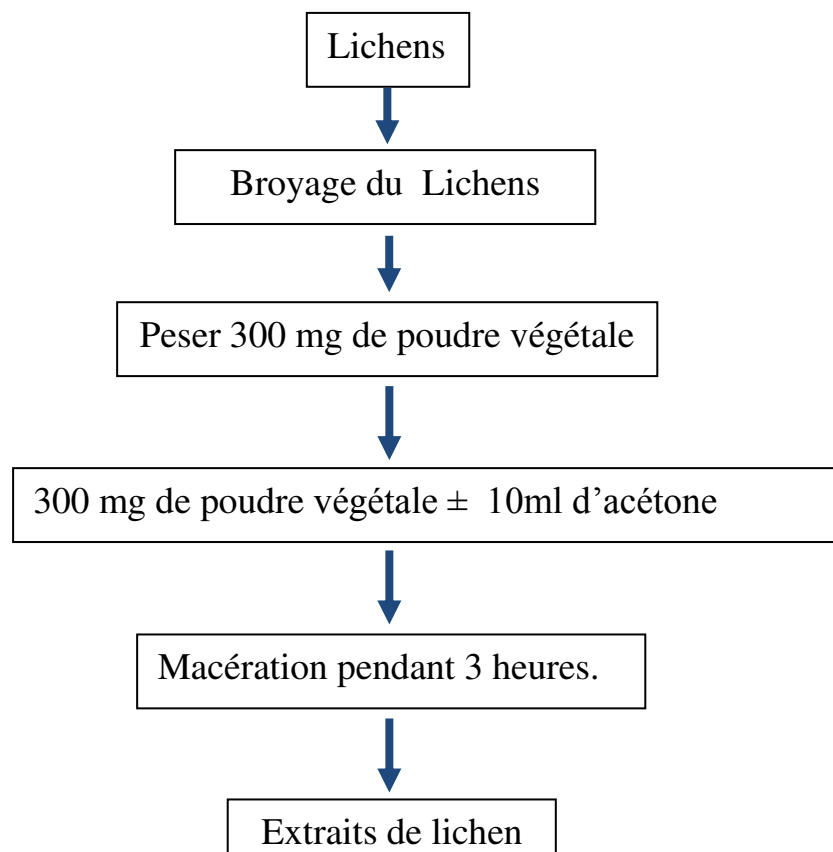


Figure 54 : Méthode d'obtention de l'extrait de lichen (Halluwn & Lerond, 1993).

4.1. 2. Les huiles essentielles de *M. communis*, *C. limonum*, *C. sinensis* et *C. paradisi*.

4.1.2.1. L'huile essentielle de *M. communis*.

Les propriétés de l'huile essentielle de *M. communis*, ainsi que les analyses chimiques, chromatographiques, les propriétés organoleptiques ont été réalisés au laboratoire RoberteT, Grasse –France.

- **Propriétés**

Procédé d'obtention : distillation par entrainement à la vapeur d'eau.

Partie distillée : les jeunes feuilles

Origine : Bouderbala (Kabylie).

Qualité : 100% pure et naturelle

Propriété organoleptique

Aspect : liquide mobile limpide

Couleur : jaune ambré

Odeur : aromatique, fraîche avec une note camphrée

- **Analyse physicochimiques**

Densité à 20°C : 0,885

Indice de réfraction à 20°C : 1,466

Pouvoir rotatoire : +28°C

Point éclair : 45°C

- **Analyse chromatographique**

Les analyses obtenues sont présentées dans le tableau 5

Tableau 5: Analyse chromatographique de l'huile essentielle de *M. communis*

| Constituants principaux | % |
|-------------------------|------|
| Pinène alpha | 46,7 |
| 1,8 –cinéole | 22 |
| Limonene | 5,5 |
| Linalol | 2,6 |
| Para –cymène | 1,2 |
| Myrtényle acétate | 14 |
| Terpényl acétate | 1 ,3 |
| Myrténol | 0,55 |
| Alpha terpinol | 2,10 |
| Acétate de géranyle | 2,50 |
| Cis-beta-ocimène | 0,14 |
| Terpinène-4- ol | 0,35 |
| Methyl eugénol | 0,70 |
| Beta-caryophyllène | 0,36 |

4.1.2.2. Huiles essentielles d'agrumes *C.limonum*, *C.sinensis* et *C.paradisi*.

Ces huiles proviennent du laboratoire Hyteck de France. Les analyses chromatographique (tableau : 6,7 et8) de ces huiles essentielles ont été réalisées au niveau de ce laboratoire.

Tableau 6: Analyse chromatographique de l'huile essentielle de *C. limonum*

| Constituants principaux | | Pourcentage % |
|-----------------------------|-------------|---------------|
| Monoterpènes | limonène | 51,39 |
| | β-pinène | 17,04 |
| | γ-terpinène | 13,46 |
| | α-pinène | 3,07 |
| | Sabinène | 1.94 |
| | Myrcène | 1.34 |
| | Terpinolène | 0.34 |
| aldéhydesterpéniques | Géranial | 1.86 |

| | | |
|--|-------|-------|
| | Néral | 1.15% |
|--|-------|-------|

Tableau 7: Analyse chromatographique de l'huile essentielle de *C. sinensis*.

| Constituants principaux | | Pourcentage % |
|-------------------------|------------------|---------------|
| Monoterpènes | limonène | 96,49 |
| | Myrcène | 1,72 |
| | α -pinène | 0,45 |
| | Sabinène | 0,31 |
| | delta-3- carène | 0,17 |
| Monoterpénols | Linalol | 0.37% |
| Aldéhydes | décanal | 0.18% |

Tableau 8: Analyse chromatographique de l'huile essentielle de *C. paradisi*

| Constituants principaux | | Pourcentage % |
|-------------------------|----------------------|---------------|
| Monoterpènes | limonène | 89,23 |
| | Myrcène | 1,79 |
| | α -pinène | 0,64 |
| | Sabinène | 0,35 |
| | Monoterpénols | Linalol |
| | alpha-terpinéol | 0.10% |
| Aldéhydes | Octanal | 0.24% |
| | Géranial | 0,18 |
| | Decanal | 0,18 |
| | Néral | 0,13 |
| | Nonalal | 0,04 |
| Sesquiterpènes | béta-caryophyllène | 0,07 |

4.1.3. Extraits aqueux de *R. officinalis* et *L. stoechas*

4.1.3.1. Extraction

Nous avons préparé une solution mère aqueuse pour chacune des deux espèces (romarin et lavande) de concentration de 50mg/ml selon le protocole de (Sasanelli & Di Vito, 1991).

Cette solution est préparée en mélangeant 0,5 g de poudre végétale avec 10 ml d'eau distillé (figure 55) que nous avons laissé macérer pendant 24 heures. Ensuite, nous l'avons agitée pendant 20 minutes à la température ambiante puis filtrée. Le filtrat est conservé à 4°C et à l'obscurité jusqu'à utilisation ultérieure. De même, nous avons réalisé un dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes pour les deux espèces végétales. C'est à partir des deux

4.1.3.3. Dosage des flavonoïdes

La détermination des flavonoïdes totaux a été effectuée selon la méthode modifiée, décrite par Dehpeur et *al.* (2006).

Pour chaque espèce végétale, 500 µl d'extrait à analyser sont ajoutés à 1500 µl de méthanol à 95%, 100 µl d'AlCl₃ à 10% (m/v), 100µl de KOOCCH₃1M et 2,8 ml d'eau distillée. Le mélange est agité puis incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 min. le blanc est réalisé par remplacement de l'extrait par du méthanol à 99% et l'absorbance est mesurée à 415 nm en utilisant un spectromètre UV de Shimadzu 1601. Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercitrine/g de matière végétal sèche en se référant à la courbe d'étalonnage de la quercitrine d'une solution mère de concentration de 100 µg /ml.

Nous avons établi une courbe d'étalonnage de 10 à 100µg /ml pour les polyphénols et flavonoïdes.

4.2. Étapes de préparation de la suspension conidienne de *P. roqueforti*

4.2.1. Préparation du milieu PDA

La préparation du milieu de culture PDA se fait comme suit :

Faire bouillir un litre d'eau distillée contenant 200 grammes de pomme de terre pendant 10 minutes.

Après refroidissement puis filtration, y ajouter 20 grammes d'agar-agar et 20 grammes de glucose, à l'aide d'un agitateur magnétique ; le mélange est ainsi homogénéisé .Puis, soumettre ce dernier à une stérilisation à l'autoclave, à une température de 120°C pendant 20 minutes.

4.2.2. Préparation du milieu RC

Nous avons mélangé les composés du milieu RC, nous avons ajusté un litre avec de d'eau distillée. A l'aide d'un agitateur magnétique, le mélange est homogénéisé puis nous avons soumis ce dernier à une stérilisation à 120°C pendant 20 minutes.

4.2.3. Coulage des milieux

Une fois les milieux de cultures stérilisés, nous les avons répartis aseptiquement dans des boîtes de Petri à raison de 23 ml de milieu par boîte (Pochon & Tardieux, 1962).

4.2.4. Isolement du champignon *P. roqueforti*

Nous avons mis dans un bocal hermétique transparent du roquefort pasteurisé que l'on peut observer et alimenter en eau afin de garder le milieu humide. Ce bocal est placé dans une étuve à l'obscurité à une température de 20°C. Au bout de deux semaines nous avons constaté le développement du champignon à la surface du fromage, que nous avons prélevé et ensemencé sur le milieu d'entretien PDA (figure 56 et 57).



Figure 56 : Isolement et prélèvement de *P. roqueforti* du fromage roquefort (Originale, 2014)

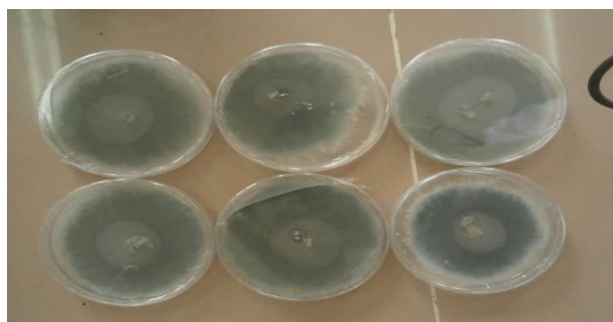


Figure 57 : Ensemencement de *P. roqueforti* prélevé à la surface du fromage sur milieu (Originale, 2014)

4.2.5. Entretien du mycélium et repiquage.

Après solidification du milieu de culture PDA dans des boîtes Pétri, nous avons procédé à l'ensemencement de *P. roqueforti* à partir des cultures mycéliennes âgées de 8 jours préalablement préparées.

Afin de multiplier les cultures mycéliennes, nous avons procédé à de nouveaux prélèvements d'implants de rondelles d'inoculum de 1cm de diamètre que nous avons repiqué sur les deux milieux PDA et RC (figure 58).



Figure 58 : Ensemencement et repiquage d'implant de rondelle d'inoculum de *P. roqueforti* sur milieu PDA (Originale, 2014)

4.2.6. Evaluation de la croissance mycélienne

Après 8 jours d'incubation sur les deux milieux de culture (PDA et RC), nous avons calculé le diamètre moyen des colonies de la culture mycélienne de *P. roqueforti*. Ce diamètre a été mesuré selon deux axes perpendiculaire tracés sur chacune des boîtes de Pétri, passant par le centre de l'implant en précisant la date de l'ensemencement (figure 59).

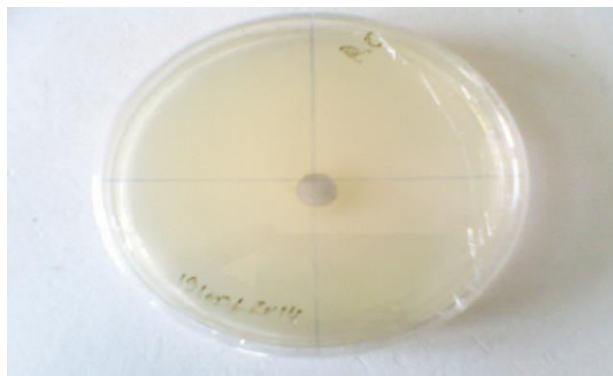


Figure 59 : Evaluation de la croissance mycélienne de *P. roqueforti* sur milieu RC (Originale, 2014)

4.2.7. Détermination de l'intensité moyenne de la sporulation du champignon dans les deux milieux de cultures.

L'intensité de la sporulation est estimée selon le protocole modifié de Hassikou et *al.*, (2003). Après 8 jours d'incubation, sur les deux milieux, PDA et RC, trois rondelles d'inoculum de 1 cm de diamètre sont prélevées à partir de la bordure de chaque culture pour chaque milieu. La surface chargée de spores est raclée aseptiquement à l'aide d'une spatule métallique et mises dans un tube à vis contenant 1ml d'eau distillée. Une agitation pendant 20 secondes au vortex, permet de libérer les conidies des conidiophores.

A la fin de l'agitation, nous avons ajoutée 9 ml d'eau distillée pour atteindre une dilution de 10^{-1} suivie d'une homogénéisation des tubes pendant 3 minutes. Après comptage à l'aide d'une cellule de Malassez, nous avons déterminé le nombre de spores/ml dans la solution mère pour chaque milieu.

4.2.8. Effet du pH et de la température sur la croissance mycélienne

Les pH testés (4, 5, 6, 7,8) sont mesurés à l'aide d'un pH mètre et ajusté par NaOH 1N ou HCL 12N ajoutés au milieu de culture PDA avant stérilisation. Des disques d'inoculum de 1 cm de diamètre, issues de culture mycélienne âgées de 8 jours, sont placés au centre de ces boîtes de Pétri contenant le milieu de culture PDA à différents pH. Les boîtes sont incubées à l'obscurité et à une température de 20°C.

Pour les tests effectués sur l'effet de la température, nous avons préparé des cultures mycéliennes d'implant de rondelle d'inoculum de 1 cm de diamètre âgé de 8 jours sur milieu PDA. ces dernières sont incubées à l'obscurité à différentes températures (5, 20, 28, 35 et 40°C)

5. Les tests biologiques à l'égard de *C. capitata*

5.1. Effet bioinsecticide des extraits des lichens *R. farinacea* et *P. acetabulum* à l'égard des adultes de la cératite.

5.1.1. Test par inhalation

Nous avons mis dans des bocaux en verre, d'un litre de capacité, un petit bouchon contenant un liquide nutritif (eau+ saccharose) destiné à nourrir les mouches.

A la face inférieure du couvercle de chaque bocal, nous avons fixé du fil auquel est attaché un morceau de coton imbibé de l'extrait lichenique à différentes doses (05, 10, 15 et 20µl pour *R. farinacea* et 20, 25, 30 et 35 µl pour *P. acetabulum*) (figure 60). Pour chaque dose nous avons réalisé trois répétitions.

Nous avons introduit 5 couples de la cératite à l'intérieur de chaque bocal que nous avons fermé hermétiquement. Un témoin est réalisé en parallèle sans l'extrait de lichen. Au bout de 24, 48, 72 et 96 heures, nous avons dénombré les individus morts.



Dose 1 (l'extrait) + 5 couples de cératite



Dose 2 (l'extrait) + 5 couples de cératite



5 couples de cératite
(Témoin)



Dose 3 (l'extrait) + 5 couples de cératite



Dose 4 (l'extrait) + 5 couples de cératite

Figure 60 : Dispositif expérimental du test par inhalation vis-à-vis des adultes de *C. capitata* selon les différentes doses de l'extrait de lichen (Originale, 2012).

5.2. Effet bioinsecticide des huiles essentielles de *M. communis*, *C. limonum*, *C. sinensis* et *C. paradisi* à l'égard des pupes et les adultes de *C. capitata*.

5.2.1. Effet bioinsecticide de l'huile essentielle de *M. communis* à l'égard des pupes et les adultes de *C. capitata*.

5.2.1.1. Test par inhalation

Ce test consiste à observer l'effet de l'huile essentielle de myrte sur la longévité des adultes de *C. capitata*, en adoptant le protocole expérimental suivant :

Mettre dans des bocaux en plastique d'un volume d'un litre, une masse de coton imbibé d'huile essentielle puis l'attacher à un fil à la face interne du couvercle du bocal

Différentes doses d'huile essentielle sont injectées dans le coton à savoir 15, 20, 25 et 30 μ l.

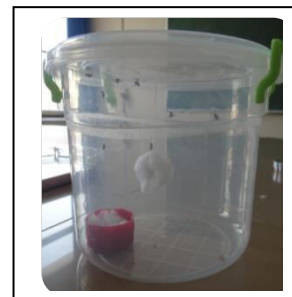
Cinq couples de la cératite de même génération sont introduits dans chaque bocal.

Les essais sont répétés trois fois pour chaque dose. Des lots témoins sont réalisés en parallèle, sans être exposés à l'huile essentielle (figure 61).

Au bout de 24, 48, 72 et 96 heures de chaque essai, un dénombrement des individus morts est effectué.



15 μ l d'HE



20 μ l d'HE



Témoin



25 μ l d'HE



30 μ l d'HE

Figure 61 : Dispositif expérimental du test par inhalation (Originale, 2013)

5.2.1.2. Test de répulsivité de l'huile essentielle de *M. communis*

Ce test consiste à étudier l'effet répulsif de l'huile essentielle de myrte sur les adultes de la cératite (figure 62), en procédant selon les indications ci -dessous :

Un disque de papier filtre de 11cm de diamètre est divisé en deux demi- disques égaux. Sur l'un des demi-disques, nous répandons une quantité de 0,5 ml de la solution huileuses. Cette dernière est obtenue en diluant une dose de l'huile essentielle avec 1 ml d'acétone. Sur l'autre moitié du disque, nous répandant 0,5 ml d'acétone (témoin).

Les différentes doses d'huiles essentielles utilisées sont de l'ordre de 15, 20, 25 et 30 μ l. Après évaporation du solvant, les deux parties du disque sont ressoudée par une bande adhésive et placée dans une boîte de Pétri.

Cinq couples de la cératite, de même génération, sont introduits à l'intérieur de cette boîte. Trois répétitions sont effectuées pour chaque dose.

Au bout d'une demi-heure, nous avons dénombré le nombre de mouches présentes sur la partie du disque traitée par la solution huileuse (TR) et le nombre de mouches présentes sur la partie traitée uniquement par l'acétone (NT). Le pourcentage de répulsion (PR) est calculé en utilisant la formule suivante :

$$PR (\%) = (NT - TR / NT + TR) \times 100.$$

NT : représente le nombre d'insectes présents sur la partie du disque traité uniquement à l'acétone après une demi-heure de traitement.

TR : représente le nombre d'insecte présents sur la partie du disque traité avec la solution (dose d'huile essentielle + acétone), après une demi-heure de traitement.

Le pourcentage de répulsivité moyen, pour chaque huile essentielle, est calculé puis attribué à l'une des différentes classes répulsives selon le classement de Mc Donald et *al.*, (1970) (tableau 9).

Tableau 9 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et *al.*,(1970).

| Classes | Intervalle de répulsion | Propriété |
|------------|-------------------------|---------------------------|
| Classe 0 | PR < 0,1% | Non répulsive |
| Classe I | 10 à 20% | Très faiblement répulsive |
| Classe II | 20 à 40% | Faiblement répulsive |
| Classe III | 40 à 60% | Modérément répulsive |
| Classe IV | 60 à 80% | Répulsive |
| Classe V | 80 à 100% | Très répulsive |
| | | |

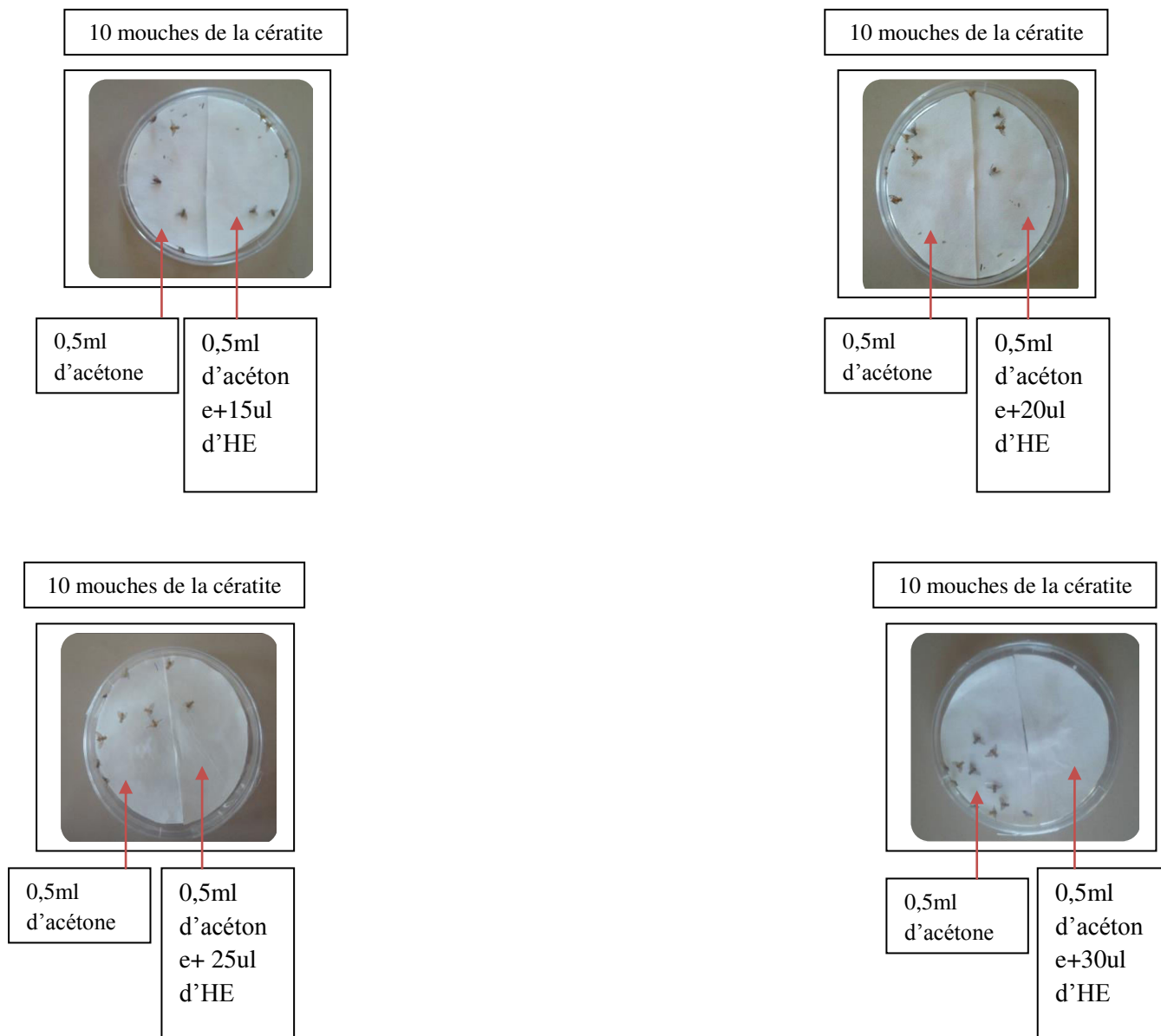


Figure 62 : Dispositif expérimental du test de répulsivité (Originale, 2013)

5.2.1.3. Effet de l'huile essentielle de *M. communis* sur les pupes

- **Test par inhalation**

Ce test consiste à étudier l'effet de l'huile essentielle de Myrte sur le taux d'émergence des adultes de *C. capitata* en adoptant un test par inhalation.

-Différentes doses de l'huile essentielle sont testées à savoir 15, 20,25 et 30 μ l.

-Dix pupes de cératite sont introduites dans chaque bocal.

Les essais sont répétés trois fois pour chaque dose. Des lots témoins sont réalisés, en parallèle, sans être exposé à l'huile essentielle. Les individus émergés sont dénombrés quotidiennement pour évaluer le taux d'émergence.

5.2.2. Effet bioinsecticide des huiles essentielles d'agrumes *Citrus limonum*, *Citrus sinensis* et *Citrus paradisi* à l'égard des adultes de la cératite.

- **Test par inhalation sur les adultes**

Lors du test par inhalation sur les adultes de *C. capitata*, quatre doses de chaque huile essentielle à savoir 05, 09, 13 et 17ul ont été testées.

Cinq couples de la cératite, de la même génération, sont introduits dans un bocal qui sera fermés hermétiquement.

Les essais sont répétés trois fois pour chaque dose. Des lots témoins sont réalisés, en parallèle, sans être exposés aux huiles essentielles.

Au bout de 24, 48, 72 et 96 heures de chaque test un dénombrement des individus morts est effectué.

5.3. Effet bioinsecticide des extraits aqueux de *R. officinalis* et de *L. Stoechas* à l'égard des larves et des pupes de la cératite.

5.3.1. Test par contact sur les larves L3.

Nous avons testé trois doses de chaque extrait végétal (romarin et lavande) brut en introduisant 20 larves de troisième stade de *C. capitata* dans une boîte de Pétri

Nous avons injecté, à l'aide d'une micropipette, trois doses de l'extrait végétal aqueux à savoir 20, 30,40 µl dans chaque boîte de Pétri. L'expérience est répétée trois fois pour chaque dose. En parallèle, le même procédé est répété trois fois dans les lots témoin avec l'eau distillée (figure 63).

Au bout de 24, 48, 72 et 96 heures, nous avons effectué un comptage cumulé et nous avons pris en considération les paramètres taux de mortalité larvaire, taux de larves transformées en pupes et taux d'émergence.

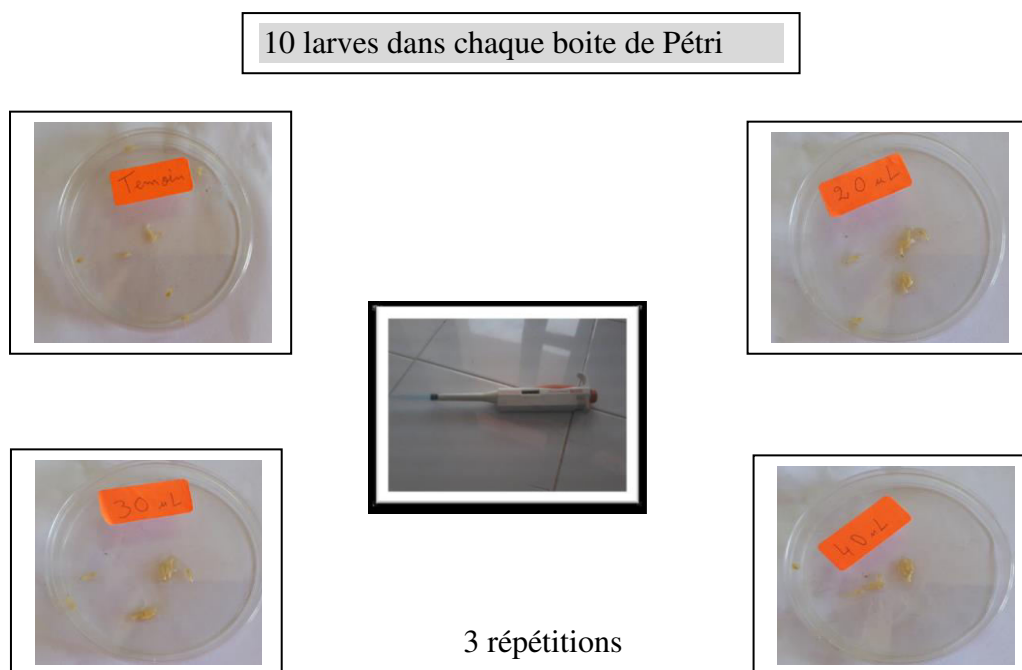


Figure 63 : Test par contact de l'extrait végétal sur les larves L3 de *C. capitata* (Originale, 2015)

5.3.2. Test par inhalation sur les pupes

Ce test consiste à observer le taux d'émergence des adultes à partir des pupes saines (non traitées) de la cératite en mettant dans des bocaux en verre, d'un litre de volume, une masse de coton imbibée d'extrait végétal puis l'attacher à un fil à la face interne du couvercle du bocal (figure 64).

Différentes doses sont injectées dans le coton à savoir 20, 30, 40 μl et 10 pupes de la cératite sont introduites dans chaque bocal qui sera fermé hermétiquement.

Les essais sont répétés trois fois pour chaque dose et des lots témoins sont réalisés, en parallèle, sans être exposé à l'extrait végétal. Au bout du 8, 9, 10, 11^{ème} jour nous avons dénombré les individus émergés.



Figure 64 : Test par inhalation sur les pupes de la cératite (Originale, 2015)

5.4. Effet de la suspension conidienne de *P. roqueforti* sur les larves et les pupes de *C. capitata*.

5.4.1. Traitement par contact

Dans les boîtes de Petri de 9cm de diamètre, les larves du troisième stade (20 larves / boîte de Petri) de la cératite sont aspergées par une pulvérisation de 10 ml de la suspension conidiennes à des concentrations échelonnées : d1 (2×10^6), d2 ($3,2 \times 10^6$), d3 (4×10^6) et d4 (5×10^6 spores/ml) avec 4 répétition pour chaque concentration. Un témoin est réalisé en parallèle aspergé avec 10 ml d'eau distillée.

Afin d'évaluer l'effet du champignon sur les larves nous avons calculé le taux de mortalité larvaire, le taux de larves transformées en pupes, le taux de pupes mal formées et le taux d'émergence des adultes de la cératite issues des pupes provenant, à leur tour, de larves traitées.

5.4.2. Traitement par contact avec sol

D'autre part nous avons mis des larves de troisième stade de *C. capitata* (20 larves /bac) dans quatre bacs en plastique de 13× 10×23 cm contenant chacun 2cm de sol provenant du verger où nous avons récupéré les fruits infestés.

Nous avons aspergé le sol de chaque bac par 10 ml de la suspension conidienne à différentes doses d1, d2 d3 et d4 avec 4 répétition pour chaque concentration. Les bacs sont placés dans un milieu sombre et humide. Nous signalons que les larves sont introduites dans les sols après avoir laissé le champignon incuber dans le sol pendant 8 jours.

Un témoin est réalisé, en parallèle et dans les mêmes conditions, en aspergeant le sol avec de l'eau distillée. Après 10 jours, nous avons calculé le taux d'émergence.

Les pupes qui n'ont pas donné d'adulte, sont transférées dans une boîte de Pétri contenant du papier filtre humide afin d'observer le développement du champignon sur leur cuticule.

6. Traitement des données

Les résultats que nous avons obtenus sont soumis à une analyse de la variance lorsque les données suivent une loi normale. Cette analyse est suivie du test de Newman et Keuls lorsque des différences significatives sont observées. Le test de Kruskal Wallis est appliqué dans le cas où les données ne suivent pas la loi normale. Le logiciel utilisé est le R 3.0.2.

Pour la détermination de la DL50 une régression simple est calculée entre le log décimal de la concentration, comme variable explicative et le probit comme variable expliquée.

La force de la relation entre les deux variables est donnée par le coefficient de détermination R^2 . Lorsque celui-ci est proche de 1 la relation est forte et lorsqu'il est proche de 0 la relation entre les deux variables est faible.

Chapitre IV

Résultats et discussion

1. L'infestation des fruits par *C. capitata* et effet de la variété sur ses paramètres biologique.

1.1. Nombre de piqûres/fruit

Selon les résultats rapportés par la figure 65, la variété Thomson présente le nombre de piqûres le plus élevé de l'ordre de 1,78 piqûres/fruit. Elle est classée dans le groupe (a). Elle est suivie par les deux variétés Wachington et Valentia late avec des moyennes respectives de 1,70 et 0,88 piqûres/fruit. La variété la moins piquée est Montréal avec 0,88 piqûres/fruit.

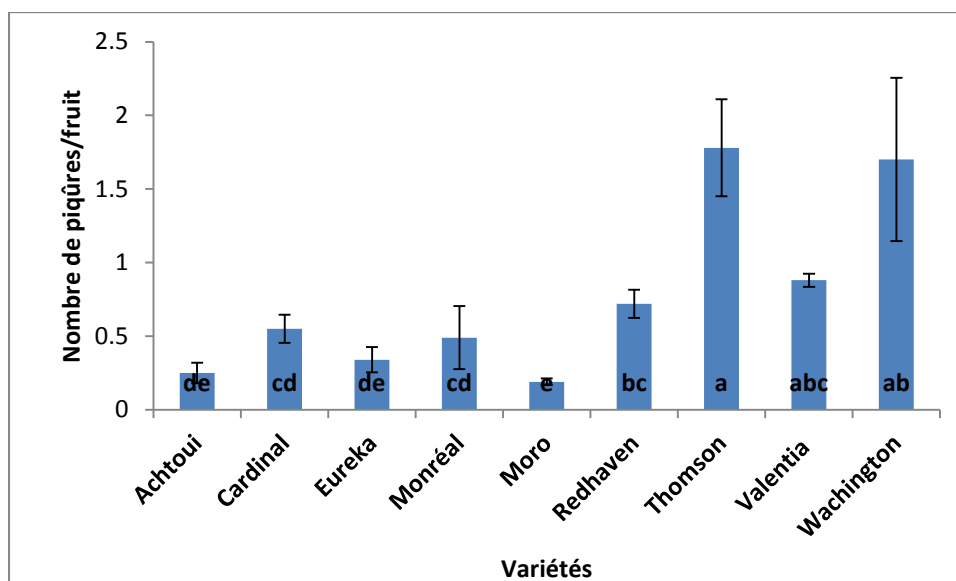


Figure 65 : Nombre moyen de piqûres/fruit selon la variété

Le test de Kruskal Wallis révèle un effet très hautement significatif de la variété sur le nombre de piqûres/fruit ($P = 2,17 \times 10^{-5}$) (annexe 2 : tableau 1).

Le test de Kruskal Wallis classe les variétés étudiées en 7 rangs. La variété Thomson est classée dans le rang (a), la Wachington dans le rang (ab). Par contre la variété la moins piquée est classée dans le rang (e) (annexe 3 : tableau 1).

Le nombre de piqûres/ fruit ne varie, cependant, pas de façon significative selon l'exposition ($P = 0,9063$) (annexe 2 : tableau 2).

1.2. Taux de fruits piqués

D'après les résultats illustrés par la figure 66, la variété d'orange Thomson présente le taux de fruit piqué le plus élevé estimé à 73%. Il est suivi par l'orange Wachington et la pêche Redhaven avec des taux de fruits respectifs de 66,6% et 64,4%. Par contre, les deux variétés d'agrumes Eureka et Moro présentent les plus faibles taux de fruits piqués de l'ordre de 28,2% et 18,2% respectivement.

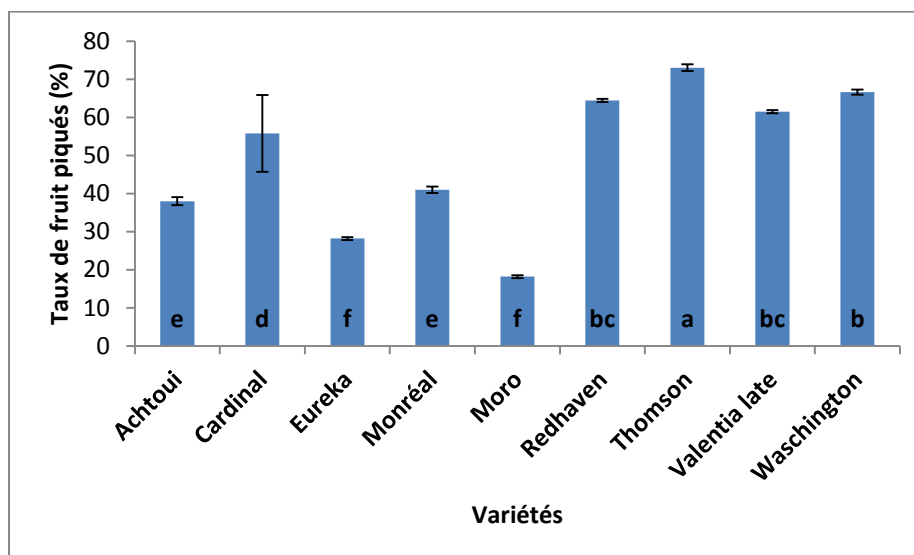


Figure 66 : Taux de fruit piqués selon les variétés

Le test de Kruskal Wallis révèle un effet très hautement significatif de la variété sur le taux de fruit piqué ($P = 9,825 \times 10^{-7}$) (annexe 2 : tableau 3). Ce test classe les variétés étudiées en 7 rangs. La variété Thomson est classée dans le rang (a) et la Waschingon dans le rang (b). Dans le dernier rang (f), nous retrouvons les deux variétés Eureka et Moro avec les plus faibles taux de fruits piqués (annexe 3, tableau 2).

Le taux de fruit piqué ne varie, cependant, pas de façon significative selon l'exposition ($P = 0,9881$) (annexe 2 : tableau 4).

1.3. Nombre moyen de pupes/fruit

Selon les résultats obtenus (figure 67), la pêche Redhaven présente le nombre de pupes/fruit le plus élevé de l'ordre de 1,78 pupes/fruit. Elle est suivie par la pêche Cardinal qui présente 0,94 pupes/fruit. En revanche, l'orange tardive Valentia late est la moins infestée, elle présente 0,016 pupes/fruit.

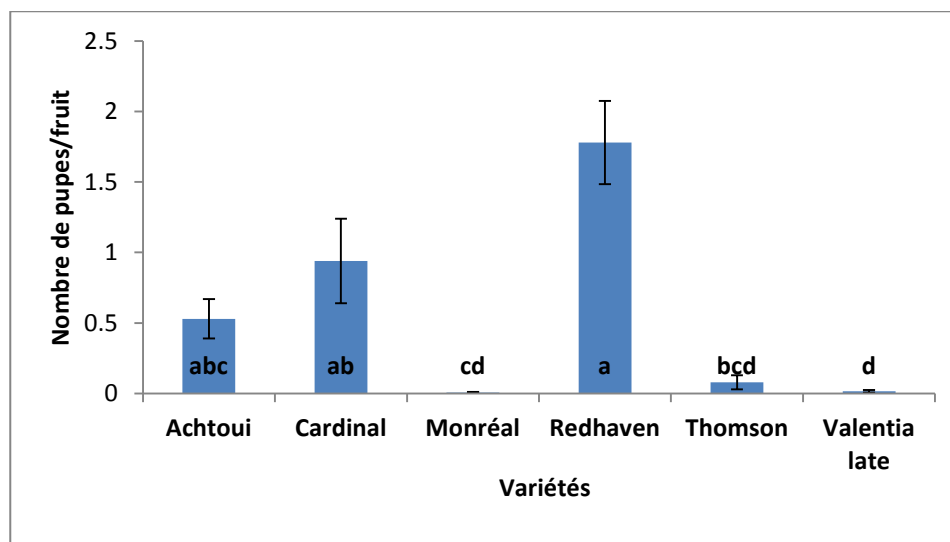


Figure 67 : Nombre de pupes/ fruit selon les variétés

Le test de Kruskal Wallis révèle un effet très hautement significatif du nombre de pupes/fruit selon la variété ($P = 0,001267$) (annexe 2 : tableau 5). Ce test classe les variétés

étudiées en 6 rangs. La variété Redhaven est classée dans le rang (a) et la variété Valentia late présente le nombre de pupe le plus faible et est classées dans le rang (d) (annexe 3 : tableau 3).

Le test de Kruskal Wallis révèle que le nombre de pupes/fruit ne varie pas de façon significative selon l'exposition ($P = 0,8439$) (annexe2 : tableau 6).

1.4. Paramètres biologiques de *C. capitata*

1.4.1. Durée de pupaison

Selon les résultats de la figure 68, la variété Thomson présente la durée de pupaison la plus longue de l'ordre de 16,8 jours. Elle est suivie par la Clémentine Montréal et Valentia late qui présentent des durées de pupaison de 14,5 et 13,6 jours. Les deux variétés Redhaven et Cardinal présentent les durées les plus courtes de 7,8 et 8,2 jours respectivement.

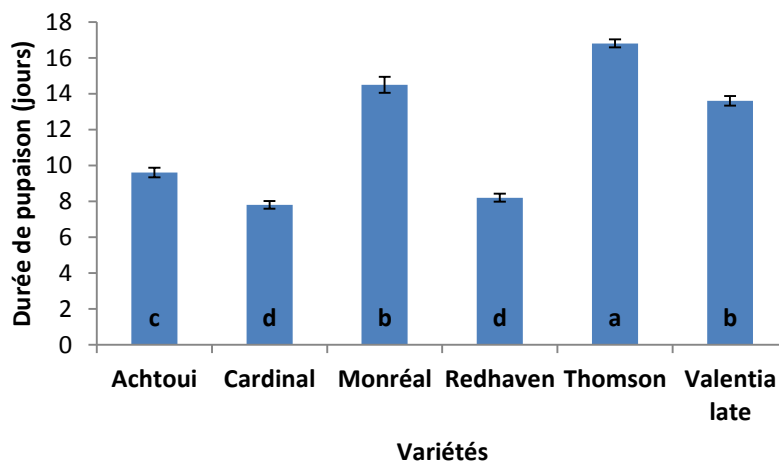


Figure 68: Durée moyenne de pupaison selon les variétés étudiées.

Le test de Kruskal Wallis révèle que la variété a un effet très hautement significatif sur la durée de pupaison ($P = 0,001267$) (annexe 2 : tableau7) et classe les variétés étudiées en 4 rangs. La variété Thomson est classée dans le rang (a) les deux variétés Redhaven et Cardinal présentent la durée de pupaison la plus courte. Elles sont classée dans le dernier rang (d) (annexe 3, tableau 4).

Le test de Kruskal Wallis révèle que la durée de pupaison ne varie pas de façon significative selon l'exposition ($P = 0,9827$) (annexe 2 : tableau 8).

1.4.2. Taux d'émergence

Les résultats illustrés par la figure 69 révèlent que la variété Redhaven présente le taux d'émergence le plus élevé qui est de 74,8%. Elle est suivie par la variété de pêche Cardinal

qui présente 55% d'émergence. Les variétés Thomson, Achtoui et Montréal présentent, quant à elles, les taux d'émergences les plus faibles estimés à 34 ; 39,4 et 39,8% respectivement et sont classées dans le groupe (c).

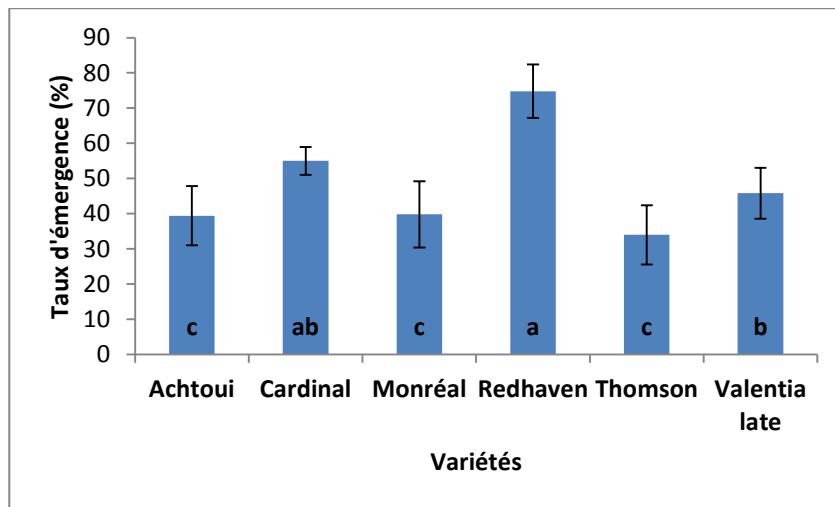


Figure 69: Taux moyen d'émergence selon les variétés étudiées.

Le test de Kruskal Wallis révèle que la variété a un effet très hautement significatif sur le taux d'émergence ($P = 7,729 \times 10^{-5}$) (annexe 2 : tableau 9) et classe les variétés étudiées en 4 rangs. La variété Redhaven est classée dans le rang (a). Les variétés Achtoui, Montréal et Thomson présentent les taux d'émergences les plus faibles et sont classées dans le dernier groupe (c) (annexe 3 : tableau 5).

Le test de Kruskal Wallis révèle que le taux d'émergence ne varie, cependant, pas de façon significative selon l'exposition ($P = 0,9566$) (annexe 2 : tableau 10).

1.4.3. Sex-ratio

Les résultats obtenus (figure 70) révèlent que le sex-ratio des mouches varie de 0,44 jusqu'à 0,63. Pour les deux variétés Achtoui et Redhaven le sex-ratio est en faveur des femelles avec des valeurs respectives de 0,63 et 0,61. Il est de 0,52 pour la variété Montréal et proche de l'équilibre pour Cardinal, Thomson et Valencia late.

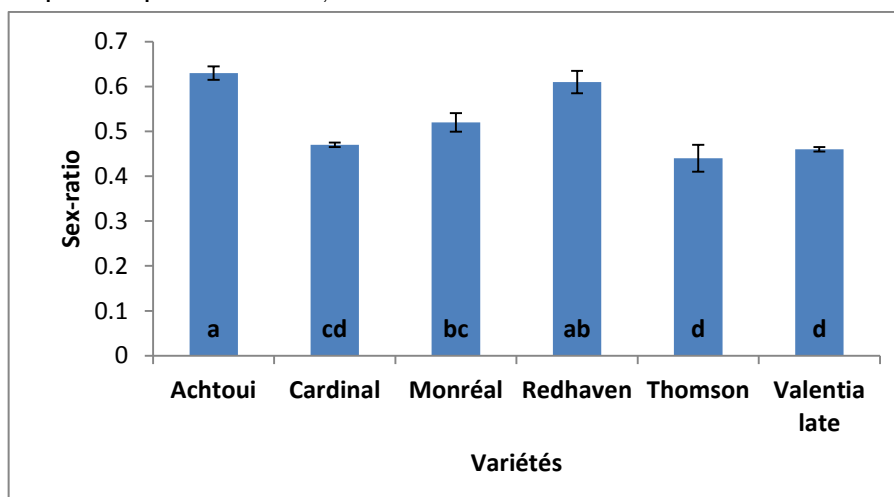


Figure 70: Sex-ratio moyen des adultes de la cératite selon les variétés étudiées.

Le test de Kruskal Wallis révèle que la variété a un effet très hautement significatif sur le sex-ratio ($P = 0,0001$) (annexe 2 : tableau 11) et classe les variétés étudiées en 5 rangs. La variété Achtoui est classée dans le rang (a), les deux variétés d'oranges Valencia late et Thomson sont classées dans le dernier groupe (d) (annexe 3 : tableau 6).

Le test de Kruskal Wallis révèle que le sex-ratio ne varie pas de façon significative selon l'exposition ($P = 0,9566$) (annexe 2 : tableau 12).

1.4.4. Longévité

D'après les résultats représentés par la figure 71, la longévité des femelles varie de 13 jours sur la clémentine Montréal à 58,4 jours sur la variété Valencia late. La longévité des mâles varie de 14,5 jours sur la clémentine Montréal à 35,2 jours sur la variété Valencia late. Sur toutes les variétés étudiées, la longévité des femelles de la cératite est supérieure à celles des mâles.

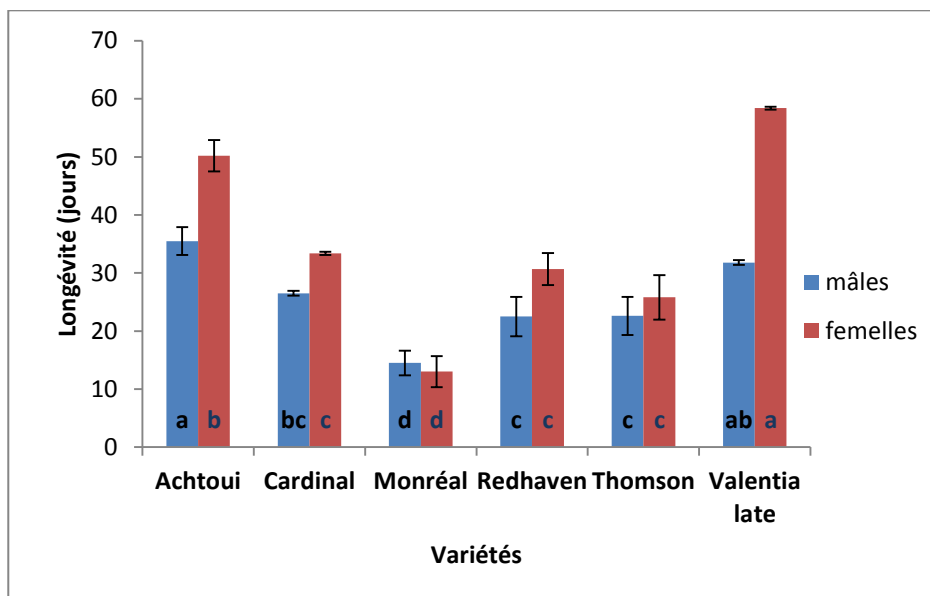


Figure 71: Longévité des mâles et des femelles de la cératite selon les variétés

L'analyse de la variance à un critère de classification au seuil de 5% montre une différence très hautement significative pour le facteur longévité des femelles selon la variété ($P=1,249e^{-12}$) (annexe 2 : tableau 13).

Le test de Newman et Keuls classe la longévité des femelles selon la variété en quatre groupes homogènes. Dans le groupe (a) est classée la variété d'orange Valencia late et dans le dernier groupe (d) est classée la clémentine Montréal (annexe 3 : tableau 7).

L'analyse de la variance au seuil de 5% montre une différence très hautement significative pour le facteur longévité des mâles selon la variété ($P= 5,12e^{-06}$) (annexe 2 : tableau 14).

Le test de Newman et Keuls classe la longévité des mâles selon la variété en cinq groupes homogènes. Dans le groupe (a), nous retrouvons la variété de figue Achtoui et dans le dernier groupe (d) est classée la clémentine Montréal (annexe 3 : tableau 8).

2. Effet bioinsecticide des extraits des lichens *R. farinacea* et *P. acetabulum* à l'égard des adultes de *C. capitata*.

2.1. L'effet de l'extrait de *Ramalina farinacea* sur la mortalité

L'extrait de *R. farinacea* exerce un effet insecticide efficace vis-à-vis des adultes de *C. capitata* puisque la mortalité moyenne cumulée des adultes augmente en fonction des doses testées et du temps d'exposition par rapport au témoin (Figure 72).

A la plus faible dose 15 μ l, nous avons obtenu 100% de mortalité après 48 heures d'exposition des adultes de la cératite à l'extrait de *R. farinacea* lors du test par inhalation. Cependant, la dose 20 μ l s'avère plus efficace, puisque nous avons obtenus un pourcentage moyen de mortalité de 100% après seulement 48 heures d'exposition des adultes à cet extrait.

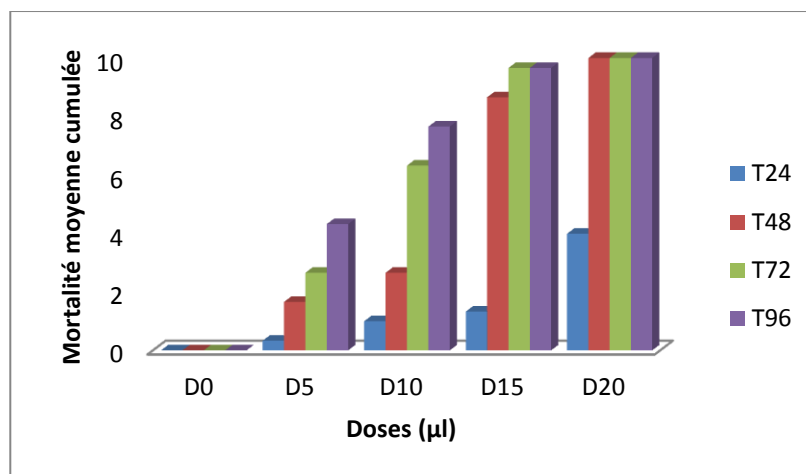


Figure72 : Mortalité moyenne cumulée des adultes de la cératite selon les facteurs « dose et temps d'exposition à l'extrait de *R. farinacea*.

2.2. Calcul de la DL50 pour *R. farinacea*

La droite de régression (figure 73) est une linéaire positive de formule $y = 1,093 x + 2,635$ et R^2 est une valeur très proche de 1 ($R^2 = 0,9$), révèle une liaison positive forte entre les probits et le logarithme des concentrations testées.

C'est la dose 8,69 μ l de l'extrait de *R. farinacea* qui provoque la mort de 50% des adultes de la cératite .

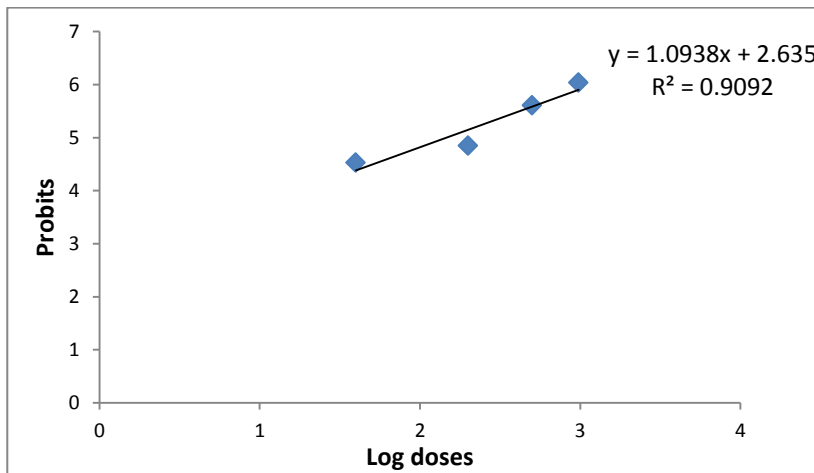


Figure 73 : Droite de régression de la mortalité des adultes de *C. capitata* selon les concentrations de l'extrait de *R. farinacea*.

L'analyse de la variance à deux critères de classification (dose et temps d'exposition) au seuil de 5% montre une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P=0,000$) et pour le facteur temps d'exposition ($P=0,000$) ainsi qu'à leur interaction ($P=0,000$) (annexe 2 : tableau 15).

Le test de Newman et Keuls classe les doses en 5 groupes homogènes. La dose la plus élevée 20 μ l est classée dans le groupe (a). Elle est suivie par la dose 15 μ l classée dans le groupe (b). Le témoin, quant à lui, est classé dans le dernier groupe (e) (annexe 3 : tableau 9). Pour le facteur temps le test de Newman et Keuls a révélé 4 groupes homogènes. La durée d'exposition la plus élevée est 96 heures classées dans le groupe (a). Par contre, la durée d'exposition la plus courte est classée dans le groupe (d) (annexe 3 : tableau 10).

2.3. Effet de l'extrait de *Parmelia acetabulum* sur la mortalité des adultes de la cératite

L'extrait de *P. acetabulum* montre un effet insecticide important vis-à-vis des adultes de *C. capitata* puisque la mortalité moyenne cumulée des adultes augmente en fonction des doses testées et du temps d'exposition par rapport au témoin (Figure 74).

La plus faible dose 20 μ l a permis d'obtenir un pourcentage moyen de mortalité de 100% après 96 heures d'exposition. Cependant, la dose 35 μ l semble être la plus efficace car nous avons enregistré 100% de mortalité en 24heures.

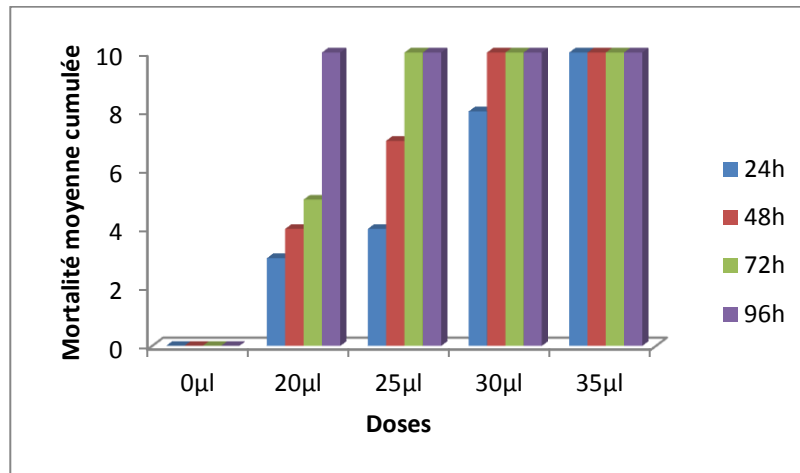


Figure 74 : Mortalité moyenne cumulée des adultes de la cératite selon les facteurs ‘dose de l’extrait de *P. acetabulum*’ et ‘temps d’exposition’.

2.4. Calcul de la DL50 pour l’extrait de *P. acetabulum*.

La droite de régression (figure 75) est une linéaire positive de formule $y = 4,4571x - 8,085$. Elle exprime le probit du pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme décimal des concentrations de l’extrait lichénique. Le coefficient de détermination est une valeur très proche de 1 ($R^2 = 0,84$), il y a une forte corrélation positive entre les probits et les logarithmes des concentrations testées.

C’est la dose 18,82 µl de l’extrait de *P. acetabulum* qui provoque la mort de 50% des adultes de cératite.

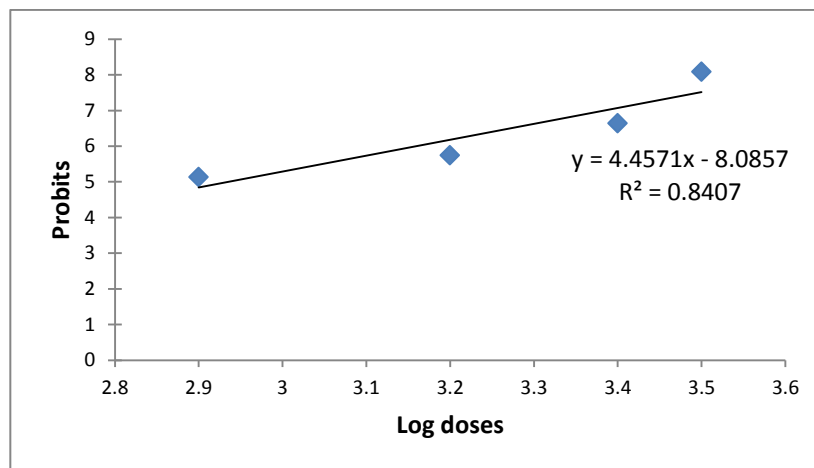


Figure 75 : Droite de régression exprimant la mortalité des adultes de *C. capitata* selon concentrations de l’extrait de *P. acetabulum*

L'analyse de la variance (annexe 2 : tableau 16) à deux critères de classification (dose et temps d'exposition) au seuil de 5% montre une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P=1,63e-05$) et une différence non significative pour le facteur temps d'exposition ($P=0,7316$).

Le test de Newman et Keuls, classe les doses testées en 4 groupes homogènes. Les deux doses 35 et 30 μ l sont classées dans le groupe (a) alors que le témoin est classé dans le dernier groupe (c) (annexe 3 : tableau 11).

3. Effet bioinsecticide des huiles essentielles de *Myrtus communis*, *C. limonum*, *C. sinensis* et *C. paradisi* à l'égard des pupes et des adultes de *C. capitata*.

3.1. Effet de l'huile essentielle de *M. communis* sur la longévité des adultes de *C. capitata*

3.1.1. Test par inhalation

Pour les témoins, la mortalité moyenne des mouches est nulle. Dans les lots traités avec l'huile essentielle de myrte, la mortalité devient de plus en plus importante en élevant la dose de l'huile et le temps d'exposition (figure 76).

Nous avons enregistré une mortalité totale des mouches à la dose de 25 μ l après 72 heures d'exposition. Cependant, la dose 30 μ l semble agir d'une manière plus efficace que les doses 15, 20 et 25 μ l puisque nous avons enregistré 100% de mortalité après 24 heures d'exposition. Ceci serait dû à l'augmentation de la concentration des composés toxiques volatils de cette huile.

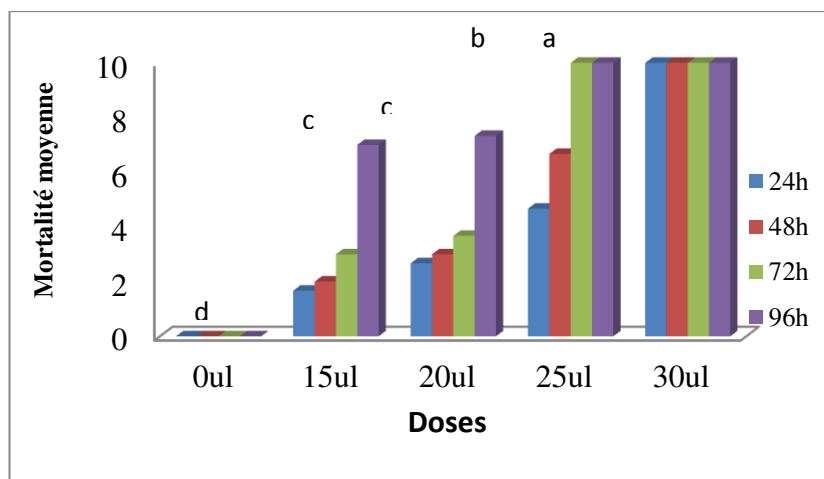


Figure 76: Mortalité moyenne cumulée des adultes de *C. capitata* en fonction des facteurs dose et temps d'exposition à l'huile essentielle de *M. communis*

L'analyse de la variance à deux critères de classification (temps et dose) au seuil de 5% montre une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P=0,000$) et pour le facteur temps ($P=0,0002$) (annexe 2 : tableau 17).

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification 5% (annexe 3 : tableau12), fait apparaître quatre groupes homogènes pour le facteur dose. Dans le groupe (a), est classée la dose la plus efficace 30µl. Le témoin, quant à lui, est classé dans le dernier groupe (d).

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification 5%, classe les quatre temps dans deux groupes homogènes (annexe 3 : tableau 13), le groupe (a) correspond au temps 96h et le groupe (b) comprend les temps 72, 48 et 24h.

- **Calcul de la DL50**

La droite de régression (figure 77) est une linéaire positive de formule $y = 9,964 x - 6,778$

La dose létale est déterminée à partir de l'équation de la droite de régression qui exprime le probit du pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme décimal des concentrations ou doses des huiles essentielles.

R^2 a une valeur proche de 1 ($R^2=0,986$), il révèle une forte corrélation positive entre les probits et le logarithme des doses d'huile essentielle testées.

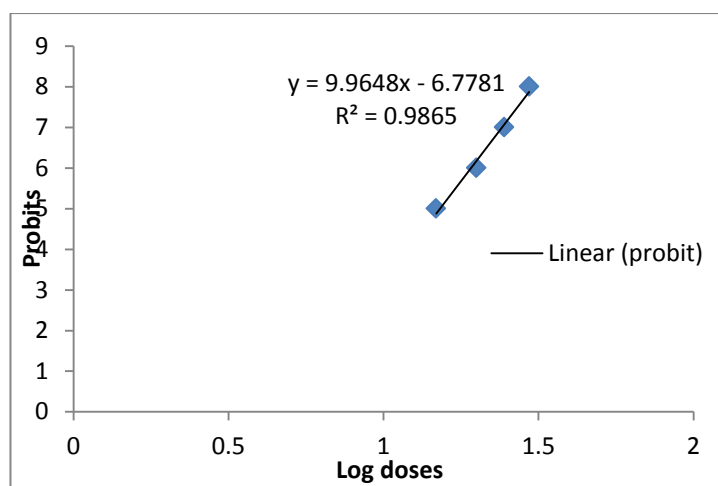


Figure 77 : Droite de régression de la mortalité en probit des adultes de *C. capitata* en fonction des concentrations d'huile essentielle de *M. communis*

C'est la dose 14,29 µl de l'huile essentielle de myrte qui a provoqué 50% de mortalité des adultes.

3.1.2. Test de répulsivité

Selon les résultats présentés par la figure 78, nous constatons que la répulsivité des adultes de *C. capitata* de la partie TR (traitée avec l'huile essentielle) vers la partie NT (non traitée avec l'huile essentielle) augmente en fonction des doses de l'huile essentielle de myrte testées.

A la dose 15 µl nous avons enregistré une moyenne de 5,33 individus dans la partie NT. Pour la dose la plus élevée 30 µl, nous avons enregistré une moyenne de 9,66 individus

dans cette même partie. Ce qui correspond au taux de répulsion le plus élevé qui est de l'ordre de 93,3%.

Le taux moyen de répulsion des adultes de *C. capitata* est de 51,67%, selon le classement de Mc Donald *et al.* (1970). L'huile essentielle de myrte est, moyennement répulsive et appartient à la classe III.

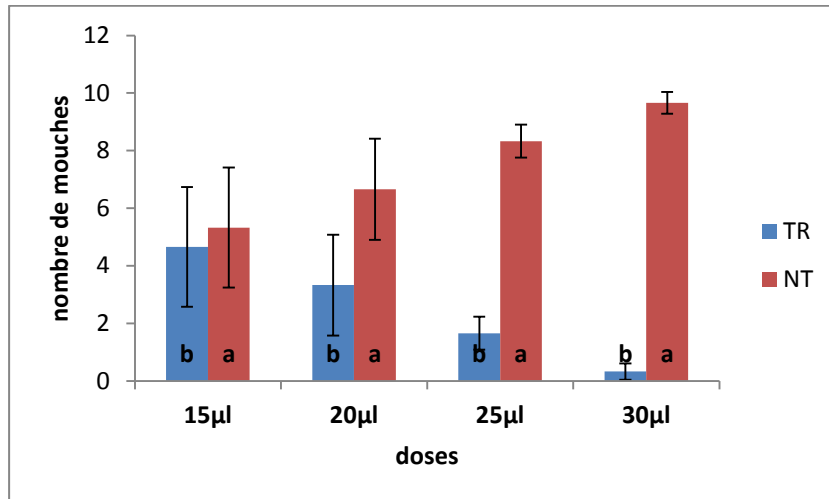


Figure 78 : Test de répulsivité de l'huile essentielle de *M. communis* à l'égard des adultes de *C. capitata*

L'analyse de la variance à deux critères de classification (dose et substrat : partie TR ou NT) au seuil de 5% montre une différence très hautement significative pour le facteur substrat ($P=0,00052$) (Annexe 2 : tableau 18). Le test de Newan et Keuls classe la partie non traitée (NT) dans le groupe (a) et la partie traitée (TR) dans le groupe (b) (annexe 3 : tableau 14).

3.1.3. Effet de l'huile essentielle de *M. communis* sur le taux d'émergence

Dans les lots témoins, le taux d'émergence des adultes de *C. capitata* est de 56,7%, alors qu'il est inférieur au témoin dans les lots traités par les différentes doses d'huile essentielle (15, 20, 25 et 30 µl). L'huile essentielle de myrte agit donc sur le taux d'émergence des adultes de *C. capitata*.

Nous avons enregistré un taux d'émergence de 30% à la dose 15 µl. Ce taux diminue jusqu'à 13,30% à la dose 20 µl. Il reste inférieur au témoin avec les doses 25 et 30 µl.

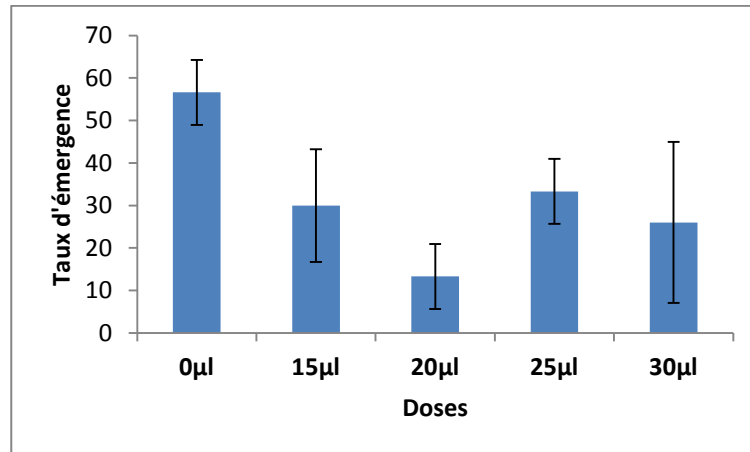


Figure 79 : Taux d'émergence des adultes de *C. capitata* traitées par différentes doses d'huile essentielle de *M. communis*

L'analyse de la variance montre que les différentes doses d'huile essentielle en fonction du temps affecte de façon non significative le taux d'émergence des adultes ($P=0,33$).

3.2. Effet bioinsecticide des huiles essentielles de *C. limonum*, *C. sinensis* et *C. paradisi* à l'égard des adultes de *C. capitata*.

3.2.1. L'huile essentielle de *C. limonum*

Selon les résultats présentés par la figure 80, la mortalité des adultes de la cératite augmente progressivement en augmentant les doses testées et le temps d'exposition. La dose la plus élevée (17µl) semble être plus efficace. Elle nous a permis d'obtenir une mortalité totale des adultes de la cératite en 24 heures par rapport à un témoin qui ne présente aucune mortalité.

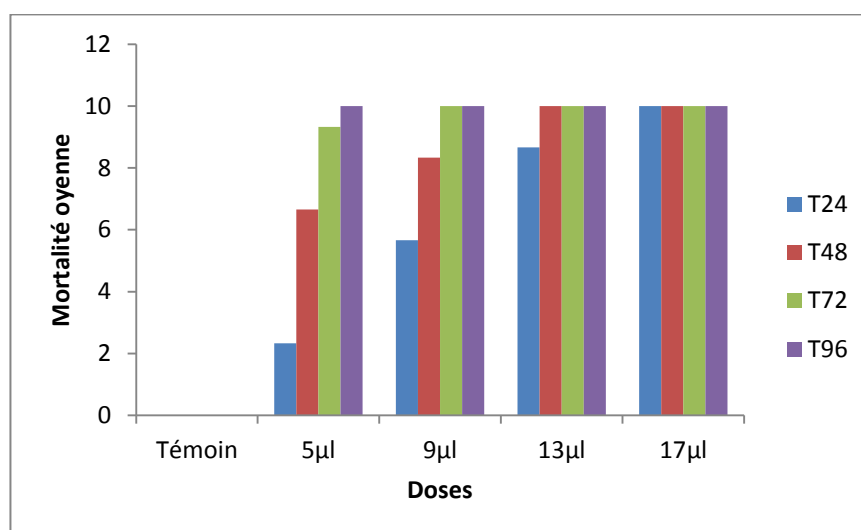


Figure 80 : Mortalité des adultes de *C. capitata* traitées par différentes doses de l'huile essentielle de *C. limonum*.

Les résultats de l'analyse de la variance au seuil 5%, montre une différence très hautement significative pour le facteur dose, temps et pour leur interaction ($P= 0,000$) (annexe 2 : tableau 19). Le test de Newman et Keuls classe les doses en quatre groupes homogènes. Dans le groupe (a) sont classées les doses 13 et 17 μ et dans le dernier groupe (d), se trouve le témoin (annexe 3 : tableau 15).

- **Calcul de la DL50**

La droite de régression présentée par figure 81 est une linéaire positive de formule suivante : $y = 5,818x + 0,791$

R^2 a une valeur proche de 1 ($R^2=0,940$), il révèle une forte corrélation positive entre les probits (mortalité) et le logarithme des doses d'huile essentielle testées. C'est la dose 5,24 μ l de l'huile essentielle de citron qui a provoqué 50% de mortalité des adultes.

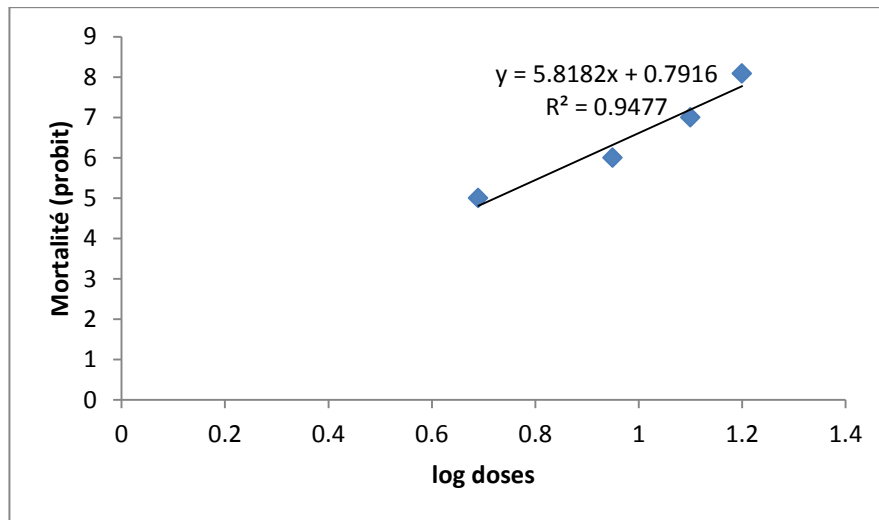


Figure 81 : Droite de régression exprimant la mortalité en probit des adultes de *C. capitata* selon concentrations de l'huile essentielle de *C. limonum*

3.2.2. L'huile essentielle de *C. sinensis*

Selon les résultats présentés par la figure 82, la dose 17 μ l semble être plus efficace par rapport aux autres doses testées puisque nous avons eu une mortalité totale des adultes après 48 heures d'exposition.

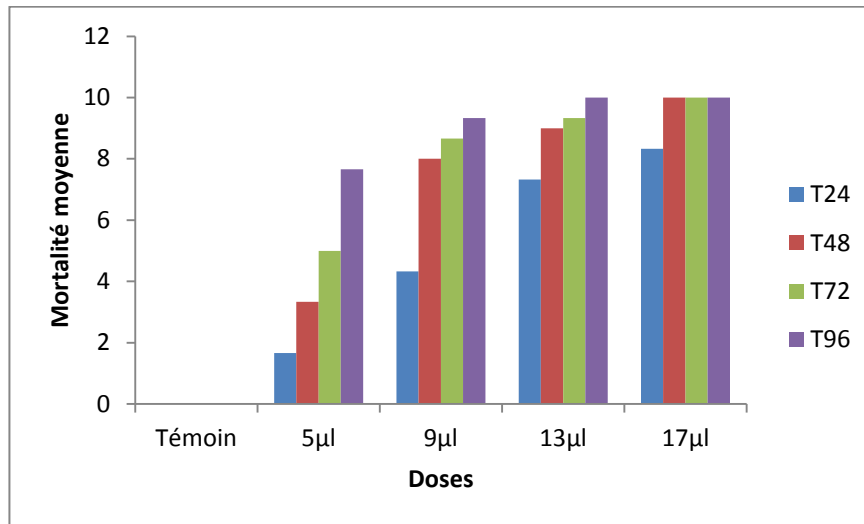


Figure 82 : Mortalité des adultes de *C. capitata* traités par différentes doses de l'huile essentielle de *C. sinensis*.

Les résultats de l'analyse de la variance au seuil 5%, montre une différence très hautement significative pour le facteur dose, temps et pour leur interaction ($P= 0,000$)(annexe 2 : tableau 20). Le test de Newman et Keuls fait apparaître quatre groupes homogènes pour le facteur dose. Dans le groupe (a) est classée la dose 17µl alors que le témoin et la dose 5µl sont classées dans le groupe (d) (annexe 3 : tableau 16).

- **Calcul de la DL50**

La droite de régression (figure 83) est une linéaire positive de formule $y = 3,661x + 2,271$. Le coefficient de corrélation R^2 a une valeur proche de 1 ($R^2=0,991$), il révèle une forte corrélation entre les probits (mortalité) et le logarithme des doses d'huile essentielle testées. C'est la dose 5,5µl de l'huile essentielle d'orange douce qui a provoqué 50% de mortalité des adultes.

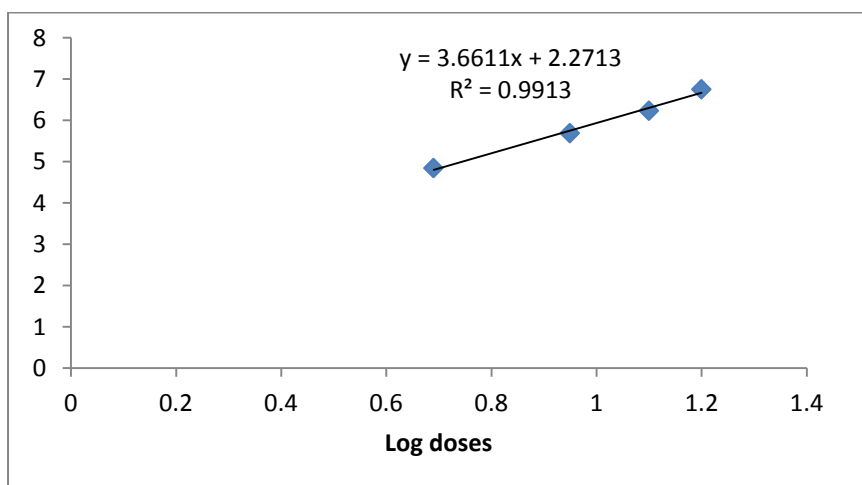


Figure 83 : Droite de régression exprimant la mortalité en probit des adultes de *C. capitata* selon concentrations de l'huile essentielle de *C. sinensis*

3.2.3. L'huile essentielle de *C. paradisi*

D'après les résultats que nous avons obtenus (figure 84), la dose 17 μ l semble être plus efficace par rapport aux autres doses testées puisque nous avons eu une mortalité totale des adultes après 96 heures d'exposition. Le témoin n'a présenté aucune mortalité.

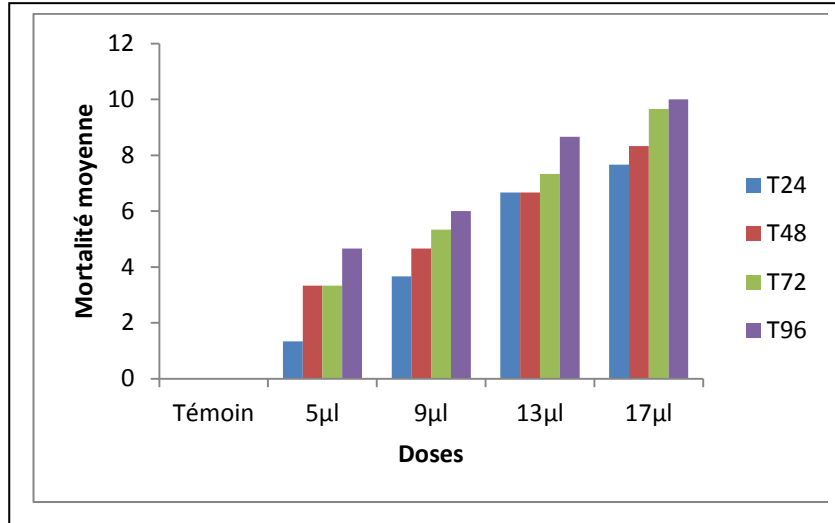


Figure 84 : Mortalité des adultes de *C capitata* traités par différentes doses de l'huile essentielle de *C. paradisi*.

Les résultats de l'analyse de la variance au seuil 5%, montre une différence très hautement significative pour le facteur dose et temps d'exposition à l'huile ($P= 0,000$)(annexe 2 : tableau 21). Le test de Newman et Keuls fait apparaître quatre groupes homogènes pour le facteur dose. Dans le groupe (a) est classée la dose 17 μ l. Le témoin et la dose 5 μ l sont classés, quant à eux, dans le groupe (d) (annexe 3 : tableau 17).

4.7. Calcul de la DL50

La droite de régression (figure 85) est une linéaire positive de formule $y = 3,287 x + 2,071$. Le coefficient de corrélation R^2 a une valeur proche de 1 ($R^2=0,906$). C'est la dose 7,94 μ l de l'huile essentielle de pamplemousse qui a provoqué 50% de mortalité des adultes.

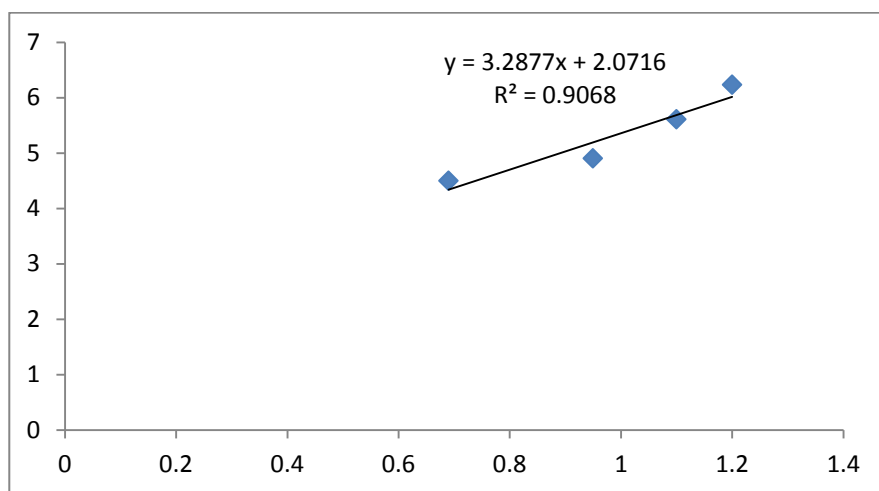


Figure 85 : Droite de régression exprimant la mortalité des adultes de *C. capitata* selon concentrations de l'huile essentielle de *C. paradisi*

4. Effet biosecticide des extraits aqueux de *R. officinalis* et *L. stoechas* à l'égard de *C. capitata*

4.1 Teneur en polyphénols totaux des extraits aqueux de *R. officinalis* et de *L. stoechas*

La teneur en polyphénols totaux de l'extrait du romarin et de la lavande (figure 86), en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (annexe 4 : figure 1) est respectivement de 44,5 et 55 mg EAG/gMS.

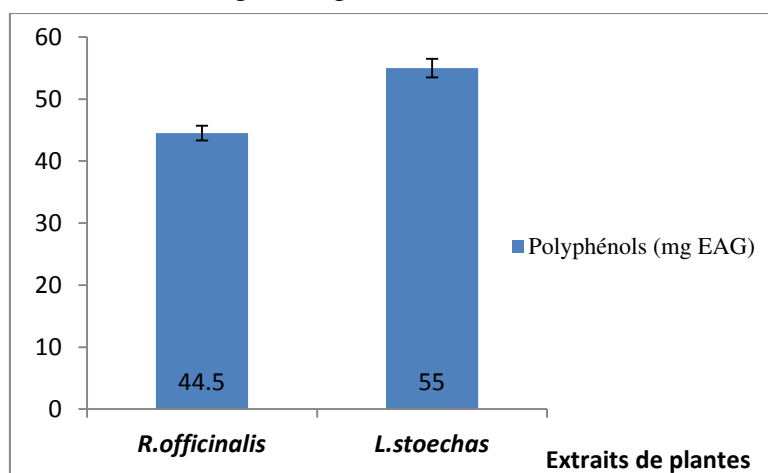


Figure 86 : Polyphénols totaux de l'extrait de *R. officinalis* et de *L. stoechas*

4.2. Teneur en flavonoïdes des extraits aqueux de *R. officinalis* et de *L. stoechas*

La teneur en flavonoïdes (figure 87), des extraits du romarin et de la lavande, en se référant à la courbe d'étalonnage de la quercitine (annexe 4 : figure 2), est respectivement de l'ordre de 16,7 et 15,33 mg eq de quercitine/g de matière sèche.

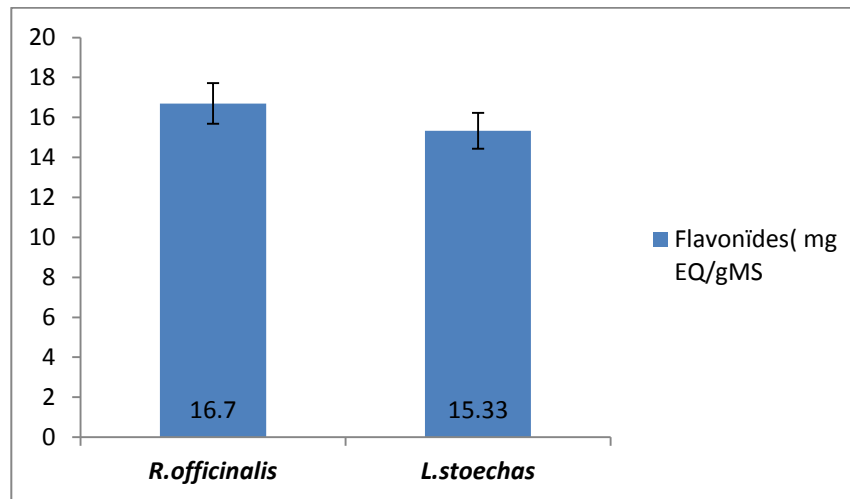


Figure 87 : Teneur en flavonoïdes des extraits de *R. officinalis* et de *L. stoechas*

4.3. Etude de la toxicité de l'extrait de *R. officinalis* sur les larves de *C. capitata*.

4.3.1. Taux de mortalité larvaire

Les résultats présentés par la figure 88, montrent que le pourcentage moyen de mortalité larvaire augmente de manière très hautement significative en augmentant les doses de l'extrait du romarin utilisé et le temps d'exposition. Nous avons obtenu un taux de mortalité larvaire de 40% à la dose 20 μ l après 96 heures d'exposition. Ce dernier augmente jusqu'à 83,33% à la dose 40 μ l après 24 heures et est de l'ordre de 93,33% au bout de 96 heures. Par ailleurs nous avons enregistré, 10% de mortalité larvaire pour le témoin.

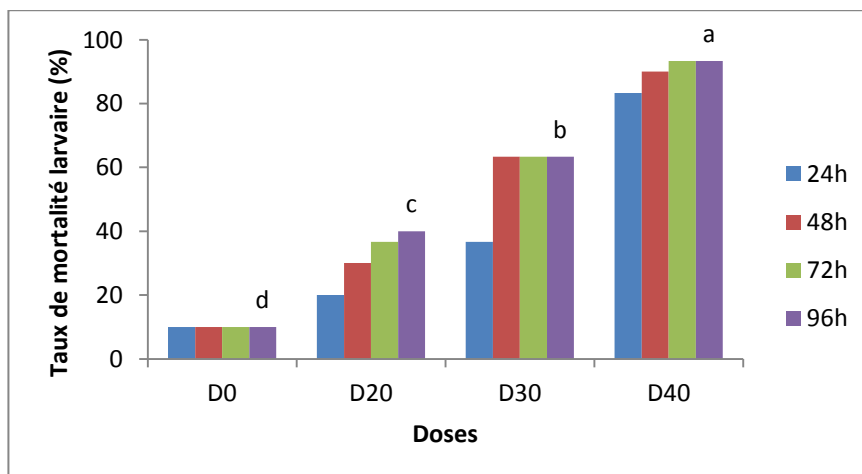


Figure 88: Taux de mortalité larvaires de *C. capitata* en fonction des doses testées de l'extrait de *R. officinalis* et du temps d'exposition.

L'analyse de la variance au seuil de 5% (annexe 2 : tableau 22), a révélé un effet très hautement significative pour les facteurs dose ($P=2,2 \times 10^{-16}$) et temps d'exposition ($P= 0,0005$) mais non significative pour l'interaction entre les deux facteurs ($p = 0,15$).

Le test de Newman et Keuls (annexe 3 : tableau18), révèle 04 groupes homogènes pour le facteur dose. Le groupe (a) présente le pourcentage de mortalité larvaire le plus élevé pour la dose la plus élevée 40 μ l.

Quant au facteur temps, nous avons enregistré 2 groupes homogènes. Le groupe (a) qui renferme T96, T72 et T48. Le groupe (b) qui présente T24.

4.3.2. Taux de larves transformées en pupes.

Les résultats, schématisés par la figure 89, montrent que le taux de larves transformées en pupes diminue de manière très hautement significative en fonction des différentes doses testées. A la dose 20 μ l, nous avons enregistré un pourcentage moyen de 54,99% de larves transformées en pupes. Ce taux diminue jusqu'à 6,66% à la dose 40 μ l contre un témoin pour lequel 90% de larves sont transformées en pupes.

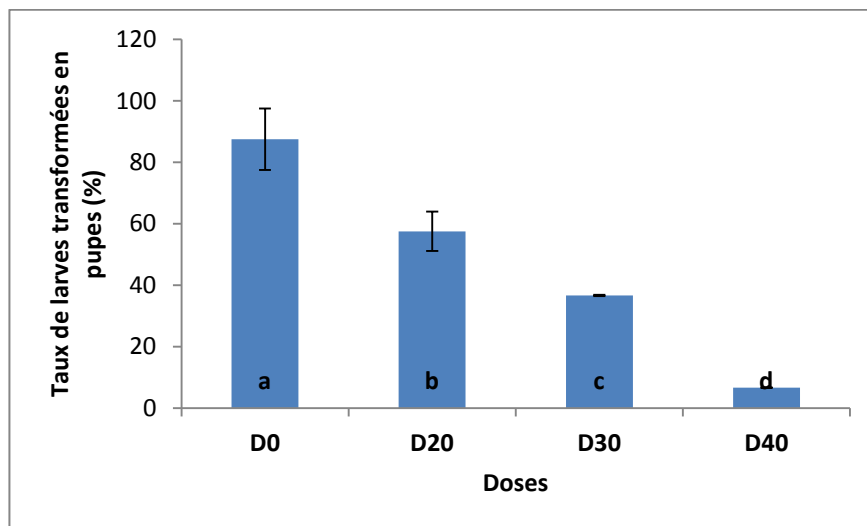


Figure 89: Taux de larves de *C. capitata* transformées en pupes selon les différentes doses de *R. officinalis*.

L'analyse de la variance, au seuil de 5% (annexe 2 : tableau 23), révèle une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P= 2^{e-16}$). La différence observée est, par contre, non significative pour le facteur temps ($P= 0,1381$) et l'interaction entre les deux facteurs ($p = 0,60$).

Le test de Newman et Keuls révèle 4 groupes homogènes. Dans le groupe (a), nous avons le témoin et dans le groupe (d), la dose 40 μ l (annexe 3 : tableau 19).

4.3.3. Taux d'émergence

Les résultats obtenus (figure 90) montrent que le taux d'émergence varie de manière très hautement significative en fonction des doses testées. Le taux le plus élevé est enregistré pour le témoin avec une valeur de 75,81%. Ce dernier diminue jusqu'à 9,16% à la dose 30 μ l. Enfin, il s'annule à la dose 40 μ l où l'on n'observe aucune émergence des adultes.

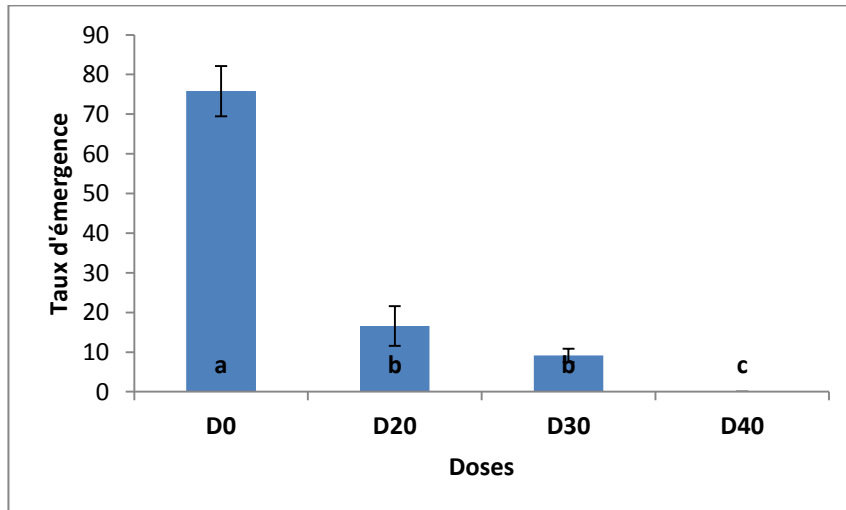


Figure 90 : Taux d'émergence des adultes de *C. capitataen* fonction des différentes doses de *R. officinalis* (lors du test par contact sur les larves)

Le test de Kruskal-Wallis (annexe 2 : tableau 24) révèle que le taux d'émergence varie d'une façon très hautement significative en fonction des doses de l'extrait de *R. officinalis* ($P = 9,711e^{-08}$) et non significative en fonction du temps d'exposition ($P = 0,9338$). Le test de Kruskal Wallis classe les doses testées en 3 groupes homogènes (a), (b), (c). Dans le groupe (a) est classée la dose plus élevée 40 μ l. Le témoin, quant à lui, est classé dans le groupe (c) (annexe 3 : tableau 20).

4.3.4. Test par inhalation sur les pupes

Les résultats, illustrés par la figure 91, montrent que le taux d'émergence varie de manière très hautement significative selon les doses testées. Nous avons enregistré un taux d'émergence moyen de 28,88% à la dose 20 μ l. Ce taux diminue jusqu'à 17,77% à la dose 30 μ l contre un témoin qui présente 90% d'émergence. Enfin, à la dose 40 μ l, nous n'avons enregistré aucune émergence.

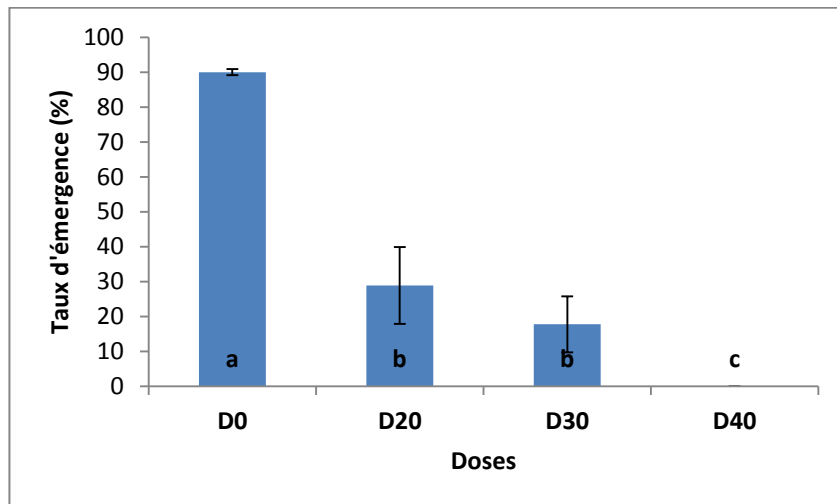


Figure 91 : Taux d'émergence en fonction des doses de *R. officinalis*

Le test de Kruskal-Wallis (annexe 2 : tableau 25) révèle que le taux d'émergence varie d'une façon très hautement significative en fonction des doses testées ($P = 6,33 \times 10^{-6}$) et non significative en fonction du temps ($P = 0,95$).

Le test de Kruskal Wallis (annexe 3 : tableau 21) révèle 3 groupes homogènes. Le groupe (a) renferme le témoin avec le taux d'émergence élevé. Le dernier groupe (C) renferme la dose 40 μ l où le taux d'émergence est nul.

4.4. Etude de la toxicité de l'extrait de *L. stoechas* sur les larves et les pupes de *C. capitata*

4.4.1. Taux de mortalité larvaire

Les résultats, illustrés par la figure 92, montrent que le pourcentage moyen de mortalité larvaire augmente de manière très hautement significative en augmentant les doses de l'extrait de la lavande. Nous avons obtenu un taux de mortalité larvaire de 74,7% à la dose 20 μ l. Ce dernier augmente jusqu'à 96,6 % à la dose 40 μ l contre un témoin qui ne présente que 3,33% de larves mortes.

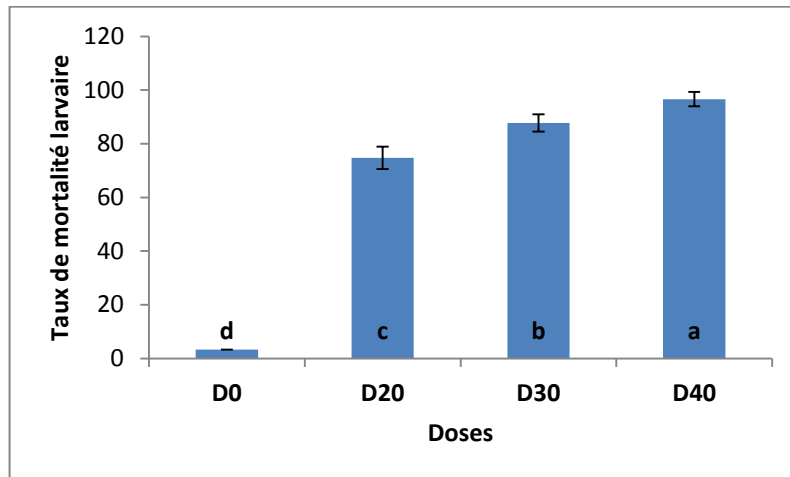


Figure 92 : Taux de mortalité larvaire de *C. capitata* selon les doses de *L. stoechas*.

Le test de Kruskal Wallis a révélé que le taux de mortalité larvaire varie d'une façon non significative en fonction des temps d'exposition ($P= 0,8415$). Par contre, il varie de façon très hautement significative en fonction de la dose ($P= 3,603^e-08$)(annexe 2 : tableau 26).

Le test de Kruskal Wallis classe les doses testées en quatre rangs (a),(b), (c) et (d). La dose 40 μ l est classée dans le rang (a) (annexe 3 : tableau 22).

4.4.2. Taux de larves transformées en pupes

Les résultats, présentés par la figure 93, montrent que le taux de larves transformées en pupes diminue de manière très hautement significative en augmentant les différentes doses testées. A la dose 20 μ l, nous avons enregistré 13,3% de larves transformées en pupes. Ce taux diminue jusqu'à s'annuler à la dose 40 μ l contre un témoin qui présente 91,6 % de larves transformées en pupes.

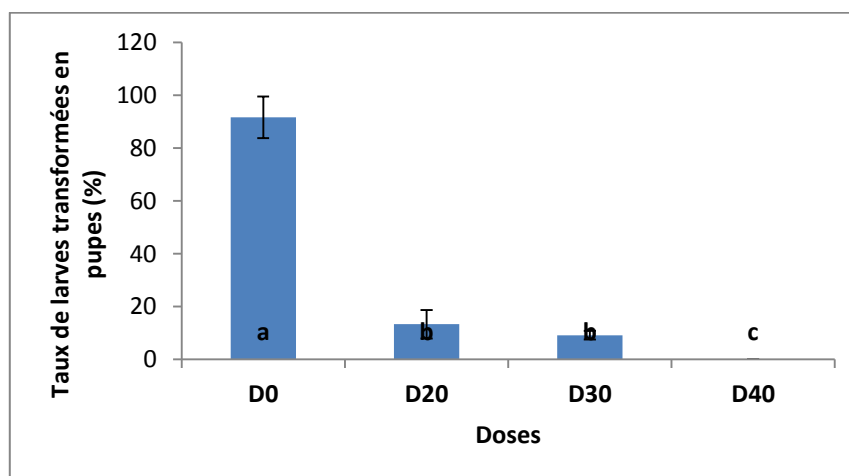


Figure 93 : Taux de larves de *C. capitata* transformées en pupes selon les doses de *L. stoechas*.

Le test de Kruskal Wallis a révélé que le taux de larves transformées en pupes varie de façon non significative en fonction des temps d'exposition ($P = 0,9221$). Il varie, par contre, de façon très hautement significative en fonction des différentes doses de l'extrait de la lavande ($P = 1,422e^{-07}$) (annexe 2 : tableau 27). De ce fait le test de Kruskal- Wallis classe le facteur dose en trois rangs (a), (b) et (c). En premier rang (a), est classé le témoin D0. Par contre la dose D40 est classée en rang (c) (annexe 3 : tableau 23).

4.4.3. Taux d'émergence

Selon les résultats illustrés par la figure 94, nous constatons que le taux d'émergence est de 6,66% contre un témoin qui présente 61%. Ce taux s'annule à partir des doses 30 et 40 μ l.

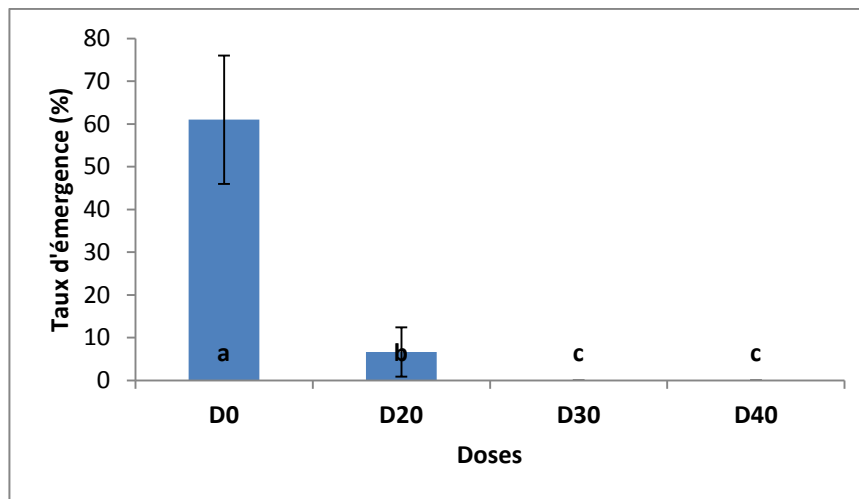


Figure 94 : Taux d'émergence de *C. capitata* selon les différentes doses de *L. stoechas* (test par contact sur les larves).

Le test de Kruskal Wallis (annexe 2 : tableau 28) révèle que le taux d'émergence varie de façon très hautement significative en fonction des doses ($P = 3,265e^{-05}$). Par contre, il varie de façon non significative en fonction du temps ($P = 0,2547$). Par conséquent, les doses sont classées en trois rangs A, B et C selon le test de Kruskal Wallis (annexe 3 : tableau 24). Dans le rang (a) est classé le témoin D0. Les doses les plus élevées D30 et D40 qui annulent le taux d'émergence sont classées dans le rang (c).

4.4.4. Test par inhalation sur les pupes

Les résultats obtenus (figure 95), font ressortir que le taux d'émergence varie de manière très hautement significative selon le temps d'exposition et les doses testées.

Au 11^{ème} jour, nous avons enregistré un taux d'émergence de 83,33% à la dose 20 μ l. Ce taux n'est que de 43,33%, le même jour, à la dose 40 μ l contre un témoin qui a présenté 96,66%.

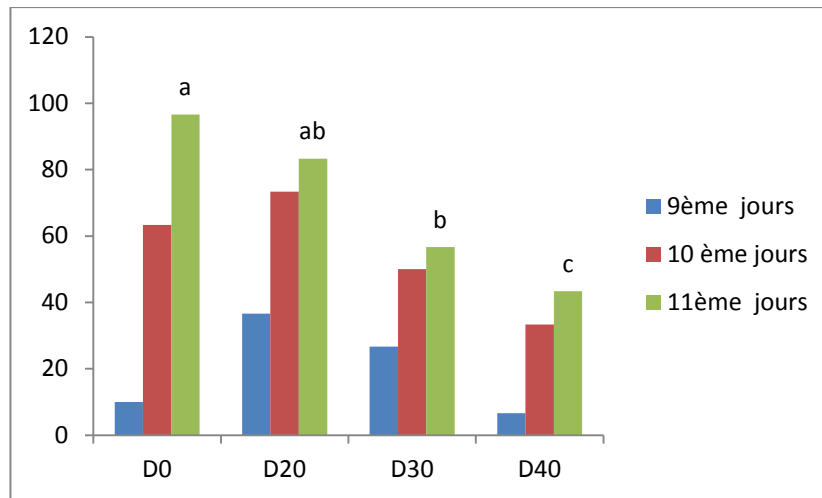


Figure 95: Taux d'émergence de *C. capitata* selon les différentes doses de *L. stoechas*.

L'analyse de la variance (annexe 2 : tableau 29) au seuil de 5% pour la variable taux d'émergence a révélé une différence très hautement significative en fonction des doses testées ($P = 7,852 \times 10^{-6}$) et du temps d'exposition ($P = 1,508 \times 10^{-9}$) et une différence significative pour leur interaction ($P = 0,02549$).

Le test de Newman et Keuls classe le facteur temps en trois groupes homogènes. Le temps T11 est classé dans le group (a). De même, les doses sont classées en trois groupes homogènes ; la dose la plus élevée D40 qui nous a donné le taux d'émergence le plus faible est classée dans le groupe (c) (annexe 3 : tableau 25).

5. Effet bioinsecticide de la suspension conidienne de *P. roqueforti* à l'égard de *C. capitata*.

5.1. Effet des paramètres physiques sur la croissance mycélienne de *P. roqueforti*

5.1.1. Effet du pH sur la croissance mycélienne sur milieu PDA

Au bout de 8 jours d'incubation, la croissance mycélienne de *P. roqueforti* sur le milieu PDA à divers pH a atteint son maximum. D'après les résultats présentés par la figure 96, la croissance mycélienne moyenne la plus élevée de l'ordre de 8,02 cm est enregistré à un pH = 5. Les pH respectifs 8, 7 et 6 ont permis des croissances moyennes de 7,53 ; 7,34 et 7,06 cm respectivement. Par contre, nous avons enregistré la croissance moyenne la plus faible de 6,27 cm à pH= 4.

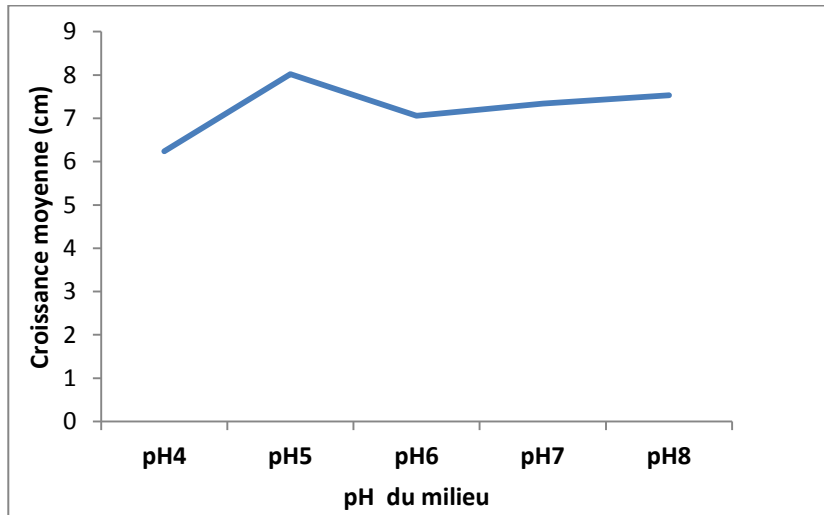


Figure 96 : Croissance mycélienne moyenne de *P. roqueforti* observé sur le milieu PDA en fonction du ph après 8 jours d'incubation.

Les données de l'analyse de la variance (annexe 2 : tableau 30), montrent que la croissance moyenne de *P. roqueforti* dans le milieu PDA varie de façon très hautement significative selon les pH ($P= 2,385 \cdot 10^{-8}$). Le test de Newman et Keuls (annexe 3 : tableau 26) fait apparaître cinq groupes homogènes, allant du groupe (a) pour le pH5 au groupe (d) pour le pH4.

5.1.2. Effet de la température sur la croissance mycélienne du champignon sur milieu PDA.

L'évolution de la croissance mycélienne de *P. roqueforti* est très remarquable. Au bout de 8^{ème} jours de croissance sur le milieu PDA, les résultats que nous avons obtenus (figure 97) montrent que la meilleure croissance est observée à la température 20°C avec 7,49 cm. Les deux températures extrêmes 5 et 35°C ont permis d'avoir la même moyenne de croissance diamétrale de l'ordre de 2,11 cm. Cependant, la température 40°C n'a permis aucune croissance de ce champignon.

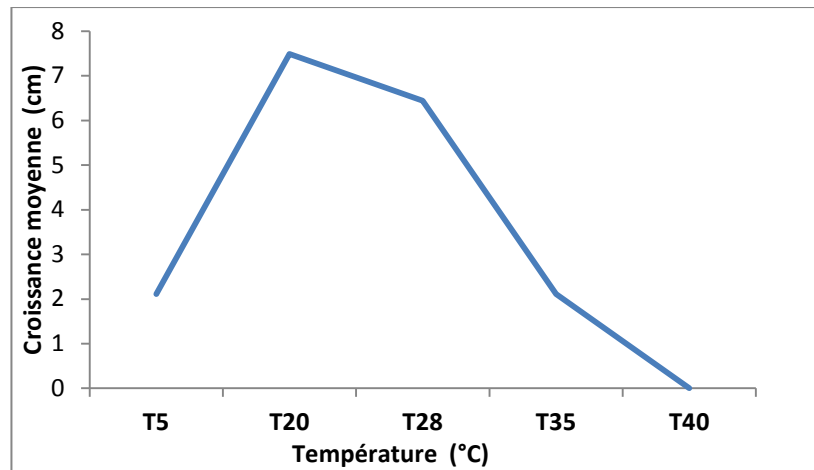


Figure 97 : Croissance mycélienne moyenne de *P. roquefort* sur le milieu PDA en fonction de la température après 8 jours d'incubation.

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe 2 : tableau 31), montrent que la croissance mycélienne moyenne de *P. roqueforti* sur milieu PDA varie de façon très hautement significative selon la température ($P= 2,2 \cdot 10^{-16}$).

Le test de Newman et Keuls (annexe3 : tableau 27), fait apparaître quatre groupes homogènes. Dans le groupe (a), est classée la température 20°C et dans le groupe (d), nous avons la température 40°C.

5.1.3. Effet du milieu de culture (RC et PDA) sur la croissance mycélienne moyenne de *P. roqueforti*

Les résultats, présentés dans la figure 98, montrent qu'après 8 jours d'incubation, nous avons enregistré une croissance mycélienne moyenne de 7,5 cm sur le milieu PDA et 7,6 cm sur le milieu RC.

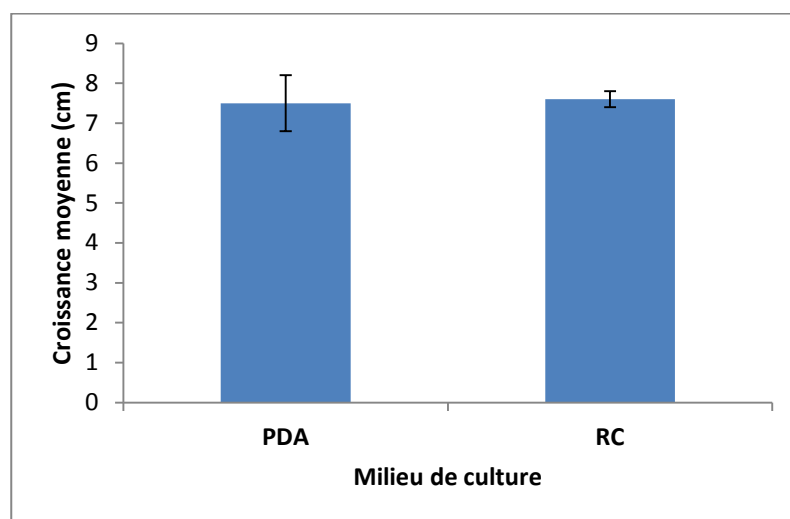


Figure 98 : Croissance mycélienne moyenne de *P. roqueforti* sur milieux, PDA et RC après 8 jours d'incubation.

Les résultats du test Welch au seuil de 5% (annexe 2 : tableau 32) montrent que l'effet du milieu sur la croissance moyenne est non significative ($P=0,4574$).

5.1.4. Effet du milieu de culture sur la sporulation de *P. roqueforti*.

Les résultats que nous avons obtenus (figure 99) révèlent que le milieu PDA est favorable à la sporulation de *P. roqueforti* avec une moyenne de $3,2 \cdot 10^6$ conidies/ml. Cependant, sur le milieu RC nous avons obtenu une moyenne de sporulation de l'ordre de $2 \cdot 10^6$ conidies/ml.

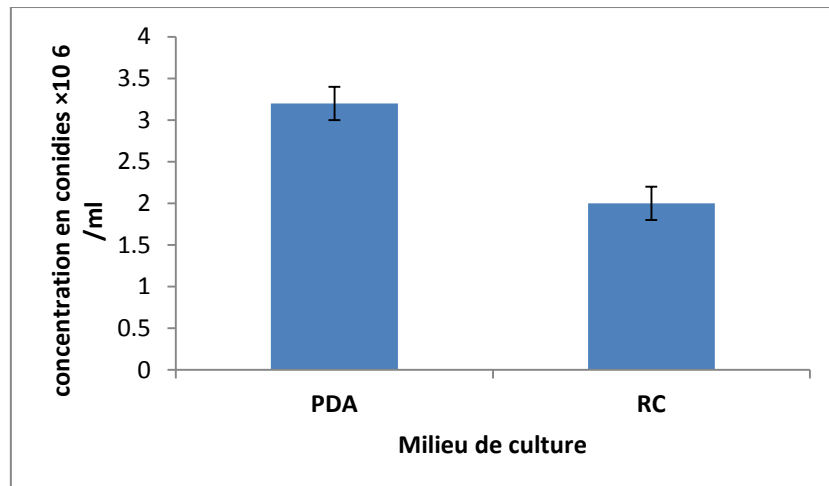


Figure 99 : Sporulation moyenne de *P. roqueforti* sur les milieux PDA et RC après 8 jours d'incubation.

Le test de Welch au seuil de 5% (annexe 2 : tableau 33) montre que l'effet des du milieu de culture sur la sporulation est significatif ($P= 0,01153$).

5.2. Taux de mortalité larvaire

A partir des résultats présentés dans la figure 100, nous constatons que le taux de mortalité est de 5% pour les larves témoin (d0). En revanche, cette mortalité augmente avec le nombre de spores dans la suspension conidienne pour atteindre un taux de mortalité larvaire maximal de l'ordre de 21,25% à la dose d4 (5×10^6 spores/ml).

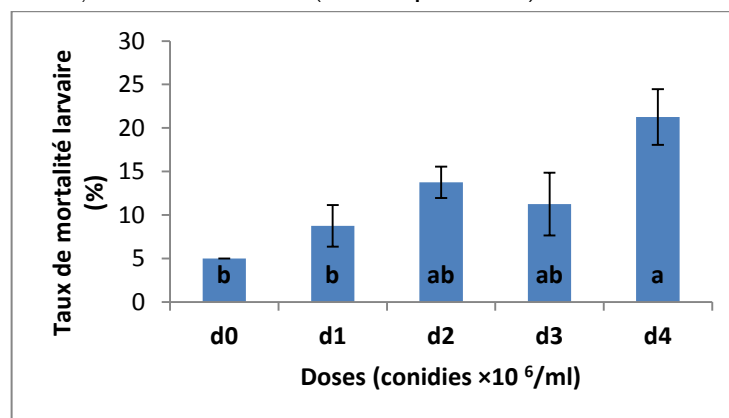


Figure 100 : Taux de mortalité larvaire de *C. capitata* en fonction des différentes doses de la suspension conidienne de *P. roqueforti* après 24 heures de traitement.

L'analyse de la variance au seuil 5% (annexe 2 : tableau 34) révèlent qu'il y a une différence significative de taux de mortalité larvaire selon les différentes doses utilisées ($P = 0.0117 *$)

Le test de Newman et Keuls classe les doses conidiennes en trois groupes homogènes. Le groupe (a), (ab) et (b) (annexe 3 : tableau 28).

5.3. Taux de larves transformées en pupes

Les résultats illustrés par la figure 101, révèlent que 95% de larves du témoin (d0) sont transformées en pupes après 48 heures. A la dose d2, nous avons obtenu 85% de pupes à partir des larves traitées. Ce taux diminue jusqu'à 77,5% à la dose d3 qui est de l'ordre de 4×10^6 spores/ml.

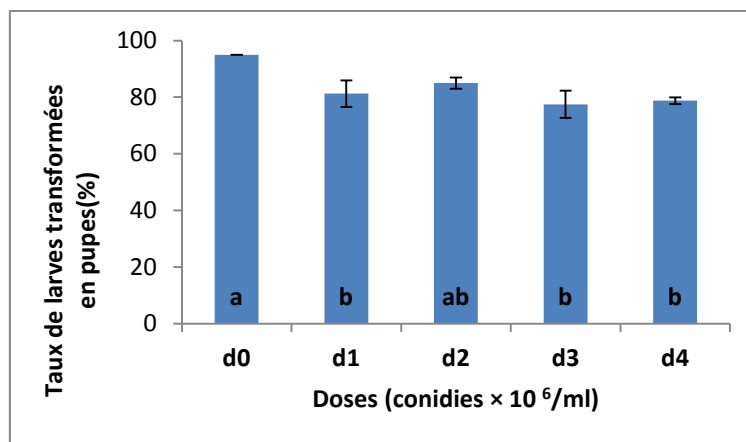


Figure 101: Taux de larves du troisième stade de *C. capitata* transformées en pupes en fonction des différentes doses de la suspension conidienne de *P. roqueforti* après 48 heures de traitement.

Le test de Kruskal-Wallis montre une différence significative du taux de pupes transformées en larves suivant les différentes doses conidiennes (p -value = 0.03249) (annexe 3 : tableau 29).

5.4. Taux de pupes mal formées

D'après les résultats schématisés par la figure 102, nous constatons que le témoin ne présente aucune pupa mal formée. Par contre, le taux de pupes malformées augmente en augmentant le nombre de spores dans la suspension conidienne. A la dose d1 qui est de 2×10^6 spores/ml, nous avons enregistré un taux de pupes mal formées de l'ordre de 5%. Ce taux a atteint 71,25% à la dose d4 qui est de 5×10^6 spores/ml.

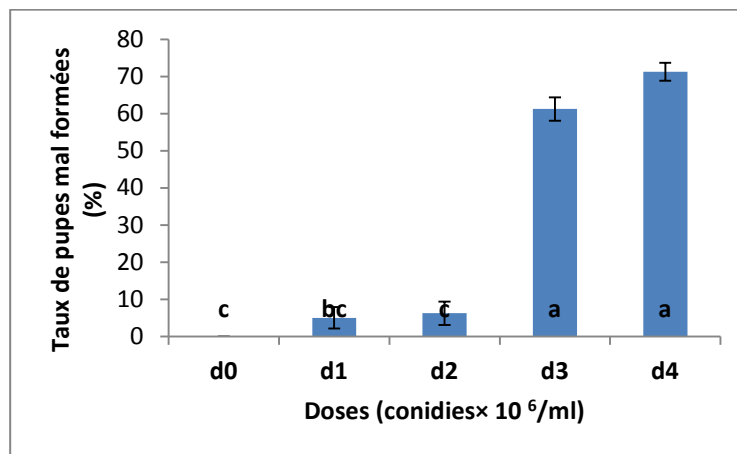


Figure 102: Taux de pupes mal formées de *C. capitata* en fonction des différentes doses de la suspension conidienne de *P. roqueforti* après 48 heures de traitement.

Le test de Kruskal-Wallis montre une différence significative du taux de pupes mal formées suivant les différentes doses de la suspension conidienne ($P = 0.002776$). Il classe les doses en trois rangs (a), (bc) et (c) (annexe 3 : tableau 30)

Les figures 103 a, et 103b présentent des pupes de *C. capitata* malformées et vidées de leur contenu sous l'effet bioinsecticide de la suspension conidienne de *P. roqueforti*. Cependant, sur les figures 103c et 103d, on observe bien le développement des filaments mycéliens de *P. roqueforti* sur la cuticule des pupes de *C. capitata*.

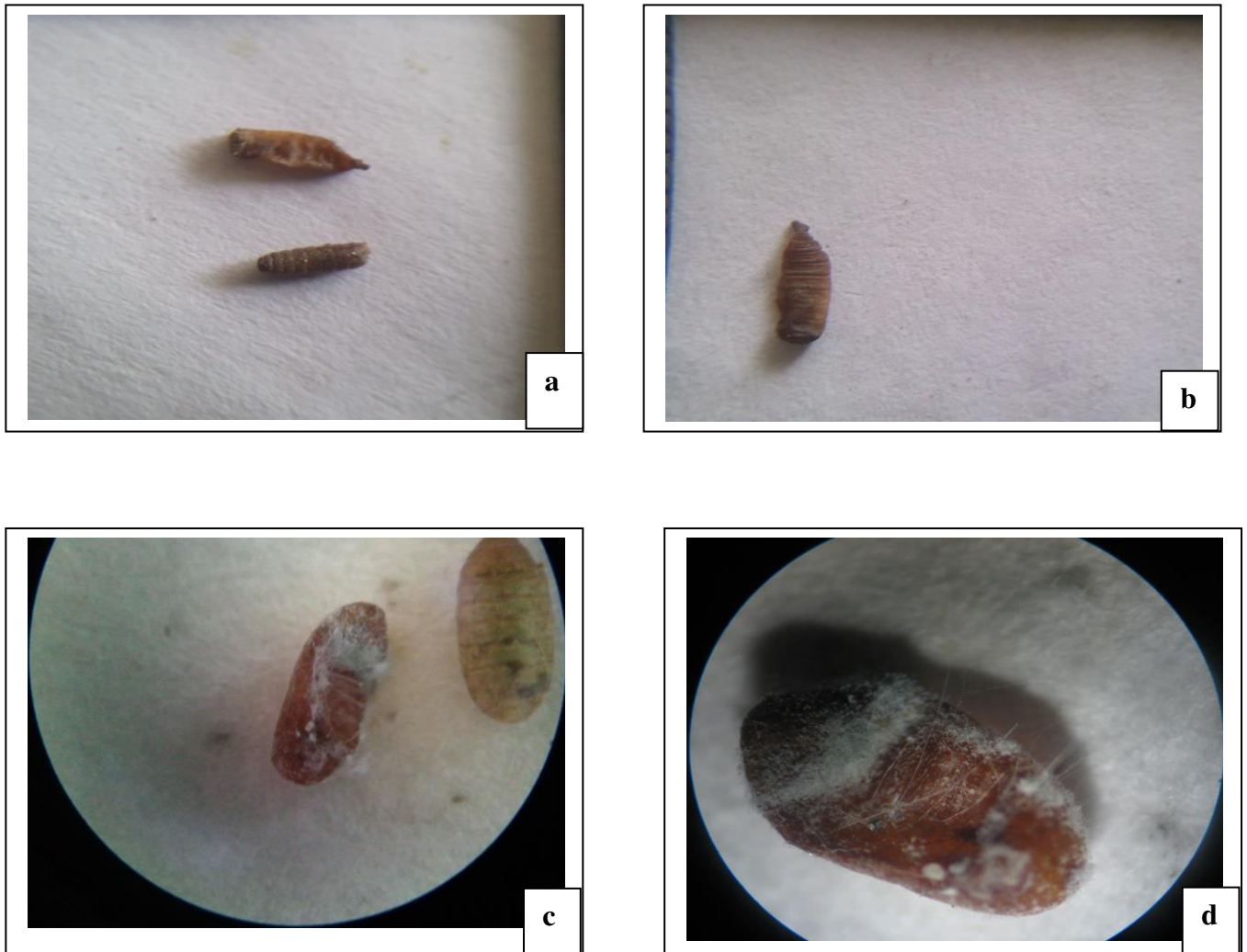


Figure 103 : Pupes malformée (a et b) et pupes colonisées par des hyphes mycéliens (c et d) de

P. roqueforti

5.5. Taux d'émergence des adultes de *C. capitata* issues des larves traitées par *P. roqueforti*

Les résultats de la figure 104, révèlent que le témoin présente un taux d'émergence maximal de 80%. Cependant, ce taux diminue en augmentant les doses conidiennes dans la suspension. A la dose d3 nous avons enregistré un taux d'émergence de 4,95%. Ce taux s'annule à la dose d4.

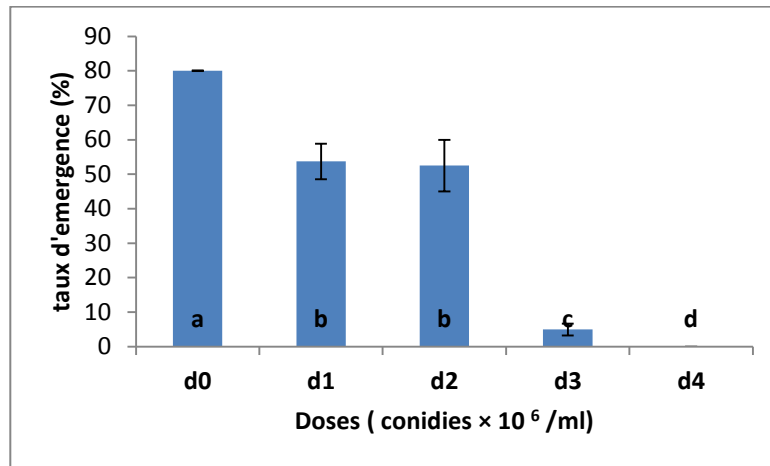


Figure 104 : Taux d'émergence des adultes de *C. capitata* issus des larves traitées en fonction des différentes doses la suspension conidienne de *P. roqueforti*.

Le test de Kruskal-Wallis montre une différence significative du taux d'émergence suivant les différentes doses conidiennes ($P = 0.001584$) et classe les doses en deux rang (A) et (B) (annexe3 : tableau 31)

5.6. Taux d'émergence des adultes de *C. capitata* dans le sol traité avec la suspension conidienne de *P. roqueforti*.

De la figure 105, il ressort que le témoin présente un taux d'émergence maximal des adultes de la cératite de l'ordre de 72,5%. Ce taux diminue en augmentant le nombre de spores dans la suspension conidienne. A la dose d2, nous avons enregistré un taux d'émergence de 12,5%.

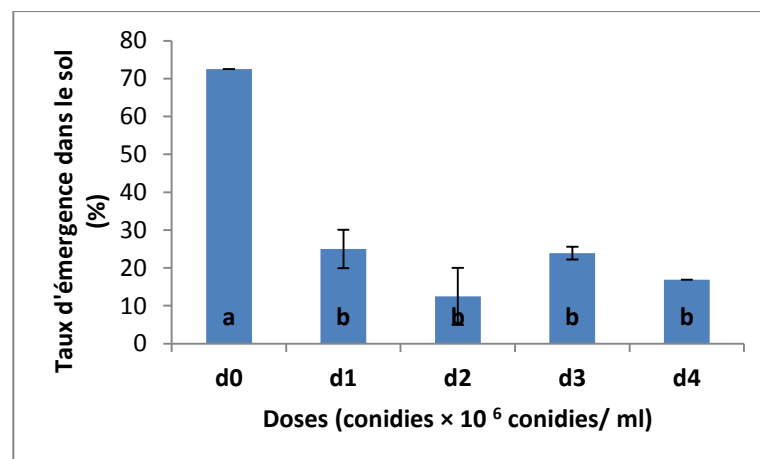


Figure 105 : Taux d'émergence des adultes de *C. capitata* issus des larves mises dans un sol traité en fonction des différentes doses conidienne de *P. roqueforti*.

Le test de Kruskal-Wallis montre une différence significative du taux de pupes mal formées suivant les différentes doses ($P = 0.0218$). De ce fait, il classe les doses en deux rangs (a) et (b) (annexe 3 : tableau 32).

Les figures 106 a et 106 b illustrent le développement du champignon *P. roqueforti* sur la cuticule des pupes de *C. capitata*. Ceci soit par contact directe avec le sol traité par le champignon ou par des petits fragments du sol colonisés par ce dernier.

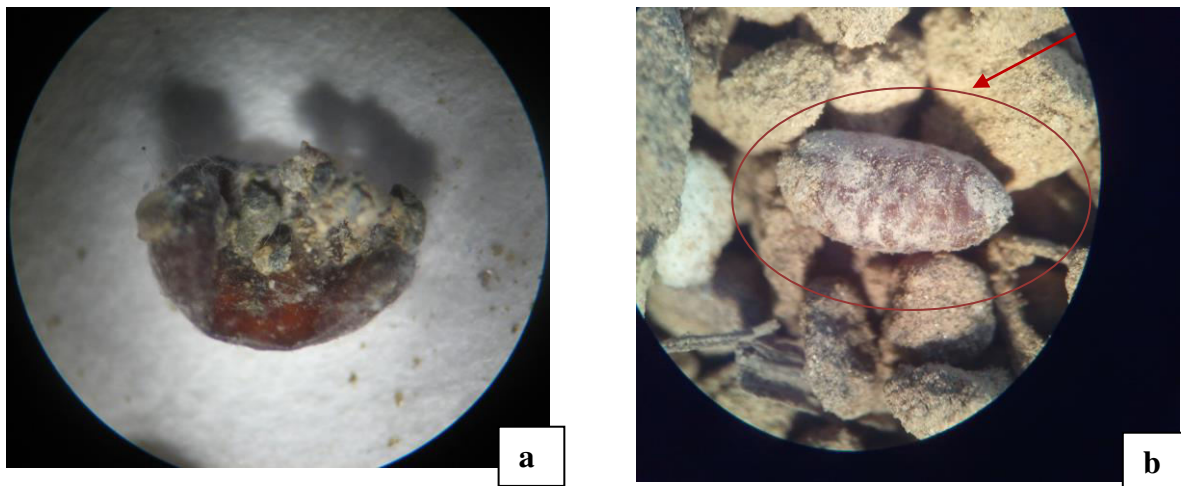


Figure 106 : Pupes colonisées par *P. roqueforti* dans le sol traitées par les doses de la suspension conidienne.

1. Etude de l'infestation des fruits par *C. capitata* et effet de la variété sur ses paramètres biologiques.

1.1. Estimation de l'infestation en fonction du nombre de piqûres/ fruit.

L'étude de l'infestation des fruits en fonction du nombre de piqûres, a révélé que la cératite manifeste une préférence pour certaines variétés. De même les résultats de l'analyse statistique révèlent que la variété exerce un effet très hautement significatif sur le nombre de piqûres/fruit et sur le taux de fruit piqués ($P = 2,17 e^{-0,5}$).

L'estimation de l'infestation en fonction du nombre de piqûres/fruit des 9 variétés étudiées, révèle que la Thomson est la plus piquée avec un nombre moyen de 1,78 piqûres/fruit. Elle est suivie par les deux variétés Washington et Valentia late. Après ces trois variétés d'oranges, vient la pêche Redhaven en quatrième position avec 0,72 piqûres/fruit. Le citron Eureka, l'orange tardive Moro et la figue noire Achtoui sont moins piquées.

L'estimation de l'infestation en fonction du taux de fruit piqué, révèle que la variété de l'orange Thomson présente le taux de fruits piqué le plus élevé qui de 73%. Elle est suivie par la variété Washington deuxième position avec un taux de 66,6%. La pêche Redhaven occupe la troisième position avec un taux de 64,4%. Le citron Eureka et l'orange tardive Moro présentent les taux les plus faibles de fruits piqués avec des pourcentages respectifs de 28,2 et 18,2%.

Selon Sampaio et *al.* (1984) et Quillici (1993), l'attractivité exercée par les différentes variétés serait due aux composés volatils émis bien avant la maturation des fruits telle que les oranges Thomson. Ces composés sont des stimuli olfactifs pour la cératite.

Dhouibi et *al.* (1995) ont rapporté que des paramètres chimiques tels que la teneur en huiles essentielles de l'écorce et la nature des substances volatiles pourraient jouer un rôle non négligeable dans l'attraction ou la répulsion du ravageur. Cela explique, en partie, nos résultats sur le citron. Son écorce épaisse, riche en huile essentielles et son acidité font de lui le fruit le moins infesté.

Nos résultats rejoignent ceux de Katsoyanos (1986) et Papadopoulos (2001) qui ont constaté que les adultes de la cératite sont attirés par les fruits les plus volumineux. De même, Papaj & Opp (1989) ont déduit que le volume des fruits joue un rôle dans le taux d'infestation.

Ali Ahmed Sadoudi (2007) rapporte que les variétés les plus infestées sont celles dont les fruits ont des couleurs vives. Cela est en accord avec nos résultats car les variétés les plus piquées telles que la Thomson, la Wachington et Valencia late ont des couleurs vives.

Ferron (1962) a mis en évidence l'importance de l'intensité lumineuse et de la qualité de la lumière qui peuvent provoquer des réponses variables quant au choix du site d'oviposition. Il a rapporté que la brillance du site d'oviposition, plutôt que sa couleur, a une influence majeure sur le dépôt des œufs.

Les deux variétés de pêche Redhaven et Cardinal ont présenté des taux moyens de fruits piqués respectifs de 66,6 et 55,8 %. La pêche est un fruit sucré par rapport aux autres variétés de fruits étudiées et la souplesse de son épiderme facilite la tâche aux femelles au moment de la ponte. Ali Ahmed (2007) a rapporté que la pêche est appréciée par la cératite et que sa richesse en sucres jouerait un rôle déterminant dans son infestation par la cératite. Ce même auteur a rapporté que la cératite manifeste une préférence pour certaines variétés fruitières au sein de la même espèce en rapport avec le degré de maturité des fruits. Les résultats que nous avons obtenus concordent avec ceux de Bautista et Harris (1996) qui ont conclu après une étude sur la goyave et la papaye qu'elles sont fortement infestées par la cératite et que cette infestation est due à leur richesse en sucres.

Au Maroc, la pêche constitue l'hôte préférentielle de la cératite au printemps (Fahad et al., 2013). Lachiheb (2008) rapporte, qu'en Tunisie, les plantes hôtes cultivées, essentiellement les arbres fruitiers, offrent à la mouche méditerranéenne des fruits un milieu favorable en plus des conditions climatiques optimales à son développement pendant la période estivale.

La variété d'orange tardive Moro est la moins piquée. Celle-ci est caractérisée par une peau très épaisse par rapport à d'autres variétés d'agrumes ce qui ne facilite pas la tâche aux femelles pour la ponte. L'épaisseur de l'épiderme a un rôle déterminant dans l'infestation des fruits par la cératite. Ces résultats concordent avec ceux d'Ortu (1982) qui a rapporté que les variétés tardives d'agrumes sont les plus résistantes à l'attaque par la cératite.

1.2. Estimation de l'infestation en fonction du nombre de pupes/ fruit.

Les résultats obtenus révèlent que le nombre de pupes/fruit varie de manière très hautement significative selon la variété ($P = 9,825 e^{-0,7}$).

Nous avons constaté que seule les variétés Redhaven, Cardinal et la figue Achtoui ont donné un nombre important de pupes. La pêche Redhaven est classée en première position avec 1,78 pupes/fruit. Elle est suivie par la pêche Cardinal en deuxième position avec 0,34 pupes/fruit. En troisième position vient la figue noire Achtoui avec 0,53 pupes/fruit.

Les trois variétés d'agrumes : Thomson, Valentinia late et la Clémentine ont donné peu de pupes avec des moyennes respectives de 0,08; 0,016 et 0,007 pupes/fruit. Toutes les autres variétés d'agrumes étudiées (Eureka, Moro et Wachington) n'ont donné aucune puce.

Malgré le nombre important de piqûres observées sur les oranges Thomson, la Wachington et la Valentinia late le nombre de pupes obtenus est faible voire nul.

La pêche semble, donc, être l'hôte préférentiel de la cératite, en effet, elle est classée parmi les hôtes les plus attaqués en Méditerranée. Au Maroc la cératite est considérée comme ravageur majeur des pêches (Fahad et *al.*, 2013).

Les facteurs climatiques joueraient aussi un rôle important dans le développement larvaire de la cératite. Ceci est confirmé par les résultats obtenus car les agrumes arrivent à maturité durant une période froide (au mois de Novembre) avec une température maximale qui ne dépasse pas 16,2°C alors qu'en juin, période de récolte des pêches, la température moyenne optimale favorise le développement larvaire à l'intérieur du fruit.

Nos résultats concordent avec ceux de Bodenheimer (1951), Frezal (1953), Carey (1984) et Fahad et *al.* (2013) qui ont conclu que la pêche est l'un des fruits les plus appréciés par la cératite dans tous les pays où sévit cette mouche.

Les résultats obtenus corroborent avec ceux d'Ali-Ahmed Sadoudi (2007) qui a rapporté que la figue et la pêche Redhaven sont appréciées par la cératite. La variété Redhaven est la plus riche en sucres réducteurs avec 13,20 g/100 ml de jus. Cet auteur a conclu que les sucres et les protéines jouent un rôle déterminant dans l'infestation des fruits par la cératite.

Nous constatons que plus de la moitié des piqûres de la cératite sur les agrumes ne sont pas destinées à la ponte mais plutôt à nourrir les adultes. Selon Gilmour (1968) ce comportement, permet à l'adulte d'emmagasiner de l'acide citrique pour être utilisé en hiver dans le métabolisme de l'insecte.

Les résultats que nous avons obtenus sont en accord avec ceux d'Ortu (1982) selon lequel les variétés tardives d'agrumes sont les plus résistantes à l'infestation par la cératite. En effet, la variété Valentinia late a donné peu de pupes alors que la variété Moro, la moins piquée, n'a donné aucune puce.

Sampaio *et al.* (1984) ont signalé que l'acidité du fruit d'orange peut agir sur le taux d'infestation par la mouche des fruits d'une manière non significative.

Selon Soria (1963) et Dhouibi *et al.* (1995), la mortalité larvaire chez les Citrus, en particulier l'oranger, pourrait être due à la composition chimique de l'écorce des fruits.

Loussert (1989) a signalé qu'un épiderme plus épais gêne le développement larvaire. Delrio (1985) rajoute que sur les agrumes, les œufs et les larves présentent une très forte mortalité à cause de la toxicité des essences de l'écorce de la peau.

Nos résultats rejoignent ceux de Sampaio *et al.* (1984), Delrio (1985), Loussert (1989) et Dhouibi *et al.* (1995) quant à l'épaisseur de l'épiderme et la toxicité des essences de l'écorce et de la peau. Ortu (1982) a constaté que le nombre de glandes huileuses par cm² de la surface du fruit joue un rôle important dans la résistance des fruits aux attaques par la cératite.

1.3. Influence de la variété fruitière sur quelques paramètres biologiques de la cératite.

1.3.1. Durée de pupaison

Les résultats obtenus révèlent que la durée de pupaison diffère de façon très hautement significative selon la variété. La durée de pupaison la plus longue est enregistrée pour les pupes de *C. capitata* issues de la variété Thomson qui est de 16,8 jours.

Ali Ahmed Sadoudi (2007) a obtenu sur l'orange Thomson une durée de pupaison proche de celle que nous avons obtenue ; elle est de 18 jours à 15°C et 72,86% d'humidité relative. Nos résultats se rapprochent aussi de ceux de Sadoudi Ali Ahmed *et al.* (2011) qui ont obtenu la plus longue durée de pupaison sur les agrumes, à savoir l'orange Thomson, la clémentine ordinaire et Montréal avec des moyennes respectives de 18,33; 15,67 et 16 jours.

La durée de pupaison des pupes issues de l'orange tardive Valentia late arrivent deuxième position après celle enregistré sur la Thomson et la clémentine. Cette variété est récoltée au mois de Mai à une température saisonnière de 19,7°C. L'influence de la température sur la durée de pupaison est confirmée par plusieurs auteurs. Selon Ali Ahmed Sadoudi (2007) et Ali Ahmed Sadoudi et al (2011), la durée de pupaison semble dépendre aussi des facteurs climatiques.

La durée de pupaison des pupes issues de la variété de pêche Cardinal est de 7,8 jours et celles issues de la variété Redhaven est 8,2 jours alors que pour les pupes provenant de la figue Achtoui, nous avons enregistré une durée de pupaison de 9,6 jours.

Nos résultats concernant la durée de pupaison des pupes issues de la figue Achtoui se rapprochent de ceux de Krainacker et al (1987), qui ont obtenu une durée de pupaison de 10 jours à une température variant entre 25 et 30°C et une humidité de 60 à 70%.

Nous constatons que les pupes issues des fruits d'été ont une durée de pupaison plus courte que celles issues des fruits d'hiver. Ali-Ahmed Sadoudi (2007) rapporte que les pupes issues des fruits d'été ont une durée de pupaison plus courte que les fruits d'hiver. Ceci est en accordance avec nos résultats, car la durée de pupaison des pupes issues des fruits de la saison estivale a atteint une valeur minimale sur la pêche Cardinal qui est de l'ordre 7,8 jours. Cette dernière est récoltée en mois de Juin où les températures estivales durant ce mois accélèrent le phénomène de pupaison.

Shoukry et Hafez (1979) ont obtenu une durée de pupaison de 11 jours à 25°C et 9 jours à 27°C. Il ressort de ces observations que la température agit sur la durée de pupaison.

1.3.2. Taux d'émergence

Le taux d'émergence varie de façon hautement significative selon la variété. Le taux d'émergence des adultes issus de la pêche Redhaven est élevé ; de l'ordre de 74,8%. Il est classé dans le premier groupe (a). A partir des résultats obtenus nous constatons que sur 1,78 pupes/fruit récupéré des fruits de la pêche Redhaven 74,8% ont donné des adultes. Contrairement à la variété Cardinal, qui a donné 0,34pupes/fruit et seulement 55% ont donné des adultes. Il ressort de ces observations que la variation du taux d'émergence des pupes de *C. capitata* peut s'expliquer par la qualité nutritive des fruits ainsi que la densité des larves au sein des fruits. Les conditions climatiques, sont aussi optimales pour des émergences complètes des adultes. Cela a été confirmé par les travaux de Croveti et al. (1984). Ces

derniers ont montré que les pupes sont très sensibles à la température ambiante, celle-ci influence la durée et la vitesse de leur développement ainsi que le taux de mortalité.

Ali Ahmed Sadoudi (2007) et Ali Ahmed Sadoudi et *al.* (2011) ont obtenu un taux d'émergence de 52,67% sur la pêche Redhaven et 20,65% sur la pêche Cardinal. Cela est en accord avec nos résultats, nous avons récolté ces deux variétés de pêche durant le même mois de Juin mais le taux d'émergence est plus élevé sur la variété Redhaven que Cardinal. Cette différence ne peut s'expliquer que par la qualité nutritive des fruits qui est confirmée une autre fois par Ali Ahmed Sadoudi et *al.* (2011) qui rapportent que la teneur en protéines est plus élevée sur la pêche Redhaven (1) que sur la Cardinal (0,93).

Sur les variétés Valentia late, Clémentine et Thomson, nous avons enregistré des taux d'émergence des adultes de la cératite inférieurs aux deux variétés de pêche Cardinal et Redhaven. Ils sont de 45, 39,8 et 34% respectivement. Les résultats obtenus concordent avec ceux d'Ali Ahmed Sadoudi (2007) qui a obtenu des taux d'émergences de 16,65 et 6,66% respectivement sur les deux variétés d'agrumes Thomson et Moro. Ces derniers sont inférieurs aux taux d'émergence des deux variétés de pêche Redhaven et Cardinal enregistré par ce même auteur. Nous supposons que la qualité nutritive de la pulpe des fruits peut aussi influencer le taux d'émergence. L'acidité de ces agrumes ainsi que la présence des huiles essentielles dans leur écorce entraîne une forte mortalité larvaire qui se traduit par des émergences incomplètes (Soria, 1963 ; Delrio, 1985 ; Loussert, 1989 et Dhouibi et *al.*, 1995).

Sur l'orange Thomson, Bodenheimer (1951) a obtenu un taux d'émergence de 60% à une température allant de 25 à 26°C et une humidité relative qui varie entre 60 et 70%. Selon Debouzie (1977), le taux d'émergence de *C. capitata* varie aussi en fonction des conditions climatiques qui influencent la durée et la vitesse de son développement ainsi que son taux de mortalité.

Le taux d'émergence des adultes de la cératite issus de la figue noire Achtoui est de 39,4% à partir de 0,53 pupes/fruit que nous avons récupéré. Nos résultats ne concordent pas avec ceux d'Ali Ahmed Sadoudi (2007) qui a obtenu à partir de 0,79 pupes/fruit un taux d'émergence de 48% sur la figue noire Azenjar. Cette différence ne peut s'expliquer que par la qualité nutritive qui semble plus propice à l'émergence des adultes de la cératite sur la variété Azendjar que la variété Achtoui.

1.3.3. Sex- ratio

Le sex-ratio est un bon indicateur de l'évolution d'une population, il ressort de nos résultats que le sex-ratio obtenu est compris entre 0,44 et 0,63.

Les résultats de l'analyse statistique révèlent que le sex-ratio varie de manière très hautement significative selon la variété. Nos résultats concordent avec ceux d'Ali-ahmed Sadoudi (2007) qui rapporte que la variété fruitière agit sur le sex-ratio.

Le sexe ratio est en faveur des femelles pour les adultes issus de la pêche Redhaven et de la figue Achtoui atteignant respectivement 0,61 et 0,63. Ces résultats sont similaires à ceux de Ali Ahmed Sadoudi (2007) qui a obtenu un sex-ratio en faveur des femelles pour les mouches issues de la Redhaven. Par contre ce même auteur, a obtenu un sexe ratio de 0,59 pour les mouches issues de la figue blanche Thaghanimth et 0,54 sur la figue noire Azenjer.

Selon Albajes et Santiago Alvarez (1980), la proportion des sexes est en faveur des femelles à la plus haute températures. Ali Ahmed Sadoudi (2007) est parvenue à la même conclusion. Ce qui est en accord avec nos résultats car nous avons eu un sex-ratio en faveur des femelles sur les deux variétés d'été (la figue noire Achtoui et la Redhaven).

Le sex-ratio des mouches issues des trois variétés Valentia late, Thomson et Cardinal est inférieur à 0,5. Il est proche de l'équilibre (0,47) pour les mouches issues de la variété Cardinal et l'orange Valentia late (0,46) et il est de 0,44 sur la Thomson.

Nos résultats se rapprochent de ceux de Krainacher *et al.* (1985) qui ont obtenu, sur les oranges, un sex-ratio inférieur à 0,5 et concordent aussi avec ceux de Ali Ahmed Sadoudi (2007) qui a obtenu un sex-ratio inférieur à 0,5 sur la Thomson et la Cardinal.

Nous avons constaté que le sex-ratio est en faveur des femelles sur les variétés fruitières qui ont permis des taux d'émergence les plus élevés cas de la pêche Redhaven. Ces mêmes résultats ont été enregistrés par Ali Ahmed Sadoudi (2007). La compétition larvaire qui, selon Albajes *et al.* (1980b) augmente la proportion des femelles.

Lorsque le sex-ratio est en faveur des femelles, il est avantageux pour l'espèce car il entraîne un maximum d'accouplements dans une population. Selon Causse (1974), ceci s'expliquerait par une très forte motivation sexuelle des mâles.

1.3.4. Longévité

Les résultats obtenus révèlent que la longévité des mâles et des femelles varie de manière très hautement significative selon la variété. La longévité moyenne la plus élevée des femelles est de 58,4 jours. Elle est enregistrée sur la variété d'orange Valentia late. Elle est suivie par la longévité des femelles issue de la variété Achtoui qui est de 50,4 jours. La longévité des femelles la plus courte est enregistrée sur la Clémentine.

Pour les mâles, la longévité la plus élevée est enregistré sur la figue noire Achtoui. Par contre, la longévité la plus courte est enregistrée sur la Clémentine Monreal. Cette différence de longévité ne peut s'expliquer que par la disponibilité des nutriments dans le fruit et par des conditions climatiques favorables à l'émergence.

Nos résultats concordent en partie avec ceux de Ali Ahmed Sadoudi (2007) qui a obtenus les longévités les plus élevées des mâles et des femelles sur les trois variétés d'agrumes Thomson, Clémentine ordinaire et clémentine Montréal. La longévité la plus élevée des femelles est 45,67 jours sur la Thomson et la longévité la plus élevée des mâles est de 37,69 sur la clémentine ordinaire. D'après ces résultats d'Ali Ahmed Sadoudi (2007) les variétés fruitières qui ont donné peu de pupes ont permis des durées de vie des mouches longues. L'absence de compétition larvaire et la disponibilité des aliments nutritifs en plus des températures moins élevées augmentent la durée de vie des mouches.

Les résultats que nous avons obtenus révèlent que les femelles de la cératite vivent plus longtemps que les mâles ce qui est en accord avec les constatations de Ali Ahmed Sadoudi (2007), qui rapporte que les femelles de la cératite vivent plus longtemps que les mâles sur certaines variétés et que la longévité semble dépendre aussi des facteurs climatiques.

Selon Weems (1981), 50% des mouches de la cératite meurent pendant les premiers mois qui suivent l'émergence, quelques adultes peuvent vivre jusqu'à une année ou plus lorsque la nourriture est disponible et les conditions climatiques sont favorables. Selon Thomas et *al.* (2007), en absence de nourriture, les adultes meurent 2 à 4 jours après l'émergence.

Bodenheimer (1951) a observé une longévité moyenne de 28 à 40 jours en été et 28 à 65 jours en hiver à l'Ouest de l'Australie. De même, Shoukry & Havez (1979) ont obtenu une durée de vie des mouches des fruits de 36 jours en Egypte à une température allant de 25 à

30°C. Back & Pemberton (1918), lors d'un élevage, ont rapporté que deux mouches ont vécu respectivement 210 jours et 215 jours. De même Rigamonti (2005), en élevant des adultes de la cératite, a observé une longévité maximale de 250 jours.

2. Effet bioinsecticide des extraits des lichens de *R. farinacea* et *P. acetabulum* à l'égard des adultes de *C. capitata*.

Il ressort des résultats obtenus que les extraits des deux lichens *R. farinacea* et *P. Acetabulum* ont montré un effet insecticide très hautement significatif vis-à-vis des adultes de *C. capitata*.

Nous constatons que la plus faible dose, qui a provoqué 100% de mortalité moyenne des adultes de la cératite après 96 heures d'exposition, est la dose 5µl avec l'extrait de *R. farinacea*. Cette dose est multipliée par quatre pour obtenir le même taux de mortalité avec l'extrait de *P. acetabulum* après le temps d'exposition.

Cette activité insecticide serait due à la présence de métabolites secondaires tels que les composés phénoliques, le dibenzofurane, les acides usiques, les depsidones, les depsones, les lactones, les quinines et les dérivés de l'acide pulvinique (Boustie et Grube, 2005).

Vinayaka et al. (2009) ont constaté que *R. nervulosa*, *R. pacifica* (Ramalinaceae) ainsi que *Parmotrema tinctorum*, *Usnea galbinifera* (Parmeliaceae) révèlent une activité larvicide contre les larves du second stade de *Aedes aegypti*. Ces mêmes auteurs rapportent que l'acide usnique et l'acide sékikaique ont été détectés chez *R. nervulosa* cependant, chez *R. pacifica*, il a été montré la présence d'acide usnique et d'acide salazinique. Chez *P. tinctorum*, Vinayaka et al. (2009) ont noté la présence de l'acide lecanorique et l'acide orsellinique et chez *U. galbinifera*, se sont les acides galbinique et norstique qui ont été trouvés.

Cetin et al. (2008) révèlent que l'activité insecticide des lichens est liée à l'acide usnique qui est le composant majeur. Ce dernier est isolé à partir des deux lichens *Cladonia foliacea* et *Ramalina farinacea*. Son activité larvicide a été testée contre les larves du moustique *Culex pipiens*. La mortalité larvaire a atteint un pourcentage moyen de 100% au 3^{ème} et 4^{ème} stades larvaires avec les deux espèces de lichens *R. farinacea* et *C. foliacea* contrairement au témoin qui ne présente aucune mortalité.

Plusieurs auteurs ont mis en évidence l'activité insecticide des composés lichéniques contre les moustiques et d'autres insectes (Giez et al, 1994; Dayan et Romagni, 2001; 2001; Blaji et al., 2007; Yildirim et al. 2012). Les composés lichéniques tel que l'acide Cabraleadiolmonoacetate, 4-O- methylcryptochlorophaeic, lichexanthone, et l'acide 3,6-

dimethyl-2-hydroxy -4-methoxybenzoïque se sont révélés efficaces contre les larves de *Aedes aegypti* (Kathirgamanathar et al., 2006).

Yildirim et al. (2012) ont mis en évidence l'activité insecticide de l'acide usnique et de l'extrait de *Usnea longissima* (Parmeliaceae) contre les adultes de *Sitophilus granaris* (Coleoptera : Curculionidae). Les taux de mortalité des adultes de ce déprédateur, après 96 heures de traitement avec la concentration maximale (10 mg/ml) de l'extrait de *U. longissima* et d'acide usnique sont de 98,98 et 94,94% respectivement. Moreira et al. (2016) ont révélé l'activité larvicide de l'acide usnique et de 2-hydroxy-4- méthoxy-6- propyl-méthyle et de l'extrait de méthanol isolés à partir de *Parmelia usnea* contre le troisième stade de *Aedes aegypti*. L'extrait méthanolique et les autres composés ont révélé 100 et 96% de mortalité larvaire respectivement.

3. Effet bioinsecticide des huiles essentielles de *Myrtus communis*, *C. limonum*, *C.sinensis* et *C. paradisi* à l'égard des pupes et des adultes de *C. capitata*.

3.1. Effet bioinsecticide de l'huile essentielle de *Myrtus communis* à l'égard des pupes et les adultes de *C. capitata*.

Les huiles essentielles que nous avons testées sur les adultes et les pupes de *C. capitata* sont constituées majoritairement de monoterpènes comme l' α pinène, le limonène, myrcène. Ces derniers sont caractérisés par leur activité biocide et répulsive (Ketoh et al, 2002; Aluja et al., 2003; Salvator et al., 2004; Elfekih et Abderrabba, 2008; Papachristos et al., 2009; Kellouche et al., 2010; Ioanou et al, 2012; Hedjal et al, 2013; Taleb Toudert, 2015).

L'huile essentielle de *M. communis* que nous avons testé est constituée majoritairement de monoterpènes. Elle présente 46,7% d' α pinène, 22% de 1,8 cinéol, 14% de Myrtényl acétate et 5,5% de limonène et d'autre composé relativement faibles. Les résultats obtenus, ne concordent pas avec ceux de Djenane et al (2001), car l'analyse chromatographique par la technique GC-MS de l'huile essentielle de *M. communis* qu'ils ont testé révèle qu'elle est composée principalement de 1,8- Cineole représentant 46,98% et de Cis- Geraniol représentant 25,18% accompagnés d'autres composés relativement faibles. Dans ce cas c'est le cinéole qui présente le pourcentage le plus élevé.

Nos résultats ne corroborent pas avec ceux de Touaibia (2014), dont l'analyse chromatographique par GC-MS de l'huile essentielle de *M. communis* récoltée dans la région de Zaccar (wilaya d'Ain Defla) s'est avérée qu'elle est composée principalement de deux

fractions majoritaires : le limonène et l' α - pinène avec des valeurs respectives de 16,22 et 15,93%.

Un autre composé majoritaire est détecté, il s'agit de l'octadiénol (15,04%) suivi par le 1,8- Cinéole (9,12%). En outre, trois sesquiterpènes hydrocarbonés à savoir le bormylène, l' α -caryophyllène et l' α -patcoullène ont été identifiés avec des valeurs respectives de 4,64; 4,14 et 1,38%. De même trois alcools monoterpéniques ont été détectés, à savoir le linalol (7,49%), le bergamiol (3,13%) et l' α terpinol (4,30%).

Berka-Zouagali et *al.* (2012) révèlent que les composés majoritaires de l'huile essentielle de myrte algérienne sont l' α -pinène et le 1,8 Cinéole. Ceci est en accord avec nos résultats car l'huile essentielle de *M. communis* que nous avons testé contient des pourcentages élevés de ces deux composés.

Elfekih et Abderrabba (2008) ont analysé l'extrait de l'huile essentielle de *M. communis* en Tunisie par la technique GC et GC-MS. La composition chimique révèle que la plupart des composés majoritaires sont des monoterpènes (1,8 Cinéole, α -pinène, Linalool, Limonène).

Par ailleurs, les substances naturelles de l'huile essentielle de *M. communis* que nous avons testées sur les adultes de la cératite ont révélé un effet toxique lors du test par inhalation qui serait la conséquence de leur richesse en composés monoterpéniques. Cet effet s'est traduit par des mouvements ralentis et une immobilité instantanée des adultes de la cératite dès leur contact aux vapeurs de l'huile essentielle de *M. Communis* à la dose 30 μ l après 24 heures d'exposition. Selon Enan (2002) les monoterpènes des huiles essentielles agissent comme neurotoxines.

Enan (2000) et Isman (2000) font le lien entre l'application de l'eugénol, de l' α -terpinol et de l'alcool cinamique et le blocage des sites accepteurs de l'ectopamine. Ce dernier est un neuromodulateur spécifique des invertébrés; cette molécule a un effet régulateur sur les battements de cœur, la motricité, la ventilation, le vol et le métabolisme des invertébrés.

Enan (2005) a également déterminé un effet sur la Tyramine, autre neurotransmetteur des insectes. En général, les huiles essentielles sont connues comme neurotoxiques à effet aigu interférant avec les transmetteurs ectopaminergiques des Arthropodes.

Passino et *al.* (1999) ont constaté que les effets de l'ingestion de formulations contenant différentes concentrations des huiles essentielles (0,25%, 0,5%, 1,0%) de *Rosmarinus officinalis* et *Salvia officinalis*, qui sont riches en hydrocarbures monoterpéniques et en acétone monoterpénique, ont une activité insecticide sur les adultes de *C. capitata*.

Lors du test de répulsivité, nous avons constaté que plus la dose en huiles essentielles augmente plus le nombre de mouches allant vers la partie non traitée augmente. Le taux de répulsion augmente, donc, en fonction des doses testées. Ceci est probablement dû à l'augmentation de la concentration en composés répulsifs de l'huile essentielle.

Il ressort des résultats obtenus, que l'huile essentielle de myrte possède des propriétés larvicides et répulsives en même temps. Les propriétés répulsives des huiles essentielles sont souvent associées à la présence de monoterpènes et des sesquiterpènes (Kim et *al.*, 2002). Plusieurs auteurs ont mis en évidence l'effet répulsif des huiles essentielles sur les diptères (Bastien, 2008).

Nous supposons donc que l'efficacité de l'huile essentielle de *M. communis* serait due, en grande partie, à ses composés majoritaires. Malheureusement, nous disposons de peu de moyens pour déterminer quels sont les composés qui interviennent en tant que larvicides et/ou répulsifs, et de savoir s'ils agissent séparément ou par synergie.

Lors du test par inhalation sur les pupes, l'huile essentielle de *M. communis* affecte également le taux d'émergence des adultes de la cécidite. Nous avons, en effet, enregistré des taux d'émergence inférieurs au témoin dans tous les lots traités avec les différentes doses de l'huile.

Les vapeurs de cette huile essentielle traversent à travers la cuticule des pupes, agiraient sur la formation des adultes à l'intérieur de ces dernières et empêchent leur développement physiologique. Les monoterpènes contenus dans les vapeurs d'huile essentielle seraient à l'origine des pupaisons incomplètes des faibles taux d'émergences des adultes de la cécidite.

Selon Traboulsi (2002), l'huile essentielle de feuilles et de fleurs de quelques plantes aromatiques révèlent une activité insecticide à l'égard des larves de 4^{ème} stade de *Culex pipiens molestus*. L'huile essentielle de *M. communis* a été jugée la plus toxique.

Les résultats obtenus, concordent avec ceux de Bastien (2008), qui constate que l'huile essentielle de *Melaleuca alternifolia*, appartenant à la famille des Myrtaceae et appelée

également TeaTree, affecte de manière très significative le taux d'émergence des mouches de *S. calcitrans* par rapport au témoin.

L'huile essentielle d'*Eucalyptus tereticornis* de la même famille de Myrtaceae a montré des effets larvicides, pupicides, et adulticides contre *Anopheles stephensi* (Nathan, 2007) mais également de puissants effets répulsifs anti-moustiques (Traboulsi et al, 2005).

3.2. Effet bioinsecticide des huiles essentielles d'agrumes *C. limonum*, *C. sinensis* et *C. paradisi* à l'égard des adultes de *C. capitata*

Les résultats obtenus ont montré clairement que les trois huiles essentielles d'agrumes *C. limonum*, *C. sinensis* et *C. paradisi* exercent un effet bioinsecticide très hautement significatif lors du test par inhalation vis-à-vis des adultes de la cératite. Avec la dose la plus élevée 17 μ l nous avons enregistré des taux de mortalité qui atteignent 100%. L'huile essentielle de *Citrus limonum*, s'avère la plus efficace des trois huiles testées puisqu'une mortalité totale des adultes a été observée avec 17 μ l en 24 heures.

Les différentes valeurs des DL50 de ces huiles essentielles sont de 5,24 à 7,94 μ l. ces résultats montrent que ces huiles sont actives par fumigation, bien que celle qui s'est montrée plus efficace est l'huile essentielle de *C. limonum* avec la plus faible DL50 de l'ordre de 5,24 μ l. les coefficients de corrélation obtenus sont compris entre 0,9 et 0,99 ce qui indique une forte corrélation de la mortalité et la dose d'huile utilisée.

Les trois huiles essentielles d'agrumes *C. limonum*, *C. sinensis* et *C. paradisi* que nous avons testé sont constituées majoritairement de limonène. L'huile essentielle d'orange douce *C. sinensis* présente le pourcentage le plus élevé qui est de l'ordre de 89,23%. Elle est suivie par l'huile essentielle de pamplemousse *C. paradisi* et de citron *C. limonum* avec des pourcentages respectifs de; 96,49 et 51,39%. Papanastasiou et al (2017) rapportent que le limonène, qui est le constituant majeur des huiles essentielles d'agrumes en plus du linalol et de l'alpha pinène induisent une forte mortalité des adultes de la cératite.

Bien que l'huile essentielle d'orange présente le pourcentage de limonène le plus élevé nous avons eu les meilleurs résultats avec l'huile essentielles de citron. Cela nous laisse supposer que d'autres molécules agissent peut être mieux en synergie avec le limonène présent dans l'huile essentielle de citron *C. limonum*. Salvador et al. (2004) notent, après une série d'expériences menées au laboratoire que l'addition d'une petite quantité de citral, de 5,7 diméthoxycoumarine et de linalol à l'extrait de zeste de citron augmenterait l'effet insecticide de cette huile. Par conséquent, nous pouvons supposer que la toxicité de l'huile essentielle de citron sur les adultes de *C. capitata* serait probablement liée au citral, au 5,7-

diméthoxycoumarine et au linalol. Ou bien le pourcentage de linalol présent dans l'huile essentielle de citron agit mieux avec le limonène. Nos résultats ne concordent pas avec ceux de Papachristos et *al.* (2009) qui rapportent que les deux huiles essentielles d'orange douce et amère donnent de meilleurs résultats sur la mortalité larvaire de *C. capitata* par rapport à l'huile essentielle de citron. Selon Papachristos et *al.* (2009) les deux huiles essentielles d'orange douce et amère contiennent des pourcentages élevés de limonène par rapport à l'huile essentielle de citron.

Nous pouvons supposer aussi que les larves de *C. capitata* seraient moins sensibles au citral contenu dans l'huile essentielle de citron que ces auteurs ont testé.

Selon Ruiz et *al.* (2014) la toxicité des huiles essentielles d'agrumes est le principal mécanisme de résistance offert par les agrumes à l'infestation par la mouche méditerranéenne des fruits. Ruiz et *al.* (2014) ont évalué l'activité insecticide de l'extrait d'éther de l'écorce de citron *C. limonum* et du pamplemousse *C. paradisi* ainsi du limonène et du citral contre les œufs et les larves de *C. capitata*. Les extraits d'éther d'écorce de citron et de pamplemousse ont eu un effet toxique vis-à-vis des œufs et des larves de la cécidomyie et que le citral s'est révélé plus toxique que le limonène.

Les résultats que nous avons obtenus avec les trois huiles essentielles d'agrumes testées et ainsi que les travaux Ruiz et *al.* (2014), Papanastasiou et *al.* (2017) pourraient constituer des preuves de la résistance chimique des agrumes à l'infestation par la cécidomyie et expliqueraient le statut "non hôte" du citron et de certaines variétés d'agrumes tel que la Washington et la Moro qui n'ont pas permis le développement de la cécidomyie lors de l'étude de l'infestation des différentes variétés fruitières par la cécidomyie.

Nous avons remarqué avec les trois huiles d'agrumes testées, qu'au début du traitement, les mouches présentaient des mouvements irréguliers, des battements d'ailes très rapides et dans plusieurs cas elles se mettent sur la face dorsale de leur abdomen avant de mourir.

Passino et *al.* (1999) rapportent que la première conséquence de l'effet des huiles essentielles sur la mouche des fruits *C. capitata* était un effet dépressif sur le système nerveux. Dans le cas de l'ingestion même de petites quantités de l'huile essentielles, la dissection des mouches mortes a montré des différences marquées par rapport aux témoins et l'examen microscopique a révélé des anomalies dans la région intestinale.

4.Effet bionsecticide des extraits aqueux de *R. officinalis* et *L. soechas* à l'égard de *C. capitata*

4.1.Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes

Les résultat du dosage des polyphénols totaux des deux extraits aqueux du romarin et de la lavande révèlent que notre méthode d'extraction, sans lyophilisation ni solvant organique, nous a permis d'obtenir respectivement 44,5 et 55 mg équivalent d'acide gallique / g de matière sèche à partir de ces deux extraits.

Selon Bachiri et *al.* (2016), la teneur en polyphénols diffère selon l'espèce de plante étudiée, le procédé d'extraction et d'une certaine interaction procédé-espèce.

Roby et *al.*, (2013) affirment que les plantes de la famille des Lamiacées (thym, sauge, marjolaine) sont connues pour contenir une gamme de métabolites secondaires tels que les terpenoïdes et les flavonoïdes. La teneur en polyphénols totaux de trois extraits méthanolique de *Tymus vulgaris*, *Salvia officinalis*, *Origanum majorana* est respectivement de 8,1; 5,95 et 5,2 mg equivalent d'acide gallique/ g de matière sèche (Roby et *al.*, 2013).

Bachiri et *al.* (2016) rajoutent que chez la lavande stéchade, l'infusion représente le mode le plus rentable en polyphénols (168,87 mg/g d'extrait) par rapport à la macération et surtout à la décoction.

Le dosage des Flavonoïdes de l'extrait du romarin nous a permis d'obtenir 16,7 mg eq quercitine/ g de matière sèche. Quant à l'extrait de lavande, nous avons obtenu 15,33mg eq quercitine/ g de matière sèche de flavonoïdes.

Selon les résultats obtenus, nous avons constaté que le pourcentage des polyphénols est supérieur à celui des flavonoïdes. Ils concordent avec ceux de Shan et *al.* (2005) et Wojdylo et *al.* (2007) qui ont constaté que 23 des 32 plantes aromatiques étudiées étaient plus riche en composés phénoliques qu' en flavonoïdes.

4.2. Effet de l'extrait de *R. officinalis* sur les larves et les pupes de *C. capitata*

Les résultats du test par contact sur les larves montrent que l'extrait aqueux du romarin exerce un effet larvicide très hautement significatif en fonction des doses testées et du temps d'exposition.

Le taux de mortalité larvaire observé sur les larves de *C. capitata* augmente en augmentant les concentrations de l'extrait du romarin et le temps d'exposition. Avec 20µl, nous avons enregistré 20% de mortalité larvaire après 24 heures d'exposition. Avec 40µl, nous avons obtenu 83,33% de mortalité larvaire après 24 heures. Cette dernière, augmente jusqu'à 93,33% après 96 heures contre un témoin qui ne présente que 10% de mortalité larvaire.

Ces résultats obtenus concordent avec ceux d'Aouati (2016) qui a constaté que l'extrait aqueux de *R. officinalis* montre un effet insecticide à l'égard des larves du quatrième stade de *Culex pipiens* (Diptera; Culicidae). En effet, après 24 heures de contact avec l'extrait, la mortalité atteint 10% pour la dose 900 mg/l contre 1% pour la dose 200 mg/l. Après 48 heures d'exposition la dose de 900 mg/l donne un peu plus de 14% de mortalité. Enfin une mortalité égale à 37% a été enregistrée après 72 heures d'exposition à une dose de 900 mg/l.

Les résultats obtenus, rejoignent aussi ceux de Regnault Roger et al. (2004) qui ont testé l'effet insecticide des composés phénoliques de cinq plantes aromatiques méditerranéennes de la famille des Lamiacées contre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). Les résultats de l'analyse chromatographique indiquent que les polyphénols sont principalement des acides cinnamiques et des flavones. Les plus abondants étant l'acide rosmarinique, le luteolin-7- glucoside.

Le test par contact direct sur les larves du troisième stade avec l'extrait du romarin a entraîné une mortalité presque totale. Les résultats obtenus montrent qu'après le traitement par l'extrait aqueux, les larves sont complètement vidées de leurs organes intérieurs, elles se sont aplaties et se sont durcies. Les larves montraient des paralysies importantes et des malformations.

Cela prouve la fragilité du tégument des larves, qui n'ont pas pu résister à l'extrait végétal. L'effet larvicide de l'extrait de *R. officinalis* a donc été mis en évidence.

Nos résultats montrent également que l'extrait du romarin réduit de manière très hautement significative la transformation de larves en pupes en fonction des doses testées. Plus les concentrations augmentent, plus la pupaison est incomplète voire impossible. Avec 20µl, nous avons enregistré un taux moyen de 54,99% de larves transformées en pupes. Ce dernier diminue jusqu'à 6,66% à la dose 40µl contre un témoin qui présente 90% de larves transformées en pupes. Ceci se répercute aussi sur le taux d'émergence des adultes car les résultats montrent que le taux d'émergence diminue de manière très hautement significative en fonction des doses et du temps d'exposition par rapport au témoin.

A la dose 30µl, le taux d'émergence diminue à 9,16% par rapport au témoin qui présente un taux de 75,81%. Par contre, la dose 40 µl s'avère létale car nous n'avons observé aucune émergence d'adulte. L'extrait de *R. officinalis* exerce, donc, un effet larvicide, pupicide et adulticide contre la mouche méditerranéenne des fruits *C. capitata*.

Les résultats du test par inhalation sur les pupes montrent une autre fois que l'extrait du romarin affecte également le taux d'émergence des adultes issues de pupes saines exposées aux différentes concentrations testées. A la dose 20µl, nous avons 28,88% d'émergence. Ce taux diminue jusqu'à 17,77% contre un témoin qui présente 90%. Par contre, à la dose 40 µl, nous n'avons observé aucune émergence des adultes. Cette dose est donc létale que ce soit pour les pupes saines ou les pupes issues de larves déjà traitées par contact avec l'extrait.

Ces résultats affirment que l'extrait du romarin exerce un effet larvicide, pupicide, et adulticide très hautement significatifs en augmentant les concentrations de l'extrait. Nous avons observé dans certain cas, que même si les adultes émergent, ils meurent juste quelques minutes après leur émergence et dans d'autre cas l'émergence est incomplète ; l'adulte fait sortir une partie de la tête et ou du thorax et s'arrête puis meurt. Il exuvie difficilement jusqu'à épuisement puis survient sa mort.

Selon Regnault-Roger et *al.* (2004), parmi les flavonoïdes, la quercitrine diminue considérablement la mobilité, dès le premier jour de l'essai des adultes de *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera : Bruchidae). Au bout du huitième, jour, tous les composés phénoliques ont provoqué une mortalité significative de ce coléoptère. L'acide rosmarinique et la luteoline-7- glucoside étaient les composés les plus actifs. Un effet attractif a renforcé la toxicité.

L'activité insecticide de l'extrait du romarin vis-à-vis des larves de la cératite serait due aux polyphénols contenus dans l'extrait. Selon Pereira et *al.* (2002), les composés phénoliques produisent des types d'oxygène réactif (Reactive Oxygen Species) dans le processus digestif, qui peut affecter les cellules de l'appareil digestif et précipiter les protéines et les enzymes digestives ce qui diminue et affecte l'absorption des nutriments.

Les polyphénols, notamment les flavonoïdes et les tannins, sont reconnus par leur toxicité vis-à-vis des microorganismes (Cowan, 1999).

Selon Treutter (2005), les flavonoïdes peuvent aussi avoir un effet négatif comme substance antiappétante, comme réducteur de la digestion et comme toxines.

Les flavonoïdes tel que la déguéline et la téphrosine (rotenoïds) apparaissent comme de bons larvicides contre *Aedes aegypti* (Yenesew et *al.*, 2009) et contre *Culex quinquefasciatus* (Yenesew et *al.*, 2005).

D'autres classes de flavonoïdes comprennent des molécules insecticides. Ainsi, des isoflavonoïdes: l'osagine (composé prenylé), la sphaéroiosode (composé glycosylé), la génistéine et des 3- arylcoumarines (scandénine et scandénine A) possèdent des propriétés anti appétantes sur *Achaea janata* Linn (Lepidoptera : Noctuidae) (Sreelatha et *al.*, 2009).

Enfin, certains dérivés des isoflavonoïdes tels que les ptérocarpanes (néoduline, 4-méthoxynéoduline) possèdent des propriétés insecticides contre *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) et les termites : *Reticulitermes speratus* (Jimenez-Gonzalez et al., 2008).

4.3. Effet de l'extrait de *L. stoechas* à l'égard des larves et des pupes de *C. capitata*

Les résultats obtenus montrent nettement que l'extrait de *L. stoechas*, agit de façon très hautement significative, en fonction des doses, sur la mortalité larvaire. Avec la dose 20µl, nous constatons une augmentation du taux de mortalité larvaire par rapport au témoin (74,1% contre 33,3%). Ce taux augmente en élevant les concentrations de l'extrait car à 30 µl, nous avons enregistré un taux de mortalité de 87,4% et à 40µl, il atteint 96,6%.

Nos résultats concordent avec ceux de Aouati (2016) qui a mis en évidence l'effet insecticide de l'extrait aqueux de *L. officinalis* à l'égard des larves du quatrième stade de *Culex pipiens*. Une mortalité de 26% des larves L4 a été observée après 72 heures au contact de l'insecticide (extrait de lavande) à la dose 900 mg/l.

Le même auteur a testé l'effet insecticide d'une dizaine de plantes aromatiques à l'égard des larves L4 de *C. pipiens*. Il s'agit de *Artemisia herba alba*, *Marrimum vulgare*, *Laurus nobilis*, *Eucalyptus globulus*, *Menta spicata*, *Rosmarinus officinalis*, *Ruta montana*, *Tymus vulgaris*, *Lavandula officinalis* et *Origanum compactum*.

Traboulsi et al.,(2002) révèlent que l'huile essentielle de *L. stoechas* exerce un effet insecticide à l'égard du quatrième stade larvaire de *C. pipiens*.

Les résultats que nous avons obtenus, concordent avec ceux de Bounechada et Arab (2011) qui ont testé l'effet insecticide de la poudre du fruit d'une plante à savoir *Peganum harmala*. Ils ont obtenu la mort de la totalité des larves (100%) de l'insecte ravageur des denrées stockées : *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) au bout de 24 heures seulement, avec la plus grande dose testée (30%).

Lors du test par contact direct des larves du troisième stade avec l'extrait de la lavande, nous avons remarqué la mort de toutes les larves. Nous avons observé, après 48 heures de traitement, que l'extrait aqueux a complètement vidé les larves de leurs organes intérieurs, elles se sont aplaties et se sont durcies.

Ces résultats concordent avec ceux de Sey et al., (2006) qui stipulent, dans leurs études toxicologiques portant sur l'effet de la poudre de neem testée à l'égard des stades pré-imaginaux de *C. quinquefasciatus*, que les substances actives contenues dans l'extrait sont libérées lentement induisant une mortalité progressive. Les travaux de Kemassi (2015), décrivent l'évaluation des extraits aqueux d'*Euphorbia guyoniana* sur la mortalité des larves

de *C. pipiens* et indiquent, qu'à forte concentration l'extrait engendre un pourcentage de mortalité larvaire de 100%.

Les résultats que nous avons obtenus montrent que l'extrait de *L. stoechas*, exerce, aussi, un effet très hautement significatif sur le nombre de larves transformées en pupes. Nous avons enregistré 91,6% de larves transformées en pupes pour le témoin. Quant aux lots traités avec les différentes doses de l'extrait de *L. stoechas*, le taux de pupes obtenu diminue en augmentant les concentrations de l'extrait car à 20 µl, nous avons enregistré un taux de 13,3% de larves transformées en pupes. Ce taux a atteint 9,15% à la dose 30µl. En outre, ces pupes présentent des malformations. Par contre, à la dose 40µl aucune puce n'est obtenue.

Pour le taux d'émergence des adultes de *C. capitata*, nous avons constaté qu'il diminue de façon très hautement significative en fonction des doses testées. À la dose 20µl, nous avons observé une diminution du taux d'émergence jusqu'à 6,66% contre 61% pour le témoin. Aux doses 30 et 40 µl, nous n'avons eu aucune émergence.

Nous supposons que l'activité insecticide de l'extrait de *L. stoechas* est due aux composés triterpénoïdes qui selon Carpinella et al. (2003), provoquent la mort et les malformations chez les futures générations des insectes phytophages. De même, les polyphénols contenus dans l'extrait de lavande, ont un rôle non négligeable. En effet, David et al. (2000) décrivent la litière de l'aulne comme étant riche en polyphénols et lui attribuent des propriétés toxiques létales vis-à-vis des larves des moustiques *C. pipiens*, *Aedes aegypti* et *Anopheles albopictus*.

Les résultats que nous avons obtenus sur le taux d'émergence des adultes de *C. capitata*, issues des pupes saines lors du test par inhalation, montrent que l'extrait de lavande exerce un effet très hautement significatif en fonction des doses testées et du temps d'exposition. A la dose 20 µl, nous avons eu 83,33% d'émergence des adultes de *C. capitata* après 11 jours. Ce taux diminue jusqu'à 43,33% à la dose 40 µl, contre un témoin qui a présenté 96,66% d'émergence.

Chu et Kemper (2001) ont mis en évidence un effet insecticide de 2 espèces de lavande sur *Drosophila auroria*. Les travaux de Burfield et Reekie (2005) ont révélé l'activité insecticide de nombreuses huiles essentielles contre le vecteur du paludisme et font de nombreuses observations sur la lavande. *Lavandula lanata* a été utilisée de tous les temps comme produit répulsif contre les insectes.

Regnault-Roger et al. (2004) ont mis en évidence l'effet toxique et insecticide des polyphénols des plantes aromatiques de la famille des Lamiacées (thym, sauge et romarin) sur le comportement et la survie de *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera : Bruchidae).

Les polyphénols testés étaient toxiques à des degrés différents. Les acides caféiques et feruliques, la vaniline et le luteolin-7- glucoside ont induit un effet toxique dès le premier jour alors que l'acide Gallique s'est montré toxique le deuxième jour. La quercétine a considérablement diminué la mobilité naturelle dès le premier jour quant à l'effet de la narginine, le syringaldehyde, l'acide canillique et l'acide gallique, il s'est manifesté après le quatrième jour (Regnault-Roger et al., 2004).

Il a été prouvé que l'extrait méthanolique de *L. stoechas* possède des teneurs élevées en polyphénols et flavonoïdes (Messoud et al., 2012). L'évaluation de l'activité biologique de l'huile essentielle et de l'extrait éthanolique de la lavande a montré que l'extrait éthanolique possède un fort pouvoir antioxydant et insecticide par rapport à celui des huiles essentielles (Meunaceur, 2015).

Selon Bruneton (1999), Lis-bulchi et Hart (1999), Baroceli et al. (2004) et Pelmont (2008), les flavonoïdes jouent un rôle dans la défense chimique contre les prédateurs, ce qui pourra expliquer la toxicité de l'extrait de *L. stoechas* vis-à-vis des larves et des pupes de la cératite. Selon Diouf et al. (2014), les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins ont des propriétés insecticides.

Les résultats que nous avons obtenus sont en parfait accord avec la conclusion avancée par Aouati (2016) sur la composition chimique des deux extraits aqueux d'*Artemisia herba alba* (Lamiaceae) et *Marrubium vulgare*. Selon ses résultats le premier extrait s'avère plus toxique que le deuxième à l'égard des larves L4 de *C. pipiens* et d'après Boudjlal (2013), l'extrait d'*Artemisia herba alba* est plus riche en composés phénoliques ($25 \pm 0,69$ mg EAG/ml E) que celui de *Marrubium vulgare* ($18,21 \pm 0,2$ mg EAG/ml E).

Ces résultats expliquent, d'une certaine manière, la toxicité élevée que nous avons constatée à de fortes concentrations des deux extraits du romarin et de la lavande à l'égard des larves L3 de la cératite.

A 40 µl de l'extrait aqueux du romarin, les résultats ont montré 93,33% de mortalité larvaire et avec la même dose de l'extrait de la lavande nous avons obtenu 96,66% de mortalité larvaire. Nous rappelons que ces deux extraits sont riches en polyphénols (44,5 mg EAG/g de matière sèche pour le romarin et 55 mg EAG/g de matière sèche pour la lavande).

5. Effet bioinsecticide de la suspension conidienne de *P. roqueforti* à l'égard de *C. capitata*

Les résultats obtenus concernant l'effet du pH sur la croissance mycélienne, montrent que *P. roqueforti* tolère bien les variations de pH. La production de mycélium est bonne entre pH 5 et pH 8. Ces résultats concordent avec ceux de Jaquet et *al.* (1955), qui ont prouvé que ce champignon se développe dans une gamme de pH comprise entre 3 et 10,5 et la production de mycélium étant bonne entre un pH compris entre 4,5 et 7,5. De même, nos résultats s'accordent avec ceux de Tabuc (2007) qui constate que le pH optimal pour la croissance mycélienne des micromycètes, est compris entre 5 et 6. Selon Moreau (1980), le comportement physiologique de *P. roqueforti* est sensiblement différent. Le pH favorable à sa croissance est voisin de 4, mais l'espèce tolère de grandes variations de pH allant de 3 à 10,5 sur milieu synthétique.

Concernant l'effet de la température sur la croissance mycélienne, les résultats obtenus montrent que la croissance de *P. roqueforti* est meilleure entre 20 et 28°C. Elle est optimale à 20°C. Ces résultats corroborent avec ceux de Choisy et *al.* (1984) qui ont déduit que la température optimale de développement de *P. roqueforti* est comprise entre 20 et 25°C. Ils ont constaté, aussi, que ce champignon pousse à 5°C mais non au-delà de 37 à 40°C. Selon Tabuc (2007), en dehors de l'intervalle de température compris entre 20 et 25°C, les hyphes se développent lentement.

De même, nos résultats ont montré que *P. roqueforti* croit sur les deux milieux de culture PDA et RC. Ces résultats sont similaires à ceux de Moreau (1980) qui rapporte que ce champignon est capable de se développer sur une large gamme de milieux de culture.

Quant à la sporulation, nous avons constaté que *P. roqueforti* sporule mieux sur le milieu PDA que sur le milieu RC. La composition chimique du milieu détermine la quantité de spores produites par le champignon. Le milieu PDA a été utilisé par plusieurs auteurs comme milieu nutritif induisant une meilleure production de spores et un bon développement mycélien (George, 1964 ; Gangopadhyay et Chakrabarti, 1982 ; Olufolaji, 1985 ; Awuah, 1989 ; Susuri et Hagedorn, 1996).

Selon Moreau (1980), Sabaou et *al.* (1981), Nagao et Hattori (1983) et Cerning et *al.*, (1987) en culture *in vitro* et en cas de stress et de mauvaises conditions de culture, le champignon sporule abondamment.

Concernant la mortalité larvaire, les résultats obtenus montrent une diminution de la mortalité larvaire par rapport au témoin. Nous avons enregistré un taux de mortalité des larves de 21,25% à la dose 5×10^6 spores /ml contre 5% pour le témoin après 24 heures de traitement.

De même, nous avons constaté une diminution du nombre de pupes issues de larves traitées par la suspension conidienne de *P. roqueforti* après 48 heures. Ainsi, nous avons obtenu 77,5% de larves transformées en pupes à la dose 4×10^6 spores/ml contre 95% de pupes dans le témoin. Aussi, nous avons constaté une augmentation du nombre de pupes mal formées en augmentant les doses utilisées. Nous avons enregistré, en effet, 71,25% de pupes mal formées à la dose 5×10^6 spores/ml alors que le témoin n'a présenté que des pupes saines. Les spores de *P. roqueforti* exerceraient donc un effet insecticide sur les larves et les pupes de *C. capitata*.

Les résultats que nous avons obtenus, s'accordent avec ceux de Boudjlida et Soltani (2011) qui ont mis en évidence l'activité larvicide du champignon entomopathogène *M. anisopliae* (Metsch) sur le quatrième stade larvaire de *C. capitata*. Le pourcentage de mortalité des larves après 7 jours d'inoculation était de 26,13% pour la plus faible dose ($6,5.10^5$ spores/ml) et a augmenté jusqu'à 89,05% pour la dose la plus élevée (52.10^5 spores/ml).

Selon Gallo et al. (2002), les larves du troisième stade quittent le fruit pour se nymphoser dans le sol. A ce stade, elles deviennent vulnérables à l'action des champignons entomopathogènes (Gutierrez et al., 2000 ; Bissoli, 2004).

Nos résultats rejoignent aussi ceux de Bissoli (2004) qui a constaté que *M. anisopliae* a causé la mortalité de 66,5% de larves de *C. capitata*. Par contre, ils ne concordent pas avec ceux de Dinalva et al. (2006), qui ont rapporté que les conidies de *M. anisopliae* n'affectent pas la survie larvaire. Il n'y a pas de différence de survie des larves dans le sol avec ou sans champignon.

Des études ont montré que la toxicité du champignon *M. anisopliae* (Metsch), utilisé dans la lutte contre le quatrième stade larvaire et les adultes de *C. capitata*, est dû à l'action sélective des enzymes secrétées par le champignon lui-même qui agissent sur les composés de la cuticule de l'insecte (Butt et al., 1994, Ekesi et al., 2003 ; Yee et Lacey, 2005).

Nguyen et al. (2008) ont signalé une forte mortalité larvaire du cinquième stade du lépidoptère *Helicoverpa armigera* (Noctuidae), traité par des suspensions conidiennes de trois mycètes entomopathogènes *M. anisopliae*, *B. bassiana* et *Paecilomyces fumosoroseus*.

Les résultats obtenus, confirment ceux de Riba et *al.* (1984) qui ont révélé que les souches de *M. anisopliae* et *Penicilium citrinum* se sont avérées pathogènes à l'égard des larves des moustiques *Culex pipiens*, *Aedes aegypti* et *Anopheles stephensi*. Elles manifestent leur effet insecticide soit par l'intermédiaire de toxines, soit en colonisant l'hémocoèle.

Ces mêmes auteurs soulignent que les souches de *Penicilium citrinum* tuent les larves de moustiques sans se multiplier dans l'hôte, probablement grâce à un processus toxémique. Par contre, Roberts (1967) a montré que *M. anisopliae* attaque les larves par le siphon respiratoire. C'est pourquoi ce germe tue davantage de moustiques lorsqu'il est appliqué à la surface de l'eau. Cependant, si les larves sont mises dans des suspensions conidiennes de fortes concentration, le champignon peut tuer celles-ci avant toute colonisation fongique intrahémocoelienne.

Des études au laboratoire ont montré que *M. anisopliae* est pathogène pour les œufs de *C. capitata* (Castilho, 2000), les larves (Gutierrez et *al.*, 2000) et les adultes (Garcia et *al.*, 1984, 1985 ; Dimbi et *al.*, 2003).

Nous avons constaté une diminution du taux d'émergence des adultes de *C. capitata* issus des larves traitées seules (sans sol) avec les conidies de *P. roqueforti*, l'émergence s'annule à la dose plus élevée (5×10^6 spores/ml) contre un témoin qui a présenté un taux d'émergence de 80%. De même, lorsque les larves sont placées dans un sol contaminé par la suspension conidienne, nous avons constaté que le taux d'émergence diminue à partir de la deuxième doses jusqu'à 12,5% contre un témoin qui a présenté un taux d'émergence de 80%.

Les résultats obtenus sont similaires à ceux de Dinalva et *al.* (2006) qui ont révélé un taux d'émergence de 44,2% à partir des larves de cératite traitées avec *M. anisopliae* contre un témoin qui a donné 87% d'adultes. Lors du traitement des pupes de la cératite avec le même champignon, ils ont obtenu seulement 22,3% d'adultes émergés des pupes traitées contre 89,5% pour le témoin.

Nos résultats concordent aussi avec ceux d'Ekesi et *al.* (2003) qui ont constaté une diminution du taux d'émergence des adultes de la cératite par rapport au témoin, après l'inoculation des spores de *M. anisopliae* dans le sol.

La diminution du taux d'émergence des adultes issus de larves traitées avec *P. roqueforti* pourrait être due à l'effet du champignon sur les larves avant l'entrée en pupaison.

En effet, selon Ferron et *al.* (1975), les larves ont été probablement contaminées par les spores et à la nymphose, ces dernières avaient déjà germé et ont commencé le processus infectieux qui a conduit à la mort de la nymphe.

Boudjlida et Soltani (2011) ont rapporté que le mécanisme enzymatique et les différentes toxines sécrétées par le champignon entomopathogène dégradent les cuticules protéiques des pupes de la cératite. Ainsi, il affecte, indirectement, le taux d'émergence des mouches dans les deux cas (avec ou sans sol).

Quintela et *al.* (1994) ont constaté que le traitement des sols avec des conidies de *B. bassiana* et *M. anisopliae* contrôle 30 à 50% des larves de *Chalcodermus bimaculatus* (Coleoptera : Curculionidae). Les conidies présentent un effet important sur l'émergence des adultes en comparaison avec leur effet sur les larves. Selon Mochi et *al.* (2006), les toxiques synthétisés par *M. anisopliae* interfèrent surtout avec l'émergence des adultes plutôt que sur la mortalité larvaire.

Selon Castilho (2000), ces résultats peuvent être influencés par les conditions environnementales telles que l'humidité et la température qui agissent sur la germination des spores. L'influence des conditions climatiques sur des mycoses d'insectes a été évoquée à maintes fois (Macleod et *al.*, 1966 ; Moore, 1973 ; Riba et *al.*, 1984 ; Mochi et *al.*, 2006 ; Hasan, 2014).

Ainsi, Ferron et *al.* (1975) et Riba et *al.* (1984) signalent que l'humidité relative est également souvent évoquée comme un facteur déterminant dans le succès de l'infection. Ils ont admis, en général, que les spores des champignons pathogènes ne peuvent germer qu'en présence d'un film d'eau ou d'une atmosphère saturée en eau.

Lors de nos tests, nous avons constaté qu'après la mort des pupes de la cératite, *P. roqueforti* poursuit son développement en saprophyte en colonisant les différents tissus. Après envahissement complet de la pupe morte, le développement ultérieur de *P. roqueforti* est conditionné par l'humidité ambiante. C'est pourquoi, nous avons mis les pupes non émergées dans des boîtes de Pétri qui contiennent un papier filtre humide afin d'avoir une humidité élevée. Le mycélium après avoir, à nouveau, traversé le tégument, mais cette fois de l'intérieur vers l'extérieur, croît en surface pour former des conidiophores.

Selon Prasertphon et Tanada (1968), l'agent entomopathogène pourrait se conserver sous forme de chlamydospores. Etant donné que le champignon se multiplie sur ou à l'intérieur de la pupe morte, nous pouvons considérer que chaque pupe tuée par la mycose est un foyer potentiel d'infection susceptible de maintenir l'inoculum pathogène d'une génération à la suivante ou d'une année à l'autre. Selon Ferron (1977), il est possible d'infecter une population de ravageurs par dispersion artificielle d'un inoculum multiplié au laboratoire indépendamment des valeurs de l'humidité relative de l'atmosphère.

Conclusion générale

Les travaux de recherche entrepris dans le cadre de cette thèse, constituent une contribution à la connaissance de certains paramètres biologiques et écologiques de la mouche méditerranéenne des fruits ; *C. capitata*, un ravageur qui préoccupe les producteurs et exportateurs des fruits d'importance économique. Les objectifs visés consistent, d'une part, en la recherche de moyens de lutte culturale qui permettraient de réduire les populations de ce ravageur et ce en déterminant les variétés fruitières résistantes à l'infestation. D'autre part, l'élaboration, dans le cadre de la lutte biologique, des moyens de lutte à base d'extraits de diverses plantes locale et de la suspension conidienne du champignon *P. roqueforti*.

L'étude climatique de la région de Tizi-Ouzou a fait ressortir que les caractéristiques climatiques de cette région offrent des conditions optimales au développement de la cératite. L'estimation de l'infestation des fruits, en fonction du nombre de piqûres/fruit, révèle que parmi les variétés fruitières étudiées, l'orange Thomson est la plus piquée. Elle est suivie par deux autres variétés d'orange qui sont la Wachington et la Valentia late. Nous pouvons conclure que la cératite semble être attirée par les fruits volumineux et de couleur vive.

Cependant, les fruits les plus piqués ne donnent pas forcément un nombre de pupes élevé. C'est le cas des variétés Thomson et Valentia late ainsi que la Clémentine qui ont donné peu de pupes.

Les variétés d'orange Wachington et Moro et la variété de citron quatre saison Eureka se sont montrées résistantes à l'infestation. Cependant, la pêche et la figue sont les fruits plus appréciés par la cératite. Cette dernière préférerait, donc, les fruits charnus à goût sucré et à peau mince.

Par ailleurs, il ressort de nos résultats, que la variété fruitière agit sur les paramètres biologiques de la cératite notamment, la durée de pupaison, le taux d'émergence et la longévité. La durée de pupaison et le sex ratio semblent dépendre aussi de la température car la durée de pupaison des fruits d'été est plus courte que celle des fruits d'hiver et le sex ratio est en faveur des femelles à la plus haute température. Quant à la longévité, les résultats obtenus ont montré que les mouches femelles vivent plus longtemps que les mâles sur toutes les variétés.

Pour réaliser les essais de lutte biologique contre la cératite au laboratoire, nous avons élaboré des extraits à partir de différentes plantes locales. De même, nous avons préparé des suspensions d'un champignon cosmopolite, utilisé dans l'industrie fromagère, dont la culture est facilement réalisable sur milieu gélosé PDA.

Les larves et les adultes de *C. capitata*, révèlent une sensibilité variable, lors des tests par inhalation ou par contact. Ces sensibilités se traduisent par des taux de mortalité élevés aussi bien des larves que des adultes, des taux d'émergences faibles et des pupaisons incomplètes au fur et à mesure qu'on augmente la concentration et le temps d'exposition.

Cependant, aux doses les plus élevées, nous avons enregistré des taux de mortalité qui atteignent parfois les 100% en des temps réduits. Les taux de mortalité sont, toutefois, corrélés aux doses. Plus ces dernières augmentent, plus les pourcentages de mortalité des larves et/ou adultes sont élevés.

Concernant les deux extraits de lichens testés, l'extrait de *R. farinacea* se révèle plus efficace que celui de l'extrait de *P. Acetabulum* à l'égard des adultes de la cératite. A la plus forte dose (20µl) de l'extrait de *R. farinacea*, nous avons obtenu une mortalité totale des adultes de la cératite après 48 heures d'exposition. Pour cette même dose, il a fallu 96 heures d'exposition des adultes de la cératite à l'extrait de *P. acetabulum* pour obtenir une mortalité totale. La DL50 de l'extrait de *R. farinacea* est estimée à 8,69µl. Celle de l'extrait de *P. acetabulum*, elle est pratiquement doublée ; elle est de 18,82 µl.

S'agissant des huiles essentielles testées, celle de *M. communis* a montré un effet insecticide à l'égard des adultes et des pupes de la cératite. La dose 30µl de cette huile essentielle est considérée létale; elle provoque la mortalité totale des adultes en moins de 24 heures. Le taux d'émergence à partir des pupes exposées à la même huile essentielle est nettement inférieur à celui du témoin.

Pour le test de répulsivité, le classement de Mc Donald montre que l'huile essentielle de *M. communis* est moyennement répulsive, avec un taux de répulsivité de 51,67%.

Quant aux huiles essentielles des agrumes, celle de *C. limonum* semble la plus efficace car à la dose la plus élevée (17µl), nous avons obtenu une mortalité totale des adultes de la cératite après 24 heures de traitement. A cette même dose d'huile essentielle d'orange douce *C. sinensis*, nous avons obtenu une mortalité totale des adultes de la cératite après 84 heures de traitement. Enfin la dose 17µl d'huile essentielle de *C. limonum* nous a permis d'obtenir 100% d'adultes morts après 96 heures de traitement

Concernant les extraits aqueux de *R. officinalis* et *L. stoechas*, la dose la plus élevée, de 40µl est considérée comme létale pour les larves de la cératite. Nous avons, en effet, enregistré des taux de mortalité respectifs de 93,3 et 96,6%. A la même dose des deux Lamiacées, la pupaison et le taux d'émergence sont affectés. Seules 6,66% de larves se sont

transformées en pupes avec l'extrait de *R. officinalis*. Par contre, il n'y a pas eu formation de pupes avec la même dose de l'extrait de *L. stoechas*. De même, dans les deux cas, il n'y a pas eu émergence des mouches.

Lors du test par inhalation sur des pupes saines non traitées auparavant, l'extrait de *R. officinalis* s'est révélé plus efficace que l'extrait de *L. stoechas*. En effet avec 40 µl de l'extrait de *R. officinalis*, nous n'avons eu aucune émergence des adultes à partir de ces pupes contrairement à l'extrait de *L. stoechas* qui n'a fait que diminuer l'émergence à 43,44% par rapport à un témoin qui présente 96,99% d'émergence.

Parmi les extraits végétaux (extrait de *R. farinacea*, *P. acetabulum*) et les huiles essentielles (*M. communis*, *C. limonum*, *C. sinensis* et *C. paradisi*) testés par inhalation sur les adultes de la cératite, l'huile essentielle du citron *C. limonum* arrive en première position, quant à son effet sur la cératite. En effet avec la dose 17 µl de cette huile, nous avons obtenu 100% de mortalité des adultes en 24 heures. Elle est suivie par les deux huiles essentielles de *C. sinensis* et *C. paradisi* qui nous ont permis d'obtenir, à la même dose, une mortalité totale des adultes après 48 heures pour l'huile d'orange douce et 96 heures pour l'huile de pamplemousse. Avec l'huile essentielle de *M. communis*, c'est la dose 30 µl qui nous a donné une mortalité totale des adultes de la cératite en 24 heures.

L'extrait du lichen de *R. farinacea* s'est avéré plus efficace que l'extrait de *P. acetabulum* car à la plus faible dose 20 µl, nous avons obtenu 100% d'adultes morts après 48 heures alors qu'avec l'extrait de *P. acetabulum* il a fallu 96 heures d'exposition pour avoir le même effet avec la même dose.

L'extrait aqueux des deux Lamiacées a exercé une action létale vis-à-vis des pupes issues de larves traitées à la dose 40 µl, car il n'y a pas eu émergence des mouches. Cependant, lors du test par inhalation sur les pupes saines, l'huile essentielle de *M. communis* s'est révélée plus efficace. En effet, nous avons eu le taux d'émergence le plus faible de l'ordre de 13,3% à la dose 20 µl. A cette même dose de l'extrait de *R. officinalis* et de l'extrait de *L. stoechas*, nous avons eu des taux d'émergence respectifs de 28 et 83,33%.

Par ailleurs, le champignon *P. roqueforti* affecte de manière significative la survie des larves du troisième stade de *C. capitata*. A la concentration la plus élevée (5×10^6 spores/ml), nous avons eu le pourcentage de mortalité larvaire le plus élevé par rapport au témoin. De plus, à cette même concentration, nous avons eu le taux de larves transformées en pupes le plus

faible, le taux de pupes malformés le plus élevé ainsi que la diminution voir même l'absence d'émergence des adultes de la cératite issus des larves traitées avec la suspension conidienne.

Ce champignon, longuement utilisé en agroalimentaire, notamment dans la fromagerie, se révèle un entomopathogène intéressant dans la lutte biologique contre *C. capitata*.

La diversité d'action des extraits de plantes que nous avons utilisée pourrait être due à leurs composés chimiques ou aux molécules bioactives de ces plantes. De l'acide usnique chez les lichens aux différents polyphénols des Lamiacées et aux terpènes des huiles essentielles. Ces molécules peuvent exercer une action singulière de l'un de leurs composants ou un effet synergique entre plusieurs composés à l'égard des larves, des pupes et des adultes de la cératite qui y sont exposés.

Il serait intéressant, à l'avenir, d'isoler les composants actifs de ces plantes afin de mieux valoriser les espèces végétales de notre région (la Kabylie), d'une part et de déterminer le mécanisme d'action de ces composés sur les larves, les pupes et les adultes de la cératite d'autre part.

- Il serait intéressant aussi de tester l'effet des extraits de lichens, des huiles essentielles du myrte, du citron, de l'orange douce et de pamplemousse sur d'autres stades de développement de la cératite notamment les larves L3 et les pupes et de tester l'effet des deux extraits aqueux du romarin et de la lavande sur les adultes de la cératite.
- Nous suggérons de tester l'effet bioinsecticide de l'extrait aqueux du myrte sur les adultes, les larves et les pupes de la cératite afin de le comparer à celui de l'huile essentielle et déduire l'approche la plus efficace et la plus rentable.
- Nous proposons, aussi, de déterminer par quel processus s'effectue l'action parasitaire de *P. roqueforti* et quels sont les mécanismes enzymatiques impliqués. Isoler les champignons qui existent localement dans le sol et étudier leurs effets sur les pupes de la cératite.
- Il serait judicieux également d'améliorer sur le plan génétique la persistance et la viabilité des conidies de *P. roqueforti*.
- Pour réaliser la lutte contre la cératite par ce champignon, il faut le caractériser du point de vue génétique afin de réaliser un suivi environnemental.
- Il serait intéressant de réaliser des tests dans les vergers, d'optimiser les modes d'application des bioinsecticides que nous avons testés au laboratoire et de préciser les concentrations qu'il faut appliquer et d'établir les temps optimaux ainsi que les fréquences d'application.
- Il faudrait penser aussi à évaluer les coûts de la stratégie sélectionnée afin de permettre la validation de la rentabilité de l'approche.

Références bibliographiques

Abderrahmani B., Abbou M., Dobbi A. et Hassini N., 2006. Evenement climatique : caractérisation de la sécheresse dans la région d'Oran, Actes du XIX Colloque de l'AIC, Epernay, pp 37-45.

Aboussaid H., El Messoussi S. et Oufdou K., 2009. Activité insecticide d'une souche marocaine de *Bacillus thuringiensis* sur la mouche méditerranéenne : *Ceratitis capitata* Wied, 1824 (Diptera : Tephritidae). Afrique Science 05(1).Maroc: 160-172.

Ahmad Pervez, O., 2007. Ecology and biological control application of multicoloured Asian ladybird, *Harmonia axyridis*: A review. Biocontrol science and technology vol. 16, (2): 111-128.

Ait Hamou M., 2015. Analyses taxonomique et écologique des lichens de la région de Tiaret. Thèse de Doctorat en Biologie. Univ. Ahmed Ben Bella. Oran. 326 p.

Albajes R.Y., et Santiago Al Varez C., 1980 a. Influencia de la temperatura en el desarrollo de *Ceratitis capitata* (Diptera, Trypetidae) AN. INIA/Ser Agric. (13): 184-19.

Albajes R.Y.& Santiago Alvarez C., 1980b: Efectos de la densidad larvaria y de la alimentacion en la proporcion de sexos de *Ceratitis capitata* (Diptera, Trypetidae). AN. INIA/Ser. Agric. / N° 13, pp: 175 – 182.

Aluja M., Perez-Staples D., Macias-Ordonez R., Pineiro J., Mc Phron B., Hernandez -

Ali ahmed Sadoudi D, Rezoug N, Saiki F, Soltani N, 2012.Effect of the Variety of Fig Tree on some Biological Parameters of *Ceratitis capitata* Wied. 1824 (Diptera: Trypetidae) in Some Orchards in the Kabylie. Journal of Life Sciences 6: 312-319.

Ali Ahmed-Sadoudi D., 2007. Bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera : Trypetidae) dans quelques vergers de la Kabylie. Thèse de Doctorat Univ. Mouloud Mammeri T.O. 179 p.

Alouani A., Remichi N et Soltani N., 2009. Larvicidal activity of neem tree extra (Azadirachtin) against mosquito larvae in the republic of Algeria. *Jordan journal of biological sciences* (2): 15-22.

Amora S.S.A, Bevilaqua C.M.L, Heijo F.M.C, Silva M.A, Pereira R.H.M.A, Silva S.C, Alvers N.D, reire F.A.F, Oliveira D.M, 2009. Evaluation of the fungus *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes), a potential biological control agent of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera, Psychodidae) *Bio.Control.*, 50: 329-335.

Amroun M. Bensidhoum M., Oubelil D et Kebbab L.,2011. Feeding habits of the golden Jackal *Canis aureus*, the mongoose *Herpestes ichneumon* and the Genet *Genetta genetta* L. 1858 in the area of Djurdjura (north of Algeria). ECMVI European congress of mammalogy, université P.M, Curie- Museum national d'histoire naturelle. Paris. 19-23 July.

Amroun M., Bensidhoum M., Delattre P., Gaubert P., 2013. Feeding habits of the common genet (*Genetta genetta*) in the area of Djurdjura, north of Algeria. *Mammalia*, Volume 78, 1, 35-43.

Aouati A., 2016. Etude de la toxicité d **Amroun M., Bensidhoum M., Delattre P., Gaubert P., 2013.** Feeding habits of the common genet (*Genetta genetta*) in the area of Djurdjura, north of Algeria. *Mammalia*, Volume 78, 1, 35-43.

e certaines plantes sur les larves de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae).Thèse de doctorat de biologie animale. Spécialité entomologie. Des frères Mentouri. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Departement de Biologie Animale.

Arevalo-Galarza L, Follet P.A, 2011.Response of *Ceratitis capitata*, *Bactrocera dorsalis*, and *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) to metabolic stress disinfection and disinfestations treatment, *Journal of Economic Entomology* 104 (1): 75-80.

Assenat L, 1967. Contribution à l'étude d'une méthode d'identification des laits et fromages au moyen de l'électrophorèse sur gel de polycrylamide. *Le lait*, XLVII, 393-414 et 495-502.

Awuah R.T, 1989. Preparation and evaluation of dehydrated mycological media from West African raw materials.- *Ann. Appl. Biol.*, 115 (1): 51-55.

Bachiri L., Echchegadda G., Ibijbijen J., Nassiri L., 2016. Etude phytochimique et activité antibactérienne de deux espèces de lavandes autochtones au Maroc: *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L. European Scientific Journal 12 (30) : 1857- 7881.

Back E.A., Pemberton C.E. 1918. The mediterrannee fruit fly. USDA Bulletin 640.

Balachowsky A.S. & Mesnil L., 1935: Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Ed. Busson, tome 1, Paris : 242-253.

Balachowsky A.S., 1951. L'origine de la mouche des fruits (*Ceratitis capitata* Wied, 1824) C.R. Acad. Agric. Fr (36): 242-253.

Barocelli E, Calcina F, Chiavarini M., Impicciatore M, Bruni R., et Ballabeni V, 2004. Antinociceptive and gastroproctive effects of inhaled and orally administered *Lavandula hybrid* Reverclon GROSSO essential oil. LifSci, 76: 213-223.

Barocelli E., Calcina F., Chiavarini M., Impicciatore M., Bruni R. et Ballabeni V., 2004 : Antinociceptive and gastroproctive effect of inhaled and orally administred *Lavandula hybrida* Reverclon GROSSO essential oil. Lif Sci: 213-223.

Bartlels A., 1979. Guide des plantes du bassin méditerranéen. Ed. Eugen. Ulmer. 324 p.

Bastien F, 2008: Effet larvicide des huiles essentielles sur *Stomoxys calcitrans* à la Réunion. Thèse de doctorat. Ecole National Veterinaire Réunion. p 78.

Bateman M.A., 1972. The ecology of fruit flies. Ann. Rev. Entomol, (17): 493-518.

Benabdelkader T., 2012. Biodiversité, Bioactivité et Biosynthèse des composés Terpéniques volatils des lavandes ailées. *Lavandula stoechas* Sensu lato, un complexe d'espèces méditerranéennes d'intérêt pharmacologique. Thèse de doctorat. Univ. Jean-Monnet de Saint-Etienne, France. 289.

Bennai M., et Hamadache A., 2012. Protection phytosanitaire des arbres fruitiers et de la vigne. Ecole national superieur d'agronomie, El harrach, Alger, 152 p.

Berka-Zouagali B, Mohamed-Amine Ferhat, Hassani A, Chemat F and S.Allaf K, 2012. Comparative Study of Essential Oils Extracted from Algerian *Myrtus communis* L. Leaves Using Microwaves and hydrodistillation. Int. J.Mol.Sci 2012, 13(4): 4673- 4695.

Bissoli, G .2004. Patogenicidade e cirulência de fungos entomopatogenicos par alarvas e pupas da mosca-das-frutas *Ceratitits capitata* (Diptera :Tephritidae). Dissertacao de mestrado. Faculdade de Ciências Agrarias e Veterinarias, Universida de Estadual Paulista, Jaboticabal,50 p.

Bodenheimer F.S., 1951. Citrus entomology. Ed. Dio. Junk .Denhang.663pp.

Boizot N. et Charpentier J.P., 2006. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénolique des organes d'un arbre forestier. Cah. Tech INRA. N° spécial : 79-82.

Bonizzoni, M., Malacrida, A.R., Gulieimino, C.R., Gomulski, L.M., Gasperi, G., & Zheng, L. (2000): Microsatellite polymorphism in the Mediterranean fruit fly *Ceratitits capitata*. *Insect Molecular Biology*, 9 : 251-261.

Bouda H., Tapondjon L.A., Foteur D.A. and Gumedzoe M.Y.D, 2001.Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conizoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Stophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae).Journal of Stored Products Reaserch 37: 103-109.

Boudjelal A., 2013. Extraction, identification et détermination des activités biologiques de quelques extrait actifs de plantes spontanées (*Ajugaiva*, *Artemisia herba alba* et *Marrubium vulgare*) de la région de M'sila, Algérie. Thèse de Doctorat. Université Badji Moktar. Annaba.87p.

Boudjelida H. et Soltani N., 2010. Lutte biologique avec un champignon entomopathogène *Metarhizium anisoplia* Metch. A l'égard de *Cydia pomonella* L. O. Himmi (Ed). Actes de la CIFE VI, Travaux de l'institut Scientifique, Serie Zoologie, Rabat, 2010 (47) : 113-116.

Boudjelida, H., and N. Soltani.2011: Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch) on *Ceratitis capitata* L.(Diptera: Tephritidae).Annals of Biological Research. Depart. Ento. Univ. Badji Mokhtar,Annaba, Algeria,2(2): 104- 110.

Boullard B., 2001.Plantes médicinales du monde. Réalités et croyances. Estem éditions. 636P.

Bounechada M., et Arab R., 2011. Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. Et *Prganum harmala* L. sur *Tribolium castaneum* Herbst(Coleoptera: Tenebrionidae). Université Ferhat Abbas, Faculté SNV, Laboratoire Amélioration et Développement de la production Végétale et Animale, Sétif. 6p

Boustie J and Grub M, 2005.Lichens as promising source of bioactive secondary metabolites. Plant Gen Res. 3: 273-287.

Bovey R., Bolay A. & Mathys G., 1948: La défense des plantes cultivées. Ed. Payot, Lausanne.: 474-476.

Bretaudeau J. & Faurey., 1992: Atlas d'arboriculture fruitière. Vol. IV, 263p.

Brooks A.J, Aquino A de Muro, Burree E, Moore D, Taylor M.A, Wall R, 2004. Growth and pathogenicity of isolates of fungus *Metarhizium anisopliae* against the parasitic mite, *Psoroptesovis*: effect of temperature and formulation. *Pest. Manag. Sci.*, 60: 1043-1049.

Bruneton J, 1999. Pharmacognosie, Phytochimie- Plantes médicinales-Technique et documentations, 3ème Edition, Lavoisier, (1999), 1120 pages.

Burfield AP & S-L Reekie 2005: Mosquitoes, malaria and essential oils. International J. of Arromatherapy (2005) Vol 115 (1): 30-41.

Butt T.M, Ibrahim L, Ball B.V, Clarck S.J, 1994.Pathogenecity of the entomogenous fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria Bassiana* against crucifer pests and the honey bee. *Biocontrol Sci. Techn.*, 4: 207-214.

Butt T.M, Ibrahim L, Ball B.V, Clarck S.J, 1994.Pathogenecity of the entomogenous fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria Bassiana* against crucifer pests and the honey bee.*Biocontrol Sci. Techn.*, 4: 207-214.

Carey J.R., 1984. Host specificity demographic studies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* Wied. Ecol. Entomol. Vol 19:161-270.

Carey J.R., 1984: Host specificity demographic studies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* Wied. Ecol. Entomol. (9): 161-270.

Castilho M.A, Moya P, Hernandez E, Yufera E.P, 2000. Susceptibility of *Ceratitidis capitata* Wiedeman (Diptera: Tephritidae) to entomopathogenic fungi and their extract .Biol. Control 19: 274-282.

Causse R. & Feron M., 1967 : influence du rythme photopériodique sur l'activité sexuelle de la mouche méditerranéenne des fruits : *Ceratitidis capitata* Wied. (Diptera, Trypetidae). Ann. Epiphyties/INRA, Vol 18, N°2: 157-192.

Cayol J.P, Causse R, Louis C, Barthes J, 1994. Medfly *Ceratitidis capitata* as a rot vector in laboratory conditions, Journal of Applied Entomologie 117:338-343.

Cayol J.P., Coronado P. & Taher M., 2002: Sexual compatibility in medfly (Diptera: Tephritidae) from different origins. Florida Entomologist 85 (1): 51-57.

Cerning J, Gripon J.C, Lamberet G, Lenoir J, 1987. Les activités biochimiques des *Penicilium* utilisés en fromagerie. Ed. Le Lait., INRA., Laboratoire de biochimie et de Technologie laitière France. 67 (1): 3-39.

Cetin H, Tufan-Cetin O, Ozdemir Turk A, Tay T, Candan M, Yanikoglu A, Sumbul A, 2008. Insecticidal activity of major lichen compounds, (-) and (+) usnic acid, against the larvae of house mosquito, *Culex pipiens* L. Parasitol Res (2008) 102: 1277-1279.

Chadefaud M. et Emberger L., 1960. Les végétaux vasculaires. Traité de botanique (Systématique). Tome II. Editeurs Masson et Cie, Paris. 1539 P.

Chapot H., 1963. Clémentine avec ou sans pépin. Fruits, 18(5) : 259-261.

Cheik M., et Ben Salah H., 1976. Degré et époques des infestations des principaux hôtes de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitits capitata* Wied (Diptera: Trypetidaer). Communication présentée au colloque du CLAM (Comité de liaison de l'agrumiculture Méditerranéenne).

Choisy C, Gueguen M, Lenoir J, Schmidt J.L, Tourneur C, 1984. L'affinage du fromage. Les phénomènes microbiens. In: Le Fromage, éd. A. Eck, Lavoisier. Paris. (1) : 259-290.

Chouibani M; Ouizbouben A et Kaack H ; 2003 : protection intégrée des agrumes. Ed. Ouvrage réalisé par la Direction de la Protection des Végétaux, des Contrôles Technique et de la Répression des Faudes en coopération avec la GTZ (Projet Contrôle Phytosanitaire).13p.

Chu J. and Kemper J., 2001.MPH Lavender longwood Herbal Task Force: <http://www.mpc.edu/herbal>.

Clarkson J.M. & Charnley A.K, 1996. New insights into the mechanisms of fungal pathogenesis in insects.*Trend Microbiol.*, 4: 197-203.

Clarkson JM., Charnley A.K., 1996.New insights into the mechanisms of fungal pathogenesis in insects, Trends Microbiol.4: 197-204.

Coderre D. et Vincent C., 1992. La lutte biologique : toile de fond de la situation. In Vincent et Coderre, D (R2D), la lutte biologique (Chap1, p 3-16) Boucherville (Québec), Gaetan Morin Editeur.

Constantino., 1950 : contributo alla conoscenza del lamoscodella. *Ceratitits capitata* (Diptera, Trypetidae). Arch. Zool. Exp. Gén .,T. 118, Fac sc.3 : 316-334.

Constantino., 1950. Contributo alla conoscenza della mosco dell. *Ceratitits capitata* (Diptera: Trypetidae). Arch.Zool. Exp. Gén.,T. 118, Fac sc. 3: 316- 334.

Cowan M.M., 1999.Plant products as antimicrobial agents. Clinical microbiology reviews, 12 (4): 564-570.

Cronquist A., 1981.An integrated system of classification of flowering plants. Columbia Univ. Press. New York. 1262 P.

Crovetti A., CONTI B. & DELRIO G., 1984: Effect of abiotic factors on *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera, Tephritidae)- II. Pupal development under constant temperatures, fruit fly of economic importance. pp: 141-147.

Dagneniet., 1973 : Théorie et méthode statistiques application agronomiques. Vol. Edition Presse agronomique de GENBLOUX.378p.

De Meyer, M., Copeland, R.S., Wharton, R.A., & Mc Pheron, B.A. (2004): On the geographic origin of the Medfly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). In Proceedings of the 6th International Fruit Fly Symposium: 45-53.

Debouzie D., 1977.Etude de la compétition larvaire chez *Ceratitis capitata* (Diptera, Trypetidae). Arch. Zool. Exp Gen. T. 118, Fac c3: 316-334.

Debouzie D., 1981. Analyse expérimentale de l'utilisation des ressources dans un système simplifié formé d'une banane attaquée par la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*, ecol, Gener. Vol.2,N°4 : 371-386.

Dehpour A.A, Ibrahimzadeh M.A, Seyed Fazel N. et Seyed Mohamed N., 2006.Antioxidant activity of the methanol extract of *Ferula assafoetidae* and its essential oil composition. Grasas Y Aceites. Vol 60 : 405-412.

Delanoue P. & Soria F., 1954:Contribution à l'étude biologique de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wied. Fruit et primeurs N°159 : 353-354.

Delanoue P., 1951 : Encore la cératite. Extrait de la feuille d'information viticole de Tunisie. N°24 : 8-18.

Delanoué P., et Soria F., 1962. Au sujet de l'avortement de l'évolution de *Ceratitis capitata* Wied dans certains agrumes de Tunisie. Ann de l'INRAT vol. 35 : 75-96.

Delassus M., Brichet J., Balachowsky A & Lepigne A., 1931. Les ennemis des cultures fruitières en Algérie et les moyens pratiques de les combattre. Ed. Recher. Agro.Algerie.Pp : 53-62.

Delrio G., 1985.Tephritid pests in citriculture.CEC/Porc.Experts meeting.Acireal; Balkema. Rotterdam Integrated pest control in citrus. Ed. Recher. Cavaloro and Dimartino: 135-149.

Dhouibi M.H., Gahbich H. & Saadie B.,1995.Evolution de l'attaque des fruits par *Ceratitidis capitata* en fonction de la position sur l'arbre et du degré de maturité des oranges. Fruits. Vol 50.N° 1: 39-49.

Diez JM., 2007: Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* (Wiedmann).Depar. Of Entom. Honolulu, Hawaii.4p

Dimbi S, Maniania N.K, Ekesi S, 2009.Effect of *Metarhizium anisopliae* inoculation on the mating behavior of three species of African Tephritid fruit flies, *Ceratitidis capitata*, *Ceratitidis cosyra* and *Ceratitidis fasciventris*.*Bio.Control.*, 50 (2), 111-116.

Dimbi S, Maniania N.K, Lux S.A, Ekesi S & Mueke, J.2003.Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin and *Bauveria bassina* (Balsamo) Vuillemin, to three adult fruit fly species: *Ceratitidis capitata* (Wiedeman), *C. rosa* var. *fasciventris* Karsch and *C. cosyra* (Walken) (Diptera: Tephritidae). *Mycopathologia* 156: 375-382.

Dinalva A, Mochi A, Monteiro C, Sergio A, Debortoli, Haydao S, DoriaE José C,2006.Barbosa Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for *Ceratitidis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) in Soil with Different Pesticides. Ed Biological control.Neotropical Entomology. Espagne 35 (3): 382-389.

Diouf El Hadji G., A. Samba, O. Sylla, A.E Kafia, M. Diop, D. Seck et K. Nguessan, 2014.Test phytochimique et insecticide de trois extraits organiques de feuilles de *Ficus thonningii* sur *Callosobruchus maculatus* Fabricius. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(6): 2588-2595, Dedember 2014.

Djenane D, J.Yanguela, L. Montanés ,M.Djeral and P.Roncales, 2011b.Antimicrobial activity of *Pistacia lentiscus* and *Satureja montana* essential oils against *Listeria*

monocytogenes CECT 935 using laboratory media : efficacy and synergistic potential in minced beef. Food Control, 22 : 1046-1053.

Dridi B., 1990: Etude de quelques aspects de la biologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Trypetidae). Différenciation entre souche d'élevage et population provenant d'Algerie, Thèse 3^{ème} cycle. Univ. Aix. Marseille II. Fac. Sci. Tec. St Jerome. 113p.

Dridi B., 1993: la mouche méditerranéenne des fruits ou cératite, *Ceratitis capitata*. Journée technique d'information. C .R.IA.A.SRPV de Boufarik. 9p.

Dridi B., 1995: Journées techniques sur la lutte contre la mineuse et la cératite des agrumes. Alger (PINS MARITIMES 29630 JANVIER.). La lutte autocide contre la mouche méditerranéenne des fruits : *Ceratitis capitata*. I.N.P.V. EL HARRACH : 1-9.

Driouchi A., 1990. Evaluation économique des pertes causées par la mouche méditerranéenne des fruits: cas de l'économie agricole Tunisienne. Rapport de mission d'un expert consultant AIEA/FAO. Division de l'assistance technique et de la coopération, 22p.

Duyck P.F., 2005 : Compétition interspécifique et capacité invasives. Le cas des Tephritidae de l'île de la Réunion. Thèse de doc. Uni. La Réunion. 157p.

Dyck V.A., Hendrichs J. and Robinson A.S., 2005: Sterilizing insects with ionizing radiation. Stérile Insect Technique, principes and practice in Area-wide integrated pest management : Joint FAO/IAEA programme, Vienna, Austria: 250-253, 431.

Dynamac, 1991: Human health effects of *Penicillium roqueforti*. Unpublished, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Emberger L, 1936. Remarques critiques sur les étages de végétations dans les montagnes marocaines. *Bull. Soc. Bot. Suisse*, Vol. Jubil. Rubel, 46 : 614- 631.

Ekesi S, Maniana N.K, Lux S.A, 2003.Effect of soil temperature and moisture on survival and infectivity of *Metarhizium anisopliae* to four Tephritid fruit fly puparia. *J. Inverteber.Path.*83 : 157-167.

El-Akhdar E.A, Ouda S.M, 2009.Pathogenicity of different Fungal Isolates to the Adult stage of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitits capitata* (Wiedmann). *Egyptian J. Biol. Pest Control*, 19 (1): 5-10.

Elfekih S, Abderrabba M.A, 2008. Effect of *Myrtus communis* Essential Oil on the Mediterranean Fruit fly *Matin Biosci Biotechnol Res Asia* 2008: 5(2):537- 540.

Enan 2005: Molecular response of *Drophila melanogaster* Tyramine receptor cascade to plant essential oils. *Insect biochemistery and moleculabiology*.Vol 35 (4): 309-321.

Enan E. 2001: Isecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C:Toxycology & Pharmacology*.Vol 130 (3): 325-337.

Enkerlin W.R And JD. Mumford, 1998. Economic evaluation of three alternative methods for control of the Meditrranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Palestine, Jordan, Labanon and Syria. Final report to IAEA: 1066-1072.

Erler F., Ulug I., Yalankaya B., 2006.Repellent activity of five essential oils against *Culex pipiens*. *Fitoterapia*. 77: 491-494.

Eskafi F.M. et Kolbe M.E., 1990: Infestation patterns of commonly cultivated edible fruit 1348 species by *Ceratitits capitata* and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in Guatemala and their relation ship to environmental factors. *Environ. Entomol.*19: 1371-1380.

Fahad K., Gmira N., Benziane T. et Sekkat A., 2014. Etude de la bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitits capitata* Wiedemann (1824) sur rosacées dans la région de Sefrou Maroc. *Faunistic Entomology* 2014 (67) : 85 -95.

Fellah H., 1996. Contribution à l'étude de la bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Weidemann (Diptera : Tephritidae) sur les fruits d'été. Mémoire de fin de cycle de spécialisation de l'INAT. Tunisie.

Feron M., 1957:Le comportement de ponte de *Ceratitis capitata* Wied: influence de la lumière. Revu.Path.Veg .Ent. Agr. Fr. 36 : 127-143.

Feron M., 1962. L'instinct de reproduction chez la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wied. Comportement sexuel, comportement de ponte. Rev. Pathol végét. Entomol. Agri. Fr. 41: 1-129.

Ferron P, 1977. Influence of relative humidity on the development of fungal infection caused by *Beauveria bassiana* (fungi imperfecti, Moniliales) in imagines of *Acanthoscelides obtectus* (Coleopteran, Bruchidae). Entomophaga. Volum 22, Issue 4: 393- 396.

Ferron P, Robert PH, 1975.Virulence of entomopathogenic fungi (fungi imperfecti) for adults of *Acanthoscelides obtectus* (coleopteran, Bruchidae).*J. Invert.Pathol.* 25: 168-192.

Ferron. P, Fargues J, Riba G, 1993.Les champignons agents de lutte microbiologique contre les ravageurs D5, 65-92. (Handbook of Applied mycology, Vol .2, Humans, Animals and Insects 1991). Traduit de l'anglais par Christine Silvy)

Fitt, G.P. (1986): The roles of adult and larval specializations in limiting the occurrence of five species of *Dacus* (Diptera, Tephritidae) in cultivated fruits. *Oecologia*, 69: 101-109.

Flour A., 2004. Observation biologique des lichens Ed: Moissac. France, 172 p.

Frezal P., 1953. État actuel de la lutte contre la cératite. Rapport du congrès entomologique de France, (83) : 49-80.

Gallo D, Nakano O, Silveira N, Carvallho P.R.L, G. de Batista, BerliFilho E, Parra J.R.P, Zucchi, Alves S.B, Vendramim J.D, Marchini L.C, Lopes J.R.S & Omoto C, 2002. Entomologia Agricola. Piracicaba, FEALQ, 290 p.

Gangopadhyay S et Chakrabarti N.K, 1982. Presence of a mycotoxin in *Curvularia lunata* infected rice- *Phytopathol. Z.*, 104 (4): 299-303.

Garcia A.S., C.L. Messias, H.M.L. Souza & A.E. Piedrabuena 1984. Patogenicidade de *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* a *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera, Tephritidae). *Rev. Bras. Entomol.* 28 : 421-424.

Garcia A.T.E., Baracho I.R, Souza H.M.T & Messias C.L, 1985. Virulência de linhagens mutante e diploides de *Metarhizium anisopliae*, em *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera, Tephritidae). *Rev. Bras. Entomol.* 29 : 267-270.

Gasperi G., Guglielmino C. RR et Milani., 1991: Genetic variability and gene flow in geographical population of *Ceratitis capitata* Wied. *Med fly Heredity*; 67: 347 – 356.

Gautier M., 1988: La culture fruitière. Vol. 2: Les productions fruitières. Ed. JB: Baillière,

Geoffrion R., 2003: Réchauffement climatique et maladies des plantes. Bull. Comité météorologique départemental de Maine et Loire 3p.

George A, 1964. Prevalence of *Curvularia pallescens* and *Helminthosporium* spp. Pathogenic on blue grass in the Washington.-*Phytopathology*, 54, 888.

Giez I, Lange OL, Proksch P 1994. Growth retarding activity of lichen substances against the polyphagous herbivorous insect *Spodoptera littoralis*. *Biochem Syst. Ecol* 22: 113-120.

Gilmour O., 1968. Metabolismo de los insectos. Version española de Polar Alonso Sanjum. Editorial Alhambra S.A. Madrid.

Gripon J.C & Bergère J.C, 1972.Le système protéolytique du *Penicillium roqueforti*.I. Condition de production et nature du système protéolytique. Le lait, 518, 497-514.

Guarrera P.M., 1999. J. Ethnopharmacology, 68, 183.

Gutierrez, R.L., De- La-Luz A.T, Ochoa J.M, Dominguez O.R, Pescador A.R, Edwards M.L & Aluja M, 2000.Virulence of *Metarhizium anisopliae* (Deutromycotina: Hyphomycetes) on *Anastrephaludens* (Diptera : Tephritidae): Laboratory and field trials. J.Econ. Entomol.93:1080-1084.

Gutierrez, R.L., A.T. De- La-Luz, J.M. Ochoa, O.R. Dominguez, A.R. Pescador, M.L. Edwards & M. Aluja 2000.Virulence of *Metarhizium anisopliae* (Deutromycotina: Hyphomycetes) on *Anastrephaludens* (Diptera : Tephritidae) : Laboratory and field trials. J.Econ.Entomol.93:1080-1084.

Haddadj F., Hamdis. , Zenia S., Smai A., Saad H. et B. Doumandji-Mitich, 2014.Effet du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* sur le criquet pelerin. AFPP-Deuxième conférence internationale sur les ravageurs en Agriculture Montpellier- 22 et 23 Octobre 2014.

Hamdy-Roby M.H. Atef Sarhan M, SelimK.A.H.IbrahimKhalel K. 2013.Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phénolic compound in Thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. Industrial Crops and Products 43:827-831.

Harris D. J., 1984: Laboratory studies on court ships and meeting in the mediterranean fruit fly, *Ceratitits capitata* (Wied), Thesis.Uni. Manchester. 230p.

Hasan S, 2014. Entomopathogenic Fungi as Potent Agent of Biological Control: International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR). ISSN: 2321-0869 Volum 2, Issue-3:234-237.

Hassikou R., Hassikou K., Ouazzani Touhami A., Badoc A., Douira A., 2003.Biologie, physiologie et pouvoir pathogène de quelques isolats de *Curvularia lunata*, agent de la curvulariose du riz. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 142: 25-44.

Hendel F., 1927:Trypetidae, stuttgart. Vol.1. 221p.

Heppner J.B., 1985: larvae of fruit flies.II. *Ceratitis capitata* (mediterranean fruit fly) (Diptera: Tephritidae).Entom.Circu.273. 2p.

Hernandez Ochoa LR., 2005. Substitution de solvants et de matières actives de synthèse par un combiné «solvant (actif) d'origine végétal». Thèse de doctorat en sciences des agroagresseurs. Institut National Polytechnique de Toulouse.224 p.

Ioannou C.S., Papadopoulou A N.T., Kouloussis N.A., Tananaki C.I., Kastoyanos B.I., 2012.Essential oils of citrus fruit simulate oviposition in the mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae).*Physiological Entomology*, volume 37 (4): 330-339.

Jaquet J, Villette O, Delacroix J, Gondouin H, Desfleurs M, 1955.Considération sur l'action du pH dans la croissance des moisissures utilisées pour la fabrication du Camembert. Rôle du sel. Bull. Soc. Linn. Norm., 9 (8):115-132.

Jimenez-Gonzalez L., Alvarez-Corral M., M.,Munoz-Dorado M. and Rodriguez-Garcia I, 2008. Pterocarpan : interesting natural products with antifungal activity and other biological properties. *Phytochemistry Reviews*; 7: 125-154

Jouhault S., 2012. La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité. Thèse de Doctorat d'état en pharmacie. Université de Lorraine. Faculté de pharmacie. France.137 p.

Kastoyannos B.I., 1986. Effect of color properties on the selection of oviposition site by *Ceratitis capitata*.Entomol. Exp. Appl. 42: 187-193.

Kathirgamanathar S, Ratnasooriya WD, Baekstrom P, Andersen RJ, Karunaratne V, 2006. Chemistry and bioactivity of physciaceae lichens *Pyxine consocians* and *Geterodermia leucomelos*. *Pharm Biol* 44:217-220.

Keane S., et Ryan MF 1999: Purification, characterization, and inhibition by monoterpenes of acetylcholinesterase from the waxmoth, *Galleria mellonella*(L). Insect biochemistry and molecular biology vol 29 (12) : 1097-1104.

Kellouche A et Soltani N., 2004.Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielles d'une d'entre elle sur *Callosobruchus maculatus* (F). International Journal of Tropical Insect Science. Vol 24 (1): 184-191.

Kellouche A., Ait Aider F, Labdaoui K., Moula D., Hamadi N., Ouramdane A, Fererot B. & Mellouk M., 2010.Biological activity of ten essential oils against cowpea beetle *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae). International Journal of Integrative Biology. Vol.10: 86-83.

Kemassi A., 2015. Evaluation de l'effet larvicide de l'extrait aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss&Reut) (Euphorbiaceae) El Wahat pour les recherché et les étudiants. Vol 8N°44-61.

Ketoh G.K., Glitho A.I. et Huignard J., 2002.Susceptibility of the bruchid *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Hymenoptera : Pteromalidae) to three essential oils. J.Eco. Entomol. Vol.95: 174-182.

Ketoh G.K;Glitho A.I &Huignard J, 2002. Suseptibility of the bruchid *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae) to three essential oils.J. Econ. Entomol, 95(1): 174-82.

Khoury N., 1998: Etude préliminaire de la répartition et la dynamique des populations de la mouche méditerranéenne des fruits (*C. capitata* Wied.) dans différents biotopes au Liban .Mémoire (DES), Insti.De recherche agronomique Libanais-Fanar, 153p.

Kim, S.I., Roh JY & Kim D.H., 2002.Insecticidal activities of aromatic plant extract and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. Journal of Stored Products Research, Vol 39: 293-303.

Kim DO, Chum OK, Kim YJ, Moon HY, Lee CY (2003). Quantification of polyphénolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *J. Agric Food Chem*, 51:6509-6515.

Koua K.H., Hans S.H & D'Almeida M.A., 1998- Histopathologie d'*Anopheles gambiae*. S.I. Gilis, 1902 (Diptera, Culicidae) soumis à l'activité larvicide de l'extrait aqueux de *Persea americana* Miller 1768 (Lauraceae), *Entomologie médicale*. Pp

Koubissi H., 1998. Encyclopidie des plantes médicinales. Ed. Dar el Beirut, pp. 1-655.

Krainacker D.A., Carey J.R., Vargas R.I., 1987. Effect of larval host on life history traits of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. *Ecologia*. Springer-Verlag 73 (4): 583-590.

Krainacker, D.A., Carey, J.R., & Vargas, R.I. (1989): Size-specific survival and fecundity for laboratory strains of two tephritid (Diptera: Tephritidae) species: implications for massrearing. *Journal of Economic Entomology*, 82 : 104-108.

Krouchi F., Derridj A., Lefèvre F., 2004. Year and tree effect on reproductive organization of *Cedrus atlantica* in a natural forest. *Forest Ecology and Management* 197 (2004): 181-189.

Krouchi F., 2010. Etude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel (Tala-guilef, Djurdjura nord-ouest, Algérie). Thèse de Doctorat en Sciences Agronomique. Univ. Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 154 p.

Kumar R., 1991 : La lutte contre les insectes ravageurs a l'agriculture en region tropicale, la situation de l'agriculture Africaine. Edition CARTHALA et CTA: 139-140.

Kuramoto H., et Shimaku M., 1992: Pathogenicity of some entomogenous fungi of the adult house fly. *J. Japan. Appl. Entomol. Zool.* (36) : 202-203.

Lachiheb A., 2008. Optimization de la dose d'irradiation dans le cadre d'un projet de lutte contre *Ceratitis capitata*. Mémoire d'ing. Ecol sup. d'Agri. De Morgane, Tunisie. 122p.

Lekchiri A, 1982. La cératite au Maroc, CEC/IOBC Symposium Athènes, R. Cavallero : 571-574.

Liquido N.J., Cunningham R.T., et Nakagawa S., 1990: Host plants of the mediterranean fruit fly on the island of Hawaii (1949-1985 survey). J. Econ.Entomol. 83: 1863-1878.

Lis Bulchin M et Harts S, 1999.Studies on the mode of action of the essential oil of lavender (*Lavandula angustifolia*, Miller), phytotherapy, Research 13: 540-542.

Lopez L ,Orduz S, 2003. *Metarhizium anisopliae* and *Tricoderma viride* for control of nests of the fungus- growing ant, *Atta cephalotes*. *Bio.Control.*, 27: 194-200.

Loussert R., 1989: Les agrumes. V. 1. Arboriculture. Ed. Tec. & Doc., Paris.112p.

Loussert. R., 1989. Les agrumes production. Ed. sci. Univ., Vol.2, Liban, 280p.

Lux S.A, Ekisi S, Dimbi S, Mohamed S, Billah M, Mango M, 2003.Infesting fruit flies in Africa-perspective and limitations of biological approaches to their management. In: *Neuenschwander, C. Borgemeister and J. Langewald*, Editions, Biological Control in IMP systems in Africa, CABI, Wallingford: 277, 293.

Macleod R.A, Smith LDH and Gelinis, R. (1966). *Can. J. Microbiol.* 12: 61-72.

Maddison PA., and Barthlett BY., 1989. A contribution towards the zoogeograph of the Tephritidae.In.A.S. Robinson & GG. Hooper (ed). Fruit flies, their biology, natural enemies and control. Elsevier. Amsterdam, vol. 3A: 27-35 pp.

Mauri N., 1939: les figuiers cultivés en Kabylie. Contribution à leur détermination et étalonnage. Document et renseignement agricole, bulletin n°5, Alger. 64 P.

Mc Donald L. L Guy R.H et Speirs R.D., (1970): Preliminary evaluation of new candidate material as toxicants, repellent and attractant stored product insect. Marketing Res. 189p.

Meunacer F, 2015. Contribution à l'étude phytochimique et biologique de l'erigeon, du fenouille commun, de la lavande et du genévrier. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El harach, Alger.

Messaoud C., Chograni H. et M. Boussaid, 2012. Chemical composition and antioxydant activities of essential oils and methanol extracts of three wild *Lavandula* L. species. Natural Product Research. Volum 26, 2012 issue1: 1976-1984

Meyer J.Y., 2002. La lutte biologique contre les espèces introduites envahissante : solution miracle ou méthodes risquées. Fiche tech. Maroc. 16p.

Meyling N.V, Eilenberg J, 2007. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: Potential for conservation biological control. Biological Control 43 (2): 145-155.

Mioulane P., 1996: Le truffant : Encyclopédie pratique illustrée du jardin. Ouvrage collectif. Ed. Bordas: 35-41.

Mochi A, Monteiro A.C, Dorias H.O.S, Barbosa J.C, 2006. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) in Soil with Different Pesticides. Ed Biological control. Neotropical Entomology. Espagne 35 (3): 382-389.

Molina C.A, Cana-Roca J.F, Osuna A and Vilchez S, 2010. Selection of a *Bacillus pumilus* Strain Highly Active against *Ceratitis capitata* (Wiedmann) Larvae. *Appl. Environ. Microb.*, 76 (5): 1320-1327.

Moore I, 1973. The role of the sterile male technique in integrated control. Bulletin, Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes. 3(3):77-83.

Moreau C, 1980. Le *Penicillium roqueforti*, morphologie, interet en industrie fromagère, mycotoxines. Centre National de la Recherche Scientifique. Uni. De Bretagne Occidentale, France. (60) : 254-270.

Moreau C, 1980. Le *Penicillium roqueforti*, morphologie, physiologie, intérêt en industrie fromagère, mycotoxines (Révision bibliographique). Le lait, INRA Edition, 1980, 60 (595-596) :254-271.

Moyse H et Paris. RR., 1971. Matière médicale. Tome III. Ed. Masson, Paris. 509 p.

Nagao R, Hattori T, 1983. Chlamydospores formatio in hyphae of *fusarium oxysporum* sp raphin.J.gen.Appl. Microbial. (29): 187-193.

Nébie R.C.H., 2005. Etude des huiles essentielles de plantes aromatiques du Burkina : Production, composition chimique et propriétés insecticide. Thèse doctorales Science physique, Université de Ougadougou, Burkina Faso.175p.

Nguyen T.H.N, Brogemeister C, Poehling H.M, Zimmermann G, 2008. Laboratory investigation on the potential of entomopathogenic fungi for biocontrol of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera:Noctuidae) larvae and pupae. Biocontrol Science and Technology 17 (8): 853-864.

Nishida T., Harris E.J., Vargas R.I. and T.T.Y. Wong, 1985. Distributional loci and host fruit utilization patterns of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in the Hawaii, Environ. Entomol. 14: 602-605.

Nunez B.L, 1987. La moskadelmediterreo, Informa (Enera. Febero-Maio), CA, pp.9-17.

Nunez. B.L., 1987: La moska del mediterreo. CA: Informa(Enera. Febrero-maio): 9 – 17

Olufolaji D.B, 1985. Comparative studies of the effect of *Helminthosporium maydis* and *Curvularia pallescens* infection on total nitrogen of maize leaves.-*Cryptogam.: Mycol.*, 6(3): 197-200.

Ortiz V., 2003. Nonhost status of *Citrus sinensis* cultivar Valentia and *C. paradisi* cultivar Ruby Red to Mexican *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). Journal of economic Entomology, 96: 1693-1703.

Ortiz-Urquiza A, Garrido-Jurado I, Santiago-Alvarez C, Quesada-Moraga E, 2009. Purification and characterization of proteins secreted by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* with insecticidal activity against adults of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Pest Manag. Sc.*, 65 (10): 1130-1139.

Ortiz-Urquiza A, Vergara-Ortiz A, Santiago-Alvarez C and .Quesada-Moraga E, 2010b. Insecticidal and sublethal reproductive effects of *Metarhizium anisopliae* culture supernatant protein extract on the Mediterranean fruit fly. *J.Apl. Etomol.*, 134(7): 581-591.

Ortiz-Urquiza A, Vergara-Ortiz A, Santiago-Alvarez C and Quesada-Moraga E, 2010. Insecticidal and sublethal reproductive effects of *Metarhizium anisopliae* culture supernatant protein extract on the Mediterranean fruit fly 2010b. *J.Apl. Etomol.*, 134(7): 581-591.

Ortiz-Urquiza, L. Rivero-Miranda, C. Santiago-Alvarez, and E.Quesada- Moraga, 2010. Insect-toxic secreted proteins and virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *J.Invertebr. Pest Pathol.*105: 270-278.

Orts R. & Giraud M., 2006 : Protection intégrée pommier-poirier. 2^{ème} éd : centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. 324p.

Ortus S., 1982. Observation on the temporary resistance of fruits of some species of Citrus to the lackes of *Ceratitidis capitata* Wied. In Sardinia. *Studi. Sassaresi.* 7. Ref : 159-172.

Oukil S., 1995 : Effet des insecticides et des radiations ionisantes en relation avec la variabilité de *Ceratitidis capitata* (Diptera :trypetidae). Thèse 3^{ème} cycle. Univ. Aix.MarseilleIII Fac.Sci.Tech.St. Jerome. 138p.

Oukil S., 1995 : effet des insecticides et des radiations ionisantes en relation avec la variabilité de *Ceratitidis capitata* (Diptera :trypetidae). Thèse 3^{ème} cycle. Univ. Aix. Marseille III. Fac. Sci. Tech. St Jerome. 138p.

Oukil S., Bues R., Toubon J.F., Quilici S., 2002. Allozyme polymorphism in populations of *Ceratitidis capitata* from Algérie, the northwestern Mediterranean coast and Reunion Island. *Fruit* 57: 183-191.

Ozenda P & Clausad G., 1970. Les lichens, étude biologique et flore illustrée. Ed Masson et Cie. Paris-Vie, France. 800p.

Ozenda P., 2000. Les végétaux. Organisation et diversité biologique. Ed. Dunod, Paris.512p.

Palmont J., 2008: Glossaire de biochimie environnementale. Ed EDP science.Pp 1026.

Papadopoulos N.T., Katsoyanos BI., Kouloussis N.A & Hendrichs J., 2001.Effect of orange peel substances on mating competitiveness of male *Ceratitis capitata*.Entomol. Exp. Appl. 99: 253-261.

Papachristos D.P, Kimbaris A.C., Papadopoulos N.T & Polissious M.G., 2009.Toxicity of Citrus essential oils against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) larvae Annals of Applied Biology 155(2009): 1-9.

Papaj DR. & OPP S.BR.J., 1989. Cross inductions of fruit fly acceptance by medfly *Ceratitis capitata*. J. Insect behavior. Vol.2.15 ref: 241-254.

Papanastasiou SA, Bali E-MD, Ioannou CS, Papachristos DP, Zarpas KD, Papadopoulos NT, 2017.Toxic and hormetic-like effects of three components of citrus essential oils on adult Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata*).PLoS ONE 12 (5): e0177837.<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177837>.

Passino G.S., Bazzoni E., Moretti M., et Prota R., 1999 :Effect of essential oil on *Ceratitis capitata* Wied. (Dipt.,Tephritidae) adult flies. Journal of applied entomology.Vol.123(3) : 145-149.

Pelikan J., 1986. Matière première du règne végétal. Ed. Masson et cie.T.2, Paris, 2343p.

Pelley R. H. 1968: Pests of Coffee. Ed. Longmans, London, 590p.

Pengs S., 1983.Biological control- One of the fine traditions of ancient Chines agricultural techniques.Scientia Agricultura Sinica, N°1, p. 92-98.

Pereira, L.G.B. et al. 2002. Biological activity of astilbin from *Dimorphandra mollis* against *Anticarsia gemmatalis* and *Spodoptera frugiperda*. Pest Manag. Sci., V.58, n.5 : 503-507.

Pochon J et Tradieux P., 1962. Technique d'analyse en microbiologie du sol, Editions de la Tourelle, Saint Mandé.

Poletti A., 1982. Les fleurs et les plantes médicinales. Ed. Delachaux et Niestle, Lausanne, T. 1 : 1-190

Praloran G, 1971 : les agrumes. Techniques agricoles et production tropicale. Ed. Maison neuve et Lanos, Paris.556p.

Prasertphon S, Tanada Y, 1968. The formation and circulation, in Galleria, of hyphal bodies of entomophthoraceous fungi. J. Invertebr. Pathol. 11: 260–280.

Quezel P. 1957. Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord. Ed. Lechevalier. 459 p.

Quillici S., 1993. Programme de recherche et d'action sur la mouche méditerranéenne des fruits à l'Ile de la Réunion. Fruit. Vol. 49. Spécial « vergers tropicaux » pp : 28-41.

Quintela ED, Wraight S.P, Quindere M.A.W & Roberts D.W, 1994. Aplicação de conidios de *Bauveria bassiana* (Bals) Vull. E *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sor. Para controle de larvas de *chalcodermus bimaculatus*. Boh. (Coleoptera: Curculionidae) no solo. An. Soc. EntomolBrasil 23: 367-377.

Rageau J et Delaveau P., 1980. Effet toxique d'extraits végétaux sur les larves de moustiques. Bulletin de la société de pathologie exotique (72) : 168-171.

Ramade F., 2003 : Elément d'écologie fondamentale, 3^{ème} édition DUNOD, Paris, 690p.

Randrianarivelo R, Sarter S, Odoux E, Bart P, Lebrum M, Romestand B, Menut C,

Rapper C.A. , Rapper J. et Miller R.,1972.Genetic analyse of the cycle of *Agaricus Biosporus*. Mycologia 64 (5) : 1088-1117.

Raymond D., 1976. Reflexion sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen Ibis Press. Ed. Paris, France.118 p.

Rebour H., 1945. Anomalie de la floraison du clémentier. C.R. Exp. Fruits en Algérie, Doc. Et Rens, 118 p.

Regnault-Roger C., Ribodeau M, Hamraoui A, Bateau I, Blanchard P, Gil-Munoz MI, Barberan FT., 2004. Polyphenolic compounds of Mediterranean Lamiaceae and investigation of orientational effect on *Acanthoscelides obtectus* (Say). Journal of stored Product Research .Volum 40 (4): 395-408.

Remia H.M. & Logaswamy S., 2010. Larvicidal efficacy of leaf extract of two botanicals against the mosquito vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Indian Journal of natural products and resources. 1 (2): 208-212.

Riba G, AlioutKeta, Jean-Jaques Vincent 1984a. Sensibilité des larves de moustiques à différents especes d'hyphomycètesentomopathogènes. Ent.med. et parasitol.,Vol. XXII(4) : 271-276.

Riba G, Marcandier S, Goussard J,1984b. Influence de l'humidité relative sur l'agressivité et la viabilité des souches de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin et de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, hyphomycètes pathogènes de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hübn. Agronomie, E.D.P. Sciences, 4 (2) :189-194.

Riba G. et Silvy C., 1989. Combattre les ravageurs des cultures, enjeux et perspectives. INRA, Paris, 230 p.

Riba G., et Silvy C., 1999. Biopesticide contre maladies, insectes mauvaises herbes. La lutte biologique (II). Dossier de l'environnement de l'INRA Paris (19): 157-201.

Ruiz M.G., Juarez M.L., Alzogaray R.A., Arrighi F., Arroyo L., Gastaminza G., Willink E., Bardon A.V. and Vera T., 2014.Toxic effect of Citrus Peel Consituent on *Anastrepha*

fraterculus Wiedeman and *Ceratitis capitata* Wiedemann Immature Stage. Agri. Food Chem. 62 (41): 10084-10091.

Roberts D.W, 1967. Some effects of *Metarhizium anisopliae* and its toxins on mosquito larvae: 243-246, in *Insects Pathology and Microbial Control*. Holland Ed. Van der Laan.

Roby M.H.H , Sahar M.A., Selim K.A.H., 2013. Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.) and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. *Industrial Crops and Products* 43 (2013) : 827-831.

Rolet A., 1930. Les plantes à parfum et les plantes aromatiques. Ed.j.b. Ballère et fils. Paris.

Roux C., 1984. Premier aperçu de la flore et de la végétation de la moyenne et haute vallée du Var. *Bull. Soc. linn. Provence* 35: 75-93.

Rozman V., Kalinovic I, Karunic K., 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored- product insects, *Journal of stored products Research* 43: 349-355.

Sabbahi R., 2008. Utilisation du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* dans une stratégie de gestion phytosanitaire des principaux insectes ravageurs en fraiseraies. Thèse de doctorat en biologie. Université du Québec. INRS. Institut Armand-Frappier. Pp : 162.

Sabaou N.A, Bounaga D, 1981. Le palmier dattier et la fusariose. VII Action parasitaire d'un actinomycète envers *Fusarium oxysporum* f sp. Albedinis *Ann.Microbiol. Paris.*(132): 319-329.

Sadoudi-Ali Ahmed D., Soltani N., and Kellouche A, 2011. Factors influencing the development of *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae) on different fruits species in Kabylia (Algeria). *Frustula entomol* (2010-2011), n.s XXXIII (XLVI): 192-209.

Sadoudi-Ali Ahmed D., Rezoug N., Saiki F., and N.Soltani, 2012. Effect of the variety of fig Tree on some biological Parameters of *Ceratitis capitata* Wied. 1824 (Diptera: Trypetidae) in some Orchards in the Kabylie. *Journal of Life Sciences* 6: 313-320.

Salvador A, Borkosky S, Willink E, Barton A, 2004. Toxic effects of lemon peel constituents on *Ceratitis capitata*. Journal of Chemical Ecology 30: 323-333.

Sampaio GH., Myazaki I. & Olivera D.A., 1984. Possible factors determining the degree of susceptibility of certain citrus varieties to attack by fruit flies. Biologico. Ref 5: 273-284.

Samson P.R., Milner R.J., et Mc Lennan P.D., 1994: Field trials of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) against *Inopus rubriceps* (Diptera: Stratiomyidae) in sugarcane. Environ. Entomol.(23): 749 -754.

Sasanelli N. and Di-Vito M., 1991. The effect of Tagetes extracts on the hatching of an Italian population of *Globodera rostochiensis*, Nematol. Medt., 19 :135-137

Saunier R., 1979: Variétés de pêche: Nectarines et pavies. Ed. INRA. 102p.

Seguy E., 1950: La biologie des Diptères: Encyclopédie entomologique. Ed. Paul Le chevalier Paris VI. 609p.

Seltzer p., 1946. Le climat d'Algérie. Inst. Med. Phys. Du globe de l'université d'Alger, 129 page.

Senthil Nathan S, 2007: the use of *Eucalyptus tereticornis* SM (Myrtaceae) oil (leaf extract) as a natural larvicidal agent against the malaria vector *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae) Bioresource Technology Vol 198 (9) July 2007: 1856- 1860.

Seri-Kouassi BP., Kanko C., Nondentot Aboua L.R., Bekon K.H., Glitho A.I. Koukoua G. & N'Guessan Y.T. ,2004. Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. Comptes Rendu de Chimie. Vol.10 (11) : 1043-1046.

Sey F, Ndione RD & Ndiaye M, 2006. Etude comparative de deux produits de neem (huile et poudre) sur les stades pré imaginaires du moustique *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). Afrique Science 02 (2): 212-225.

Shaaya E., Ravid U., Paster N., Juven B., Zisman U & Pissarev V.1991.Fumigant toxicity of essential oils against four major stored product insect. *Journal of Chemical Ecology* Vol.17:499-704.

Shan B, Cai YZ, Sun M, Corke,H. 2005.Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituent. *Journal of the agricultural and food chemistry.* 53- 7749-7759.

Sheppard, W.S., G.J. Steck, and B.A. Mc Pheron, 1992: Geographic populations of the medfly may be differentiated by mitochondrial DNA variation. *Experientia* 48: 1010-1013.

Shoukri A. & Hafez M., 1979.Studies on the biology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*.*Ent. Exp. And Appl.* N° .26 : 33-39.

Silvestri F.,1913.Viaggio in Africa per cercare parassiti di mosche dei 4459 frutti.*Boll. Lab. Zool. Gen. Agrar. R. Scuola Agric. Portici* (1914) 8 : 1-164.

Soria F., 1961. Evolution des chutes des fruits dans un verger d'agrumes en Tunisie au cours de la saison agrumicole 16/61 *Ann. De l'INRAT*, vol 32 : 95-108.

Soria F., 1963. Etude des populations et de dispersion de *Ceratitidis capitata* Wied.(Diptera : Trypetidae) en Tunisie à l'aide des radio-isotopes. *Int. Atomic.Energy. Agency IAEA I vienne* : 357-363.

Soria F., 1991.Evolution des chutes de fruits dans un verger d'agrumes en Tunisie au cours de la saison agrumicole 160/01. *Ann. De l'INRAT*, vol 32:95-108.

Soummane H., M. Larhsini, K. Naamani and J. Coll, 2011.Studies of Larvicidal and Adulticidal Activities of Some Halophyte Plant Extracts Against *Ceratitidis capitata* (Wiedemann). *Journal of Entomology*, 8: 548-556.

Sproul A.N., 1983: fruit fly control in backyard orchards.*Farmnote* N°120,West. Dep.Agric. 3p.

Sreelatha T., Hymavathi A, Rao V.R.S. Devanand P.U, Rao J.M. and Babu K.S, 2009. A new benzyl derivative from *Derris scandens*: structure- insecticidal activity study. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 2009; 20: 549-553.

St Leger RJ, 1993.Biology and mechanisms of insect-cuticle invasion by deuteromycetes fungal pathogens. In: *Parasites and pathogens of insects (Vol.2)*. Beckage NE., Tompson SN, Federici BA (eds). Academic Press Inc, New York, USA: 211-225.

Steinhaus E. A., 1949.Principles of Insect Pathology.McGraw - HILL, New York, 757 p.

Steinkraus D.C., Geden C.J., Rutz D.A., et Kramer J.P., 1990: First report of the natural occurrence of *Beauveria bassiana* (Moniliales: Moniliaceae) in *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *J. Med. Entomol* (27) : 309 -312.

Stepanaik L, Kornacki K, Grabska J et Wodeki E, 1980.Influence de certaines conditions de la culture superficielle sur la production des lipases et des proteases par des souches de *Penicillium roqueforti* et *Penicillium candidum*. *Le lait*, t, LX, 591-592.

Susuri L et Hagedorn D.J, 1996.Sporulation and disease initiation and development of *Ascochyta pisi* Lib.Pathogenicto pea (*Pisum sativum* L.) Zbornik Biotehniške Fakultete Univerze v Ljubljani (Slovenia), Kmetijstvo, (67) : 147-150.

Tabuc C, 2007. Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse de doct. Institut national polytechnique de Toulouse. Laboratoire Biologie Animale, IBNA Balotesti.Uni. Bucarest, France. p.167.

Tanaka T., 1961.Semi-centennial commemoration papers on citrus studies. *Citologia*, University of Osaka, Prefecture.114p.

Tasdemir D, Kaiser M, Brun R, Yardley V, Schmidt T.J, Tosun F, and Ruedi P.2006 Antitrypanosomal and antileishmanial activities of flavonoïds and their analogues: in vitro in vitro, structure- activity relationship, and quantitative structure-activity relationship studies. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 50: 1352-1364.

Toledo J., Liedo P., Flores S., Campos S E., Villasenor A., et Montoya P., 2006: Use of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for fruit fly control: a novel approach. Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance: 127-132.

Touaibia M., 2014. Composition chimique et activité anti-fongique de l'huile essentielle de *Myrtus communis* L. sur milieu de laboratoire et sur les fruits du fraisier. Rev.Nature & technologie.B- Science Agronomiques et Biologiques.n°12 : 66-72.

Traboulsi A.F, TaoubiK, El Haj S , Bessiare JM, Rammal S. 2002.Insecticidal properties of essential plant oils against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). Pest Management Science. Volume 58, Issue 5, May 2002: 491-495.

Traboulsi AF. Et al, 2005: Repellency and toxicity of aromatic plant extracts against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). Pest Manag Sci. 2005 Jun, 61 (6): 597-604.

Trabut L., 1926. La clémentine, les hybride de Citrus. Dir. Bot. Algeria. Bull. Inform. N° 67.

Treutter D., 2005. Significans of flavonoide in plant resistance and enhancement of their biosynthesis. Plant Biology 2005; 7: 581-591.

Trevor G., Bruce MC., Del M., 1994.The lichens of British Columbia (Part) British. Columbia Minstry of Forest Research, Program, 144 p.

Usip LPE. Et al, 2006: Longitudinal evaluation of repllent activity of *Ocium gratissimum* (Labiatae) volatile oil against *Simulium damnosum*. Men InstOswactoGuz. 2006.

Vargas R.L., Harris E., Nishida T. 1983.Distribution and saisonal occurrence of *Ceratitidis capitata* (Wied) on the island of Kawai in the Hawaii Island. Environ. Entomol. 12: 1185-1189.

Vayssieres J.F., Sinzogan A., & Bokonon-Ganta A., 2008: les mouches des fruits du genre *Ceratitidis* (Diptera: Tephritidae) en Afrique de l'Ouest., IITA-CIRAD. UPR Production fruitière, Montpellier., 4p.

Vey A, Hoagland R, Butt T, 2001. Toxic metabolites of fungal biocontrol agents, in fungal Biocontrol agents: Progress, Problems and potential, (T.M. Butt, C. Jackson.&N.Magan, Eds). CABI, Wallingford.

Vidaud J., 1997: Le figuier. Ed. Paris. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, 263p.

Vinayaka K.S, Krishnamurthy YL, Prashithkekuda T.R, Praveen Kumar S.V,

Sudharshan SJ and A.Chinmaya, 2009.Larvicidal and wormicidal efficacy of methanolic extracts of five macrolichens collected from Bhadra wildlife sanctuary. Biomedicine, 29 (4): 327-331.

Waage J., 2004. La lutte biologique- Réaliser la promesse. Dossier Biocontrôle, décembre, p.1.

Watson D.W., Rutz D.A., et Long S.J., 1996: *Beauveria bassiana* and sawdust bedding for the management of the house fly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) in calf hutches. Biol. Contro (17):221–227.

Weaver D.K, Subramanyam B, 2000.Botanical. In: Alternance to pesticide in stored product. Subramanyam B., Hangstrum DW. (Editions), I.P.M. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, U.S.A: 303-320.

Weber H.J., 1967.History and development of the citrus industry.In : the citrus industry.1. History, Word Distribution Botany and varieties. W. Reuther et al, eds. Berkeley, University of California Press: 1-39.

Weems H., 1981: Mediterranean fruit *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera : Trypetidae). Pep. Agric. Cumer, Dir.Plant Industry. Entomol.Circ. Florida (230), 12p.

Wharton R.A., Trostie M.K., Messing R.H., Copeland R.S., Kimani-Njogu S.W. & Sivinski J., 2000: Parasitoids of medfly, *Ceratitis capitata*, and related tephritids in Kenyan

coffee: a predominantly Koinobiont assemblage. Bull. Entomol. Reseach. Volume 90, Number 6: 517-526.

White I.M. & Elson-Haris M.M ; 1992: : Fruit Flies of Economic Significance: their identification and bionomics. C.A.B. ACIAR : 12-601.

Wojdylo A, Oszmianski J- Cremerys R., 2007. Antioxidant activity and phenolic compound in 32 selected herbs. Food chem..105,940-949.

Wong T.T.Y., Nishimoto J.I. and N.Molizuki. 1983. Infestation patterns of Mediterranean fruit fly and the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in the Kula area of Mui, Hawaii. Enviro. Entomol.12:1031-1039.

Yee W.L, Lacey L.A, 2005. Mortality of different lif stages of *Rhagoletis indifferens* (Diptera, Tephritidae) exposed to the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *J. Entomol. Sci.*, 4 (2): 167-177.

Yenesew A, Mushibe EK, Induli M, Derese S, Midiwo JO, Kabaru JM, Heydenreich M, Koch A. and Peter MG, 2005. 7a-O-methyldeguelol, a modified rotenoid with an open ring-C, from the roots of *Derris trifoliata*. *Phytochemistry*, 66: 653-657.

Yenesew A, Twinomuhwezi H, Kabaru JM, Akala HM, Kiremire BT, Heydenreich M, Peter M.G, Eyase F.L, Waters N.C. And Walsh D.S. 2009. Antiplasmodial and larvicidal flavonoïds from *Derris trifoliata*. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 23: 409-414.

Annexes

Les espèces hôtes de la cératite devront figurer dans la liste des espèces devant faire l'objet d'une réglementation selon l'Agence Internationale de l'Energie Atomique en 1990

| Nom commun | Nom scientifique |
|--------------------------------------|--|
| Abricot | <i>Prunus armeniaca</i> |
| Akée | <i>Blighia sapida</i> |
| Amande douce avec sa coquille | <i>Prunus dulcis = P.amygdalus</i> |
| Amande des Antilles | <i>Terminalia catappa</i> |
| Aubépine | <i>Crataegus spp</i> |
| Aubergine | <i>Pouteria campechiana</i> |
| Café | <i>Coffea arabica</i> |
| Caimitier | <i>Chrysophyllum spp</i> |
| Calamondin | <i>Citrofortunella mitis</i> |
| Carissa | <i>Carssa grandiflora et Terminalia chebula</i> |
| Cédrat | <i>Citrus medica</i> |
| Cerise (douce et griotte) | <i>Prunus avium et P.cerasus</i> |
| Cerise de Cayenne | <i>Eugenia uniflora</i> |
| Cerise des Antilles | <i>Malpighia glabra et M.punicifolia</i> |
| Cherimole | <i>Annona cherimola</i> |
| Chanar | <i>Geoffroea decortians</i> |
| Citron (sauf les variétés cultivées) | <i>Citrus limon</i> |
| Cœur de bœuf | <i>Annona reticulata</i> |
| Coing | <i>Cydonia oblonga</i> |
| Corosol des marais | <i>Annona glabra</i> |
| Datte | <i>Phoenix dactylifera</i> |
| Feijoa | <i>Feijoa sellowiana</i> |
| Figue | <i>Ficus carica</i> |
| Figue de barbarie | <i>Opuntia spp</i> |
| Garcinia | <i>Garcinia xanthochymus</i> |
| Goyave | <i>Psidium guajava</i> |
| Goyave fraise | <i>Psidium cattleianum</i> |
| Goyave pomme | <i>Psidium guajava</i> |
| Goyave poire | <i>Psidium guajava</i> |
| Grenade | <i>Punica granatum</i> |
| Grenadille | <i>Passiflora edulis</i> |
| Grunichama | <i>Eugenia brasiliensis=E.dombeyi</i> |
| Jambose | <i>Syzygium jambos = Eugenia jambos</i> |
| Jamelac | <i>Syzygium malaccense = Eugenia malaccensis</i> |
| Kitembilla | <i>Dovyalis hebecarpa</i> |
| Kiwi | <i>Actinidia chinensis</i> |
| Kumquat | <i>Fortunella japonica</i> |
| Lime | <i>Citrus aurantiifolia</i> |
| Litchi | <i>Litchi chinensis</i> |
| Longane | <i>Euphorbia longana</i> |
| Mangue | <i>Mangifera indica</i> |
| Mombin | <i>Spondias spp</i> |
| Mombin jaune | <i>Spondias mombin</i> |
| Mombin rouge | <i>Spondias purpurea</i> |

| | |
|---------------------------------|--|
| Nèfle du japon | <i>Erybotrya japonica</i> |
| Noix | <i>Juglans spp</i> |
| Noix d'argan | <i>Argania spinosa = A.sideroxylon</i> |
| Ochrosia | <i>Ochrosia ellitica</i> |
| Olive | <i>Olea europea</i> |
| Orange amère | <i>Citrus aurantium</i> |
| Orange douce | <i>Citrus cinensis</i> |
| Papaye | <i>Carica papaya</i> |
| Papaye naine | <i>Carica quercifolia</i> |
| Pêche | <i>Prunus persica</i> |
| piment | <i>Capsicum annum et C.frutescens</i> |
| kaki | <i>Diospyros kaki</i> |
| Poire | <i>Pyrus communis</i> |
| Pomelo | <i>Citrus maxima</i> |
| Pamplemousse | <i>Citrus paradisi</i> |
| Pomme-cannelle | <i>Annonas quamosa</i> |
| Pomme | <i>Malus sylvestris</i> |
| Prunier | <i>Prunus domestica</i> |
| Prune d'Amérique | <i>Prunus americana</i> |
| Prune d'Espagne | <i>Spondias mombin</i> |
| Prune du japon | <i>Prunus salicina</i> |
| Raisin | <i>Vitis vinifera</i> |
| Sapotille | <i>Manilka razapota</i> |
| Seringa | <i>Murraya paniculata</i> |
| Palmier à sucre | <i>Arenga pinnata</i> |
| Tangerine, clémentine | <i>Citrus reticulata</i> |
| Tomate arbustive | <i>Cyphomandra betacea</i> |
| Tomate cultivée (rose et rouge) | <i>Lycopersicon esculentum</i> |
| Umkokolo | <i>Dovya liscaffra</i> |

Résultats du test de Kruskal Wallis ou ANOVA

Tableau 1: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur nombre de piqûres selon la variété.

| | W | DF | P |
|----------|-------|----|-----------------|
| Variétés | 35,49 | 8 | $2,17 e^{-0,5}$ |

Tableau 2: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur nombre de piqûres selon la l'exposition.

| | W | DF | P |
|----------|-------|----|--------|
| Variétés | 1,023 | 4 | 0,9063 |

Tableau 3: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur taux de fruit piqué selon la variété.

| | W | DF | P |
|----------|---------|----|------------------|
| Variétés | 42,7418 | 8 | $9,825 e^{-0,5}$ |

Tableau 4: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur taux de fruit piqué selon l'exposition.

| | W | DF | P |
|----------|-------|----|--------|
| Variétés | 0,325 | 4 | 0,9881 |

Tableau 5: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur nombre de pupes/fruit selon la variété.

| | W | DF | P |
|----------|---------|----|----------|
| Variétés | 19,9686 | 5 | 0,001267 |

Tableau 6: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur nombre de pupes/fruit selon l'exposition.

| | W | DF | P |
|----------|-------|----|--------|
| Variétés | 1,402 | 4 | 0,8439 |

Tableau 7: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur durée de pupaison selon la variété.

| | W | DF | P |
|----------|-------|----|-----------------|
| Variétés | 27,54 | 5 | $4,476 e^{-05}$ |

Tableau 8: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur durée de pupaison selon l'exposition.

| | W | DF | P |
|----------|--------|----|--------|
| Variétés | 0,3977 | 4 | 0,9827 |

Tableau 9: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur taux d'émergence selon la variété.

| | W | DF | P |
|----------|-------|----|------------------------|
| Variétés | 26,32 | 5 | 7,729 e ⁻⁰⁵ |

Tableau 10: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur taux d'émergence selon l'exposition.

| | W | DF | P |
|----------|--------|----|--------|
| Variétés | 0,6564 | 4 | 0,9566 |

Tableau 11: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur sex-ratio selon la variété.

| | W | DF | P |
|----------|--------|----|----------|
| Variétés | 24,187 | 5 | 0,000199 |

Tableau 12: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur sex-ratio selon l'exposition.

| | W | DF | P |
|----------|--------|----|--------|
| Variétés | 0,5268 | 4 | 0,9708 |

Tableau 13 : Résultats de l'analyse de la variance pour la longévité des femelles de la cératite selon les variétés étudiées.

| | DDL | SCE | CM | Test F | P |
|------------|-----|--------|---------|--------|-----------------------|
| Variété | 5 | 6839,6 | 1367,91 | 58,178 | 1,249e ⁻¹² |
| Résiduelle | 24 | 564,3 | 23,51 | | |

Tableau 14 : Résultats de l'analyse de la variance pour la longévité des mâles de la cératite selon les variétés étudiées.

| | DDL | SCE | CM | Test F | P |
|------------|-----|--------|--------|--------|----------------------|
| Variété | 5 | 1363,4 | 272,67 | 12,41 | 5,12e ⁻⁰⁶ |
| Résiduelle | 24 | 527,1 | 21,96 | | |

Tableau 15 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% pour les facteurs dose de l'extrait*R. farinacea* et temps d'exposition sur la mortalité des adultes de *C. capitata*.

| | SCE | DDL | CM | Test F | P | ET | CV |
|-----------------|---------|-----|---------|---------|-------|-------|-------|
| Var.totale | 947 | 59 | 16,051 | | | | |
| Var.F1(dose) | 592,167 | 4 | 145,042 | 386,196 | 0,000 | | |
| Var.F2(temps) | 223,800 | 3 | 74,600 | 194,609 | 0,000 | | |
| Var.inter F1*F2 | 115,700 | 12 | 9,642 | 25,152 | 0,000 | | |
| Var. résiduelle | 15,333 | 40 | 0,383 | | | 0,619 | 13,76 |

Tableau 16 : Résultats de l'analyse de la variance pour la mortalité des adultes de la cératite selon les doses de l'extrait de *P. acetabulum*.

| | DDL | SCE | CM | Test F | P |
|---------------|-----|---------|--------|--------|-----------------------|
| Var.F1 (dose) | 4 | 264 ,20 | 66,050 | 17,458 | 1,63 ^e -05 |
| Résiduelle | 15 | 56,75 | 3,783 | | |

Tableau 17: Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% pour la mortalité des adultes de *C. capitata* par inhalation en fonction des facteurs temps et dose d'H.E de *M. communis*

| | SCE | DDL | CM | Test F | P | ET | CV |
|------------------------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------|
| Var.totale | 1024,58 | 59 | 17,37 | | | | |
| Var.F1(dose) | 73,33 | 4 | 183,58 | 55,63 | 0,0000 | | |
| Var.F2(temps) | 81,78 | 3 | 27,26 | 8,26 | 0,0002 | | |
| Var.inter F1*F2 | 76,47 | 12 | 6,37 | 1,93 | 0,0595 | | |
| Var. résiduelle | 132 | 40 | 3,30 | | | 1,82 | 35,7% |

Tableau 18 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% pour la répulsion moyenne observée chez les adultes de *C. capitata* selon les doses d'H.E de *M. communis* et substrat (TR/NT).

| | SCE | DDL | CM | Test F | P | ET | CV |
|-------------------|-----|-----|-------|--------|---------|-------|--------|
| Var.totale | 340 | 23 | 14,78 | | | | |
| Var.F1(dose) | | 3 | 0 | 0 | 0,99 | | |
| Var.F2 (substrat) | | 1 | 150 | 19,14 | 0,00052 | | |
| Var.inter F1*F2 | | 3 | 21,55 | 2,75 | 0,07605 | | |
| Var. résiduelle | | 16 | 7,83 | | | 2,799 | 55,98% |

Tableau 19 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% pour la mortalité des adultes de la cératite selon les doses de l'huile essentielle de *C. limonum* et le temps d'exposition.

| | DDL | SCE | CM | test F | Pr |
|-----------------------------|------------|------------|-----------|---------------|-----------|
| Var. totale | 59 | 976,85 | 16,557 | | |
| Facteur (dose) | 4 | 808,266 | 202,067 | 449,037 | 0,000 |
| Facteur (temps) | 67,783 | 3 | 22,594 | 50,21 | 0,000 |
| Facteur (temps/dose) | 12 | 82,8 | 6,9 | 15,33 | 0,000 |
| Résiduels | 40 | 18 | 0,45 | | |

Tableau 20 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% pour la mortalité des adultes de la cératite selon les doses de l'huile essentielle de *C. sinensis* et le temps d'exposition.

| | DDL | SCE | CM | test F | Pr |
|-----------------------------|------------|------------|-----------|---------------|-----------|
| Var. Total | 59 | 882,583 | 14,959 | | |
| Facteur (dose) | 4 | 751,167 | 187,79 | 469,47 | 0,000 |
| Facteur (temps) | 3 | 73,383 | 24,461 | 61,153 | 0,000 |
| Facteur (temps/dose) | 12 | 42,033 | 3,503 | 8,757 | 0,000 |
| Résiduels | 40 | 16 | 0,4 | | |

Tableau 21 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% pour la mortalité des adultes de la cératite selon les doses de l'huile essentielle de *C. paradisi* et le temps d'exposition.

| | DDL | SCE | CM | test F | Pr |
|-----------------------------|------------|------------|-----------|---------------|-----------|
| Var. total | 59 | 696,33 | 11,80 | | |
| Facteur (dose) | 4 | 595,833 | 148,95 | 125,88 | 0000 |
| Facteur (temps) | 3 | 36,333 | 12,11 | 10,23 | 0,0000 |
| Facteur (temps/dose) | 12 | 16,83 | 1,4 | 1,185 | 0,326 |
| Résiduels | 40 | 47,33 | 1,183 | | |

Tableau 22: Résultats de l'analyse de la variance pour le taux de mortalité larvaires selon le facteur dose de *R. officinalis*, temps et dose*temps.

| | DDL | SCE | CM | test F | Pr |
|-----------------------------|------------|------------|-----------|---------------|---------------------|
| Facteur (dose) | 3 | 425,58 | 141,861 | 212,7917 | 2,2e ⁻¹⁶ |
| Facteur (temps) | 3 | 15,42 | 5,139 | 7,7083 | 0,0005196 |
| Facteur (temps/dose) | 9 | 9,58 | 1,065 | 1,5972 | 0,158236 |
| Résiduels | 32 | 21,33 | 0,667 | | |

Tableau 23: Résultats de l'analyse de la variance selon le facteur dose (*R. officinalis*), temps, et dose/temps pour le nombre de larves transformées en pupes.

| | DDL | SCE | CM | test F | Pr |
|----------------------|------------|------------|-----------|---------------|--------------------|
| Facteur (dose) | 3 | 388,33 | 129,444 | 135,0725 | 2 ^e -16 |
| Facteur (temps) | 3 | 5,67 | 1,889 | 1,9710 | 0,1381 |
| Facteur (temps/dose) | 9 | 7 | 0,778 | 0,8116 | 0,6093 |
| Résiduels | 32 | 30,67 | 0,958 | | |

Tableau 24 : Résultats du test de Kruskal Wallis pour le taux d'émergence selon les différentes concentrations de l'extrait de *R. officinalis* et temps d'exposition.

| | W | df | P-value |
|----------------------|----------|-----------|-----------------------|
| Facteur dose | 35,4659 | 3 | 9,711e ⁻⁰⁸ |
| Facteur temps | 0,4309 | 3 | 0,9338 |

Tableau 25: Résultats du test de Kruskal Wallis pour taux d'émergence à partir des pupes selon les doses de *R. officinalis* et le temps d'exposition.

| | W | Df | Pvalue |
|---------------|----------|-----------|----------------------|
| Facteur temps | 0,1025 | 2 | 0,95 |
| Facteur dose | 26,8424 | 3 | 6,33e ⁻⁰⁶ |

Tableau 26: Résultats du test de Kruskal Wallis du taux de mortalité larvaire selon les doses et temps d'exposition à l'extrait de *L. stoechas*.

| | W | Df | P value |
|----------------------|----------|-----------|------------------------|
| Facteur temps | 0,8331 | 3 | 0,8415 |
| Facteur dose | 37,5018 | 3 | 3,603 ^e -08 |

Tableau 27: Résultats du test de Kruskal Wallis pour taux de larves transformées en pupes selon les doses de *L. stoechas* et temps d'exposition.

| | W | Df | P value |
|----------------------|----------|-----------|------------------------|
| Facteur temps | 0,4853 | 3 | 0,9221 |
| Facteur dose | 34,6816 | 3 | 1,422 ^e -07 |

Tableau 28: Résultats du test de Kruskal Wallis pour taux d'émergence selon le facteur dose et temps d'exposition à l'extrait de *L. stoechas*.

| | W | Df | P value |
|----------------------|----------|-----------|------------------------|
| Facteur temps | 2,7357 | 2 | 0,2547 |
| Facteur dose | | 2 | 3,265 ^e -05 |

Tableau 29: Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le taux d'émergence à partir des pupes exposées à l'extrait de *L. stoechas*.

| | DDL | SCE | CM | F | p |
|----------------------|------------|------------|-----------|----------|---------------------------|
| Facteur dose | 3 | 67,417 | 22,472 | 15,5577 | 7,852 ^e -06*** |
| Facteur temps | 2 | 153,722 | 76,861 | 53,2115 | 1,508 ^e -09*** |
| Dose*temps | 6 | 25,833 | 4,306 | 2,9808 | 0,02549 |
| Résiduelle | 24 | 34,667 | 1,444 | | |

Tableau 30: Analyse de la variance au seuil de 5% de la croissance moyenne de *P. roqueforti* en fonction du pH du milieu.

| | DDL | SCE | CM | Test F | P |
|-------------------------|------------|------------|-----------|---------------|-------------------------|
| Var.facteur (pH) | 4 | 8 ,6744 | 2,1686 | 31,27 | 2,385 .10 ⁻⁸ |
| Var. résiduelle | 20 | 1,3870 | 0,06953 | | |

Tableau 31 : Analyse de la variance au seuil de 5% de la croissance moyenne de *P. roqueforti* en fonction de la température.

| | DDL | SCE | CM | Test F | P |
|-------------------------|------------|------------|-----------|---------------|------------------------|
| Var.facteur T°C) | 4 | 202 ,967 | 50,742 | 710,67 | 2,2 .10 ⁻¹⁶ |
| Var. résiduelle | 20 | 1,428 | 0,071 | | |

Tableau 32 : Résultats du test Welch au seuil de 5% pour l'effet des milieux RC et PDA sur la croissance mycélienne moyenne de *P. roqueforti*.

| | DDL | Tc | P |
|------------------------|------------|-----------|----------|
| Effet du milieu | 08 | 0,7808 | 0,4574 |

Tableau 33 : Résultats du test de Welch au seuil de 5% pour l'effet du milieu sur la sporulation de *P. roqueforti*.

| | DDL | Tc | P |
|------------------------|------------|-----------|----------|
| Effet du milieu | 3,788 | - 4,584 | 0,01153 |

Tableau 34: Résultats de l'analyse de la variance du taux de mortalité larvaire selon les différentes doses conidiennes de *P. roqueforti*.

| | DDL | SCE | CM | Test f | P |
|------------------------|------------|------------|-----------|---------------|----------|
| Doses | 4 | 595 | 148,750 | 4,6974 | 0,0117 |
| Var. résiduelle | 15 | 475 | 31,667 | | |

Tableau 1: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur nombre de piqûres/fruit selon les variétés étudiées.

| Variétés | Classement des rangs |
|---------------|----------------------|
| Thomson | (a) |
| Wachington | (ab) |
| Valentia late | (abc) |
| Redhaven | (bc) |
| Cardinal | (cd) |
| Montréal | (cd) |
| Eureka | (de) |
| Achtoui | (de) |
| Moro | (e) |

Tableau 2: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur taux de fruit piqué selon les variétés étudiées.

| Variétés | Classement des rangs |
|------------|----------------------|
| Thomson | (a) |
| Wachington | (b) |
| Redhaven | (bc) |
| Valentia | (c) |
| Cardinal | (d) |
| Montréal | (e) |
| Achtoui | (e) |
| Eureka | (f) |
| Moro | (f) |

Tableau 3: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur nombre de pupes/fruit selon les variétés étudiées.

| Variétés | Classement des rangs |
|---------------|----------------------|
| Redhaven | (a) |
| Cardinal | (ab) |
| Achtoui | (abc) |
| Thomson | (bcd) |
| Valentia late | (cd) |
| Montréal | (d) |

Tableau 4: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur durée de pupaison selon les variétés étudiées.

| Variétés | Classement des rangs |
|---------------|----------------------|
| Thomson | (a) |
| Montréal | (a) |
| Valentia late | (b) |
| Achtoui | (c) |
| Redhaven | (d) |
| Cardinal | (d) |

Tableau 5: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur taux d'émergence selon les variétés étudiées.

| Variétés | Classement des rangs |
|---------------|----------------------|
| Redhaven | (a) |
| Cardinal | (ab) |
| Valentia late | (b) |
| Montréal | (c) |
| Achtoui | (c) |
| Thomson | (c) |

Tableau 6: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le facteur sex-ratio selon les variétés étudiées.

| Variétés | Classement des rangs |
|---------------|----------------------|
| Achtoui | (a) |
| Redhaven | (ab) |
| Montréal | (bc) |
| Cardinal | (cd) |
| Valentia late | (d) |
| Thomson | (d) |

Tableau 7: Résultats du test de Newman et Keuls pour le facteur longévité des femelles selon les variétés étudiées.

| Variétés | Groupes homogènes |
|---------------|-------------------|
| Valentia late | (a) 58,4 ± 0.54 |
| Achtoui | (b) 50,4 ± 5.41 |
| Cardinal | (c) 33,4 ± 0.54 |
| Redhaven | (c) 30,7 ± 5.51 |
| Thomson | (c) 25,8 ± 7.68 |
| Montréal | (d) 13 ± 5.32 |

Tableau 8: Résultats du test de Newman et Keuls pour le facteur longévité des mâles selon les variétés étudiées.

| Variétés | Groupes homogènes |
|----------|-------------------|
| Achtoui | (a) 35,2 ± 4.8 |
| Valentia | (b) 31,8 ± 0.83 |
| Cardinal | (c) 26,2 ± 0.83 |
| Thomson | (c) 22,6 ± 6.53 |
| Redhaven | (c) 22,5 ± 6.81 |
| Montréal | (d) 14,5 ± 4.25 |

Tableau 9: Résultats du test de Newman et Keuls pour le facteur dose de l'extrait *R. farinacea*

| Doses (μ l) | Groupes homogènes |
|------------------|---------------------|
| D20 | (a) 8.5 ± 0 |
| D15 | (b) 7.32 ± 0.85 |
| D10 | (c) 4.41 ± 0.66 |
| D5 | (d) 2.24 ± 0.76 |
| D0 | (e) 0 ± 0 |

Tableau 10: Résultats du test de Newman et Keuls pour le facteur temps d'exposition l'extrait*R. farinacea*

| Temps (heures) | Groupes homogènes |
|----------------|-------------------|
| T96 | (a) |
| T72 | (b) |
| T48 | (c) |
| T24 | (d) |

Tableau 11: Résultats du test de Newman et Keuls pour le facteur dose de *P. acetabulum*.

| Doses (μ l) | Groupes homogènes |
|------------------|----------------------|
| D35 | (a) 10 ± 0 |
| D30 | (a) 9.5 ± 0.28 |
| D25 | (ab) 7.75 ± 0.38 |
| D20 | (b) 5.5 ± 0.57 |
| D0 | (c) 0 ± 0 |

Tableau 12: Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification 5% pour le facteur dose d'H.E. de *M. communis*.

| Doses (μ l) | Groupes homogènes |
|------------------|---------------------|
| 30 μ l | (a) 10 ± 0 |
| 25 μ l | (b) 7.83 ± 2.03 |
| 20 μ l | (c) 4.17 ± 1.29 |
| 15 μ l | (c) 3.42 ± 1.96 |
| 0 μ l | (d) 0 ± 0 |

Tableau 13 : Résultats du test de Newman et Keuls pour le facteur temps d'exposition à l'HE de *M. communis*

| Temps | Groupes homogènes |
|-------|-------------------|
| 96h | (a) |
| 72h | (b) |
| 48h | (b) |
| 24h | (b) |

Tableau 14: Résultats du test de Newman et Keuls pour le facteur substrat (traité/ non traité avec l'HE de *M. communis*)

| Substrat | Moyenne (nombre de mouches) | Groupes homogènes |
|----------|-----------------------------|-------------------|
| NT | 7,5 ± 2.3 | (a) |
| TR | 2,5 ± 2.3 | (b) |

Tableau 15 : Résultats du test de Newman et Keuls pour le facteur dose et temps d'exposition à l'huile essentielle de *C. limonum*.

| Doses (µl) | | Groupe homogènes |
|------------|------|------------------|
| | 17µl | (a) |
| | 13µl | (a) |
| | 9µl | (b) |
| | 5µl | (c) |
| | 0µl | (d) |
| Temps | T96 | (a) |
| | T72 | (a) |
| | T48 | (b) |
| | T24 | (c) |

Tableau 16 : Résultats du test de Newman et Keuls pour le facteur dose et temps d'exposition à l'huile essentielle de *C. sinensis*.

| Doses (µl) | | Groupe homogènes |
|------------|------|------------------|
| | 17µl | (a) |
| | 13µl | (b) |
| | 9µl | (c) |
| | 5µl | (d) |
| | 0µl | (d) |
| Temps | T96 | (a) |
| | T72 | (b) |
| | T48 | (c) |
| | T24 | (d) |

Tableau 17 : Résultats du test de Newman et Keuls pour le facteur dose et temps d'exposition à l'huile essentielle de *C. sinensis*.

| Doses (μ l) | | Groupe homogènes |
|------------------|------------|------------------|
| | 17 μ l | (a) |
| | 13 μ l | (b) |
| | 9 μ l | (c) |
| | 5 μ l | (d) |
| | 0 μ l | (e) |
| Temps | T96 | (a) |
| | T72 | (ab) |
| | T48 | (b) |
| | T24 | (c) |

((

Tableau 18: Résultats du test Newman et Keuls pour les facteurs dose (*R. officinalis*) et temps d'exposition.

| | | Groupes homogènes | | | |
|------------|-----|-------------------|-----|-----|-----|
| Dose (ul) | D40 | (a) | | | |
| | D30 | | (b) | | |
| | D20 | | | (c) | |
| | D0 | | | | (d) |
| Temps (h) | 96 | (a) | | | |
| | 72 | (a) | | | |
| | 48 | (a) | | | |
| | 24 | | (b) | | |

Tableau 19 : Résultats du test Newman et Keuls pour le facteur dose testées (*R. officinalis*) sur les larves transformées en pupes.

| | | Groupes homogènes | | | |
|-----------|-----|-------------------|-----|--|--|
| Dose (ul) | D0 | (a) | | | |
| | D20 | | (b) | | |

| | | | | | |
|--|-----|--|--|-------|-----|
| | D30 | | | (c) | |
| | D40 | | | | (d) |

Tableau 20: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le taux d'émergence selon les doses de *R. officinalis*.

| Facteur (dose) | Classement des rangs | | |
|----------------|----------------------|-----|------|
| Témoin | (a) | | |
| D20 | | (b) | |
| D30 | | (b) | |
| D40 | | | (c) |

Tableau 21 : Résultats du test de Kruskal Wallis pour le classement du taux d'émergence à partir des pupes selon les doses de *R. officinalis*.

| Facteur (dose) | Classement des rangs | | |
|----------------|----------------------|-----|-------|
| Témoin D0 | (a) | | |
| D20 | | (b) | |
| D30 | | (b) | |
| D40 | | | (c) |

Tableau 22: Résultats du test de Kruskal Walis pour le classement des doses de l'extrait de *L. stoechas*

| | | Classement des rangs | | | |
|-----------|-----|----------------------|-----|-------|-----|
| Dose (ul) | D40 | (a) | | | |
| | D30 | | (b) | | |
| | D20 | | | (c) | |
| | D0 | | | | (d) |

Tableau 23 : Résultats du test de Kruskal Wallis pour le classement du taux de larves transformées en pupes selon les doses de *L. stoechas*

| | | Classement des rangs | | | |
|-----------|-----|----------------------|-----|-----|--|
| Dose (ul) | D0 | (a) | | | |
| | D20 | | (b) | | |
| | D30 | | (b) | | |
| | D40 | | | (c) | |

Tableau 24: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le classement du taux d'émergence selon les doses de *L. stoechas*

| | | Classement des rangs | | | |
|-----------|-----|----------------------|-----|--|--|
| Dose (ul) | D0 | (a) | | | |
| | D20 | | (b) | | |
| | D30 | | (c) | | |
| | D40 | | (c) | | |

Tableau 25: Résultat du test de Newman et Keuls pour le taux d'émergence à partir des pupes selon les doses *L. stoechas* et temps d'exposition.

| | | Groupes homogènes | | |
|---------------|-----|-------------------|-----|-----|
| Doses (µl) | D0 | (a) | | |
| | D20 | (a) | (b) | |
| | D30 | | (b) | |
| | D40 | | | (c) |
| Temps (jours) | T11 | (a) | | |
| | T10 | | (b) | |
| | T9 | | | (c) |

Tableau 26 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de 5% pour la croissance moyenne de *P. roqueforti* en fonction du pH.

| pH | (croissance Moyenne cm) | Groupes homogènes |
|-----|-------------------------|-------------------|
| pH5 | 8,02± 0.39 | (a) |
| pH8 | 7,53± 0.41 | (b) |
| pH7 | 7,34 ± 0.22 | (bc) |
| pH6 | 7,06± 0.32 | (c) |
| pH4 | 6,24 ± 0.44 | (d) |

Tableau 27 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de 5% pour la croissance moyenne de *P. roqueforti* en fonction de la température.

| Facteur (température °C) | Croissance moyenne (cm) | Groupes homogènes |
|--------------------------|-------------------------|-------------------|
| 20°C | 7,49 ± 0.2 | (a) |
| 28°C | 6,44 ± 0.22 | (b) |
| 35°C | 2,11 ± 0.12 | (b) |
| 5°C | 2,11 ± 0.23 | (b) |
| 4°C | 0 ± 0 | (d) |

Tableau 28 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil 5% du taux de mortalité larvaire selon les doses de *P. roqueforti*.

| Doses (n×10 ⁶ spores/ml). | Moyenne | Groupes homogènes |
|--------------------------------------|--------------|-------------------|
| d4 | 21,25 ± 6.44 | (a) |
| d2 | 13,75 ± 3.72 | (ab) |
| d3 | 11,25 ± 7.33 | (ab) |
| d1 | 8,75 ±4.78 | (b) |
| t | 5 ± 0 | (b) |

Tableau 29: Résultats du test de Kruskal Wallis du taux de larves transformées en pupes selon les doses de *P. roqueforti*.

| Doses ($n \times 10^6$ spores/ml). | Moyenne des rangs (larves transformées en pupes). | Rangs |
|--|---|-------|
| T | 18 | (a) |
| d2 | 12 | (ab) |
| d1 | 8,62 | (b) |
| d4 | 7,37 | (b) |
| d3 | 6,5 | (b) |

Tableau 30 : Résultats du test de Kruskal Wallis du taux de pupes mal formées selon les doses de *P. roqueforti*.

| Doses ($n \times 10^6$ spores/ml). | Moyenne des rangs (pupes mal formées). | Rangs |
|--|--|-------|
| D4 | 18.12 | (a) |
| D3 | 14,88 | (a) |
| D2 | 8,25 | (b) |
| D1 | 7,25 | (bc) |
| T | 4 | (c) |

Tableau 31 : Résultats du test de Kruskal Wallis du taux d'émergence selon les doses de *P. roqueforti*.

| Doses ($n \times 10^6$ spores/ml). | Moyenne des rangs (taux d'émergence). | Rangs |
|--|---------------------------------------|-------|
| T | 18,5 | (a) |
| d2 | 12,75 | (b) |
| d1 | 12,25 | (b) |
| d3 | 6 | (b) |
| d4 | 3 | (b) |

Tableau 32 : Résultats du test de Kruskal Wallis du taux d'émergence dans le sol contaminé selon les doses de *P. roqueforti*.

| Doses ($n \times 10^6$ spores/ml) | Moyenne des rangs (taux d'émergence) | rangs |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------|
| T | 18,5 | (a) |
| d3 | 11,25 | (b) |
| d1 | 9,62 | (b) |
| d4 | 7,62 | (b) |
| d2 | 5,5 | (b) |

Courbes d'étalonnage des polyphénols et des flavonoïdes

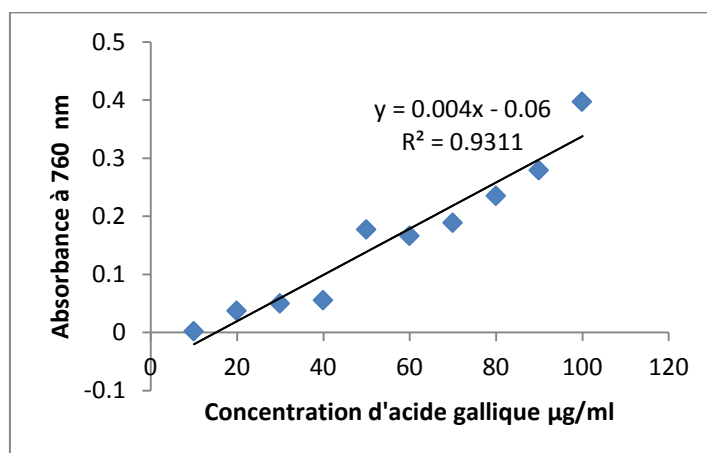


Figure 1 : Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux

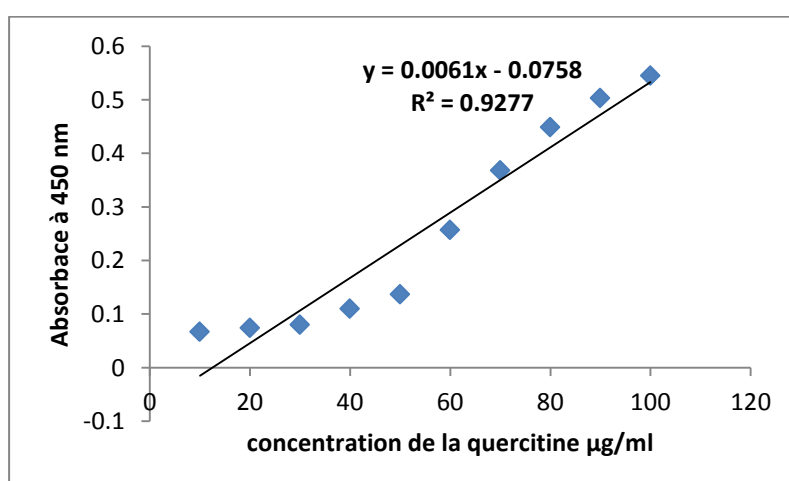


Figure 2: Courbe d'étalonnage des flavonoïdes



Available online freely at www.isisn.org

Bioscience Research

Print ISSN: 1811-9506 Online ISSN: 2218-3973

Journal by Innovative Scientific Information & Services Network



RESEARCH ARTICLE

BIOSCIENCE RESEARCH, 2017 14(3): 686-693.

OPEN ACCESS

Effect of citrus essential oils on the larvae evolution of *Ceratitis capitata* Wied. 1824 (Diptera: Tephritidae)

K. Bachi and D. Sadoudi- Ali Ahmed

Laboratoire de Production, Sauvegarde des Espèces Menacées et des Récoltes. Influence des variations climatiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, **Algeria**

*Correspondence: karima_bachi@yahoo.com Accepted: 21 august. 2017 Published online: 30 Sep. 2017

The Mediterranean fruit fly (Medfly), *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera: Trypetidae.) is one of the most significant pest being able to infest the orchards, if its proliferation is not controlled. Among the preventive measures recommended in looking for varieties that are less favorable to development of this pest. Moreover, we tested the bioinsecticidal effect of *Citrus limonum*, *Citrus sinensis* and *Citrus paradisi* essential oils on adults of *C. capitata*. The parameters studied are number of bites / fruit and the number of pupae / fruit. On the other hand, we evaluated the essential oils effects on the percentage mortality of *C. capitata* adults. The results show that the citrus varieties Thomson, Washington and Valencia late are the most piqued by *C. capitata* with a maximum of 1.78 bites / fruit on the Thomson. The number of pupae / fruit reveals that these citrus varieties are less infested or even lack of pupae in late Moro orange, soft orange Washington and lemon Eureka. The essential oils exert a highly significant toxic inhalation effect on the adults of fruit fly during the inhalation test. The dose of 17µl lemon essential oil appears to act more effectively on the longevity of *C. capitata* adults, since we obtained a cumulative mortality rate of 100% in less than 24 hours of exposure. At the end of this study, we confirm the toxicity of citrus essential oils on *C. capitata*, especially lemon essential oil. It would be interesting to define the main active ingredients of this oil acting as bio insecticides

Keywords: *Ceratitis capitata*, bio insecticidal, essential oil, *Citrus limonum*, *Citrus sinensis*, *Citrus paradisi*

INTRODUCTION

The Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera: Trypetidae) is one of the most important fruit pests of citrus (Eskafi, 1990; Katsoyannos et al, 1998; Mavrikakis et al, 2000). Some citrus fruits attract the fruit fly to lay, but the majority of these bites do not give pupae. The fruit variety appears to act very highly significantly on the fruit fly infestation (Sadoudi Ali Ahmed et al. 2012). Some citrus variety reveals resistance mechanisms that reduce survival, fecundity and longevity of Mediterranean fruit flies (Papachristos et al, 2008; Papachristos and Papadopoulos, 2009; Papachristos et al. 2009). Papachristos and Papadopoulos (2009) reported

that the flies that developed and oviposited on the lemon indicate a tendency to decrease the population on this host. According to same authors resistance of citrus fruit to medfly infestation is directly related to citrus essential oils.

Citrus fruit fly rind is the first barrier that eggs and newly hatched larvae face. Larvae penetrating the citrus peels to the most nutritious fruit pulp have to overcome the toxic effect of the peels essential oils (Papachristos et al. 2008). In this context we have studied the infestation of some fruit varieties including citrus fruits. Firstly, we studied the infestation of citrus fruit by comparison with other fruits according to the

number of bites / fruit and the number of pupae / fruit of *C. capitata*. Secondly we tested the insecticidal effect of three essential citrus oils *Citrus sinensis*, *Citrus limonum* and *Citrus paradisi* on adults of *C. capitata*

MATERIALS AND METHODS

In order to study the infestation by *C. capitata* of different citrus fruit varieties compared to other fruits, we harvested 6 varieties of citrus fruits in the citrus orchards of Tizi Ouzou town (100 km far from Algiers) in addition to two varieties of peaches and one variety of black fig

The fruit varieties sampled are: Eureka lemon, Valentia late orange, Thomson orange, Wachington orange, Moro orange, Clementine Monreal, Cardinal and Redhaven peaches, Achoui black fig. We note that these fruit varieties are sampled at maturity. In the laboratory we have enumerated the stitches for each variety with the naked eye and when these are not visible we use the magnifying glass.

In order to calculate the number of pupae per fruit we have placed the fruit varieties in sieves, which are arranged in bowls containing about 2 cm of sand that is used to retrieve the pupae because the third-stage larvae leave the fruit of a sudden relaxation to sink in shallow soil where pupation takes place, giving the pupae. These pupae are collected daily by sieving the sand.

The emergence of the adults intended for the study of the insecticidal effect of three essential citrus oils on their longevity and this by adopting an inhalation test.

This test consists in observing the longevity of the adults of *C. capitata* by adopting the following experimental protocol:

Cotton mass soaked with oil essential is put in glass bottle of one liter. It's attached to a wire with the internal face of the lid of the bottle. Various doses of each essential oil (05, 09 13 and 17 ul) are injected into cotton.

Five couples of *C. capitata* of the same generation are introduced into each bottle which will be closed hermetically.

The tests are repeated three times for each dose. Pilot batches are carried out in parallel without being exposed to essential oils.

At the end of 24, 48, 72 and 96 hours of each test an enumeration of the dead individuals is carried out.

RESULTS

Number of bites / fruit

According to the results shown in Figure 1, the Thomson variety had the highest number of pits of 1.78 bites / fruit. It is classified in group (a). It is followed by the two varieties Wachington and Valentia late with an average of 1.70 and 0.88 bites / fruit respectively. On the other hand the least piqued variety is Monreal with 0.88 bites / fruit

The Kruskal Wallis test revealed a very highly significant effect of the variety on the number of bites / fruit ($P = 2.17 \times 10^{-5}$).

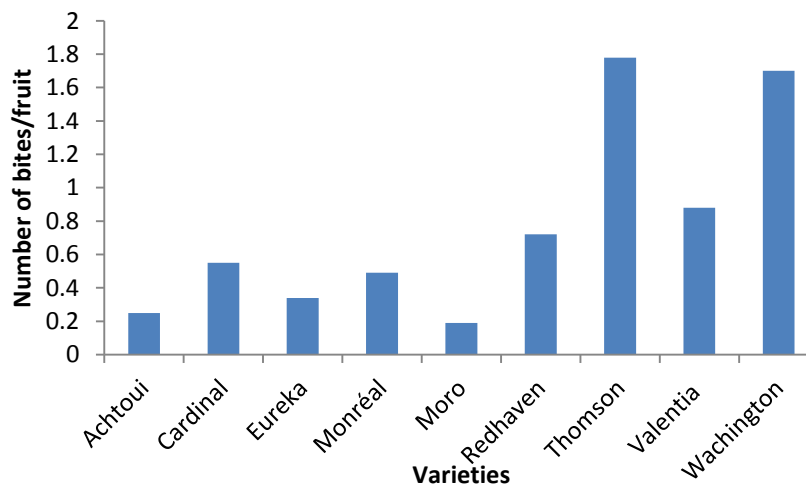


Figure 1: Average number of bites / fruit by variety

Average number of pupae / fruit

According to the results presented in Figure 2, the Redhaven peach has the highest pupal / fruit ratio of 1.78 pupae / fruit. It is followed by the

Cardinal peach which presents 0.94 pupae / fruit. On the other hand, the late orange Valentia late is the least infested with 0.016 pupae / fruit

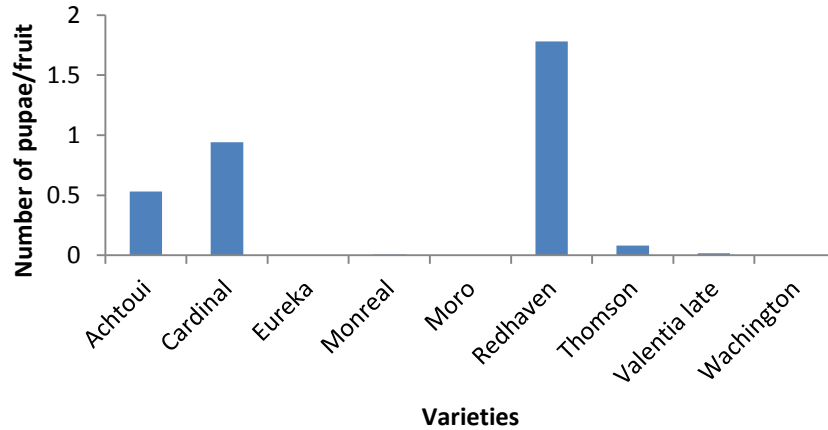


Figure 2: Number of pupae / fruit according to varieties

The Kruskal Wallis test revealed a very highly significant effect of the number of pupae / fruit depending on the variety ($P = 0.001267$).

mortality of the flies of *C. capitata* to the dose 5 μ l after 96 h of exposure. However the dose 17 μ l seems to act in a way more effective than the doses 5, 9 and 13 μ l since we recorded 100% of mortality after 24 h of exposure (fig 3)

Biological tests

Treatment with lemon essential oil

With the essential lemon oil, we recorded a total

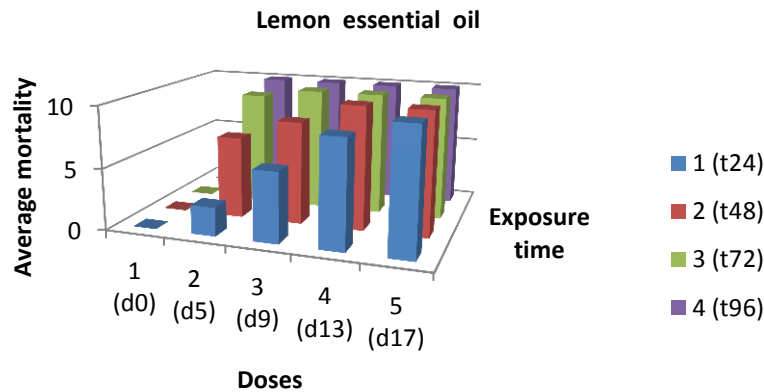


Figure 3: Average mortality of the adults of *C. capitata* according to doses and exposure time to essential lemon oil

doses, time, like their interaction ($P=0,000$).

The results of the analysis of the variance, show a difference very highly significant for the factor

Treatment with the sweet orange essential oil

With the sweet orange oil, we recorded a total

mortality of the flies to the dose 13µl after 96 h of exposure. However, the dose 17µl seems to be more effective since we recorded 100% of mortality after 48 h of exposure (fig 4). The results of variance analysis, show a difference very highly significant for the factor doses, time and their interactions (P=0,000).

Treatment with the grapefruit essential oil
The grapefruit oil reveals an effective inhalatoire effect after 96 H of exposure to the dose of 17µl where 100% of mortality was recorded (fig 5).

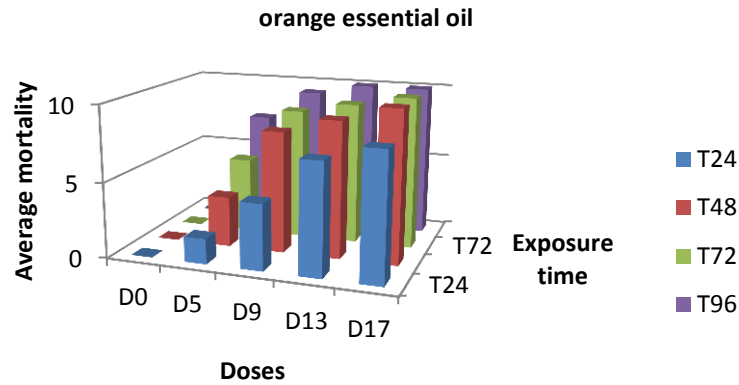


Figure 4: Average mortality of the adults *C. capitata* according to doses and exposure time to essential sweet orange oil

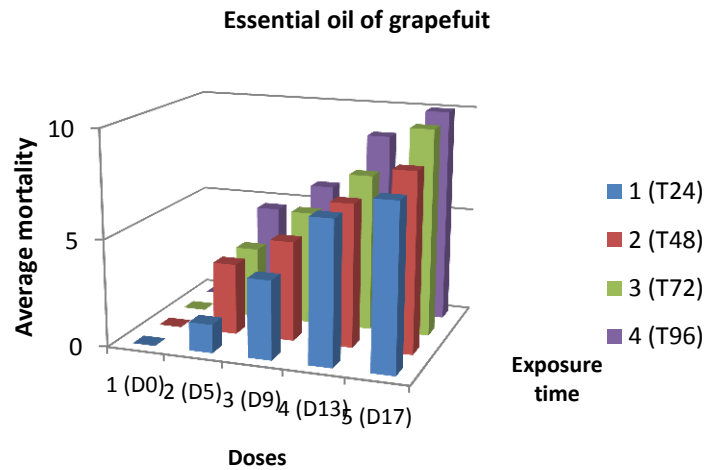


Figure 5: Average mortality of the adults of *C. capitata* according to doses and exposure time to essential grapefruit oil

We noted, at the beginning of the treatment by three essential oils, that the flies present movements fast and disordered as the amounts and the time increase this activity decreases until the death of the fly. The results of the analysis of the variance, show a difference very highly significant for the factor dose, time, but no significant for their interactions (P>0,005)

to the number of bites revealed that *C. capitata* shows a preference for certain varieties. Similarly, the results of the statistical analysis reveal that the variety exerts a very highly significant effect on the number of stings / fruit and on the rate of fruit stitched. The infestation estimate based on the number of bites / fruit of the 9 varieties studied, revealed that Thomson was the most pricked with 1.78 bites / fruit. It's followed by the two varieties Wachington and Valentia late. After these varieties of oranges, Redhaven peaches come in fourth position with a number of 0.72 bites / fruit.

DISCUSSION

The study of the infestation of fruits according

The varieties Eureka lemon, Moro late orange and Achtoui black fig are less infested.

These results are consistent with those of Katsoyannos (1986) and Papadopoulos et al. (2001) who found that adults of *C. capitata* are attracted by the most voluminous fruits. Similarly, Papaj & Opp (1989) inferred that the volume of fruits plays a role in the rate of infestation. Ali Ahmed- Sadoudi (2007) reports that the most infested varieties are those whose fruits have bright colors.

Female fruit flies use a variety of chemical, visual and tactile stimuli to detect and accept a suitable fruit to lay their eggs (Papadopoulos et al., 2006a). According to Sampaio et al. (1984) and Quillici (1993), the attractiveness of *C. capitata* would be due to the volatile compounds emitted long before fruit maturation such as Thomson. These compounds are olfactory stimuli for *C. capitata*. Dhouibi et al. (1995) reported that chemical parameters such as the essential oil content of the bark and the nature of the volatile substances could play a significant role in the attraction or repulsion of the pest. This partly explains our results on lemon. Its thick bark rich in essential oils and its acidity make it the least infested fruit.

Feron (1962) has highlighted the importance of light intensity and quality of light which can cause variable responses when choosing the oviposition site. He reports that the brightness of the oviposition site, rather than its color, has a major influence on egg deposition.

Moro late orange variety is the least piqued. This is characterized by a very thick skin compared to other varieties of Citrus fruit which does not facilitate the task for females for egg laying. The thickness of the epidermis has a determining role in the infestation of fruits by *C. capitata*. These results agree with those of Ortu (1982) who reported that late varieties of Citrus fruits are the most resistant to attack by *C. capitata*.

The results show that the number of pupae / fruit varies very highly according to the variety.

We found that only the three following varieties Redhaven, Cardinal and Achtoui have yielded a significant number of pupae. The Redhaven peach is ranked first with 1.78 pupae / fruit. It is followed by Cardinal peach in second position with 0.34 pupae / fruit. In third position, comes the Achtoui black fig with 0.53 pupae / fruit.

The three varieties of *Citrus* Thomson orange, Valentia late and Monreal Clementine gave few pupae with averages of 0.08; 0.016 and 0.007

pupae / fruit. On the other hand, the other varieties of *Citrus* fruits Eureka lemon, Moro and Wachington orange gave no pupae. Despite the large number of *C. capitata* bites observed on Thomson, Wachington and Valentia late fruits; this did not result in the formation of a large number of pupae or even absence of pupae. Papadopoulos et al. (2006a) reported that several activities of adult fruit flies such as sexual interactions take place on host fruits and they are stimulated by host plant properties. On another side, chemical and physical properties of the fruits may deter oviposition and cause egg and larva mortality conferring various degrees of resistance to respective fruit crops.

According to Ioannou et al. (2012), limonen, the most abundant chemical in all Citrus oils, stimulates oviposition, whereas linalool, a representative compound of immature Citrus fruit associated with high toxicity against immature stage of fruit flies *C. capitata*, has a significant deterrent effect. According to Greany et al. (1983); Aluja et al. (2003); Birke et al. (2006); Aluja and Mangan, (2008) and Papachristos et al. (2008), Citrus species have developed several mechanisms to defeat infestations of fruit flies as well as infestations by other insect species. The chemical properties of fruits, especially the peel essential oils are considered to be the most important resistance mechanism of citrus fruits against fruit flies.

According to Soria (1963) and Dhouibi et al. (1995), larval mortality in Citrus, especially orange, may be due to the chemical composition of the fruit bark. Loussert (1989) reported that a thicker epidermis hinders larval development. Delrio (1985) adds that on Citrus fruits, eggs and larvae have a very high mortality due to the toxicity of the species of skin bark.

Our results are always in agreement with those of Sampaio et al. (1984), Delrio (1985); Loussert (1989) and Dhouibi et al. (1995) on the thickness of the epidermis and the toxicity of the species of bark and skin. They explain perfectly the absence of pupae in the variety Eureka lemon, Moro and Wachington orange. Ortu (1982) found that the number of oily glands per cm² of the surface of the fruit plays an important role in the resistance of fruits to attacks by *C. capitata*.

The results obtained show clearly that essential oils of *Citrus limonum*, *Citrus sinensis* and *Citrus paradisi*, reveal a significant effect on mortality of

C. capitata adults, reducing the longevity of *C. capitata* adults with increasing concentrations and

exposure time. At the highest doses, we record rates that sometimes reach 100% in less time (24 hours).

The essential oil of *Citrus limonum*, proves more effective since a mortality of 100% was observed with 17µl in 24 hours. Salvador et al.(2004) note after a series of experiments led to the laboratory that the addition of a small quantity of citral, 5,7 dimethoxycoumarine and linalool to the extract of stored lemon zest would increase the larval mortality of *C. capitata* to an identical average mortality that obtained with fresh lemon zest extract. Therefore, we can assume that toxicity of lemon essential oil on *C. capitata* adults, would be probably related to citral; 5, 7 diméthoxycoumarine and linalool.

After the essential lemon oil, we note the effectiveness of essential oil of *Citrus sinensis* oil compared to *Citrus paradisi* essential oil. We obtained 100% of mortality with the orange oil after 48 hours of exposure to 17µl and 100% of mortality to the same amount after 96 hours with the grapefruit oil. Papachristos et al. (2009) reported that citrus peel essential oils are considered to constitute the most important resistance factor of citrus fruit against larvae fruit flies. Our results do not agree with those of Papachristos et al. (2009) who reports that the two essential oils of sweet and bitter orange give better results against *C. capitata* compared to lemon essential oil. Among the three essential oils that we tested, limonene proves to be the major compound. The essential oil of sweet orange has the highest percentage of 94.49%. We assume that the toxicity of these oils on *C. capitata* adults is bound, in part to limonene. Our results are agree with those of Papanastasiou et al. (2017) who reports that limonene, a major constituent of citrus essential oils, induces high mortality of adult medflies at increased doses.

Referring to the infestation study of citrus and the toxicity of the essential oils of *Citrus limonum*, *Citrus sinensis*, and *Citrus paradisi*, we are able to conclude that the citrus essential oils are toxic to *C. capitata*. It would be interesting to extract the essential oils from the resistant citrus varieties such as orange Wachington, Moro and Eureka lemon which inhibits larval development, thus preventing the formation of pupae. It would also be interesting to isolate their chemical composition having a larvicidal and bio insecticidal role on the Mediterranean fruit fly.

CONCLUSION

Referring to the infestation study of citrus and the

toxicity of the essential oils of *Citrus limonum*, *Citrus sinensis*, and *Citrus paradisi*, we are able to conclude that the citrus essential oils are toxic to *C. capitata*. It would be interesting to extract the essential oils from the resistant citrus varieties such as orange Wachington, Moro and Eureka lemon which inhibits larval development, thus preventing the formation of pupae. It would also be interesting to isolate their chemical composition having a larvicidal and bio insecticidal role on the Mediterranean fruit fly.

CONFLICT OF INTEREST

The present study was performed in absence of any conflict of interest".

ACKNOWLEDGEMENT

I thank Ms Ali Ahmed samira for statistical analysis that she did for us and also I thank the owners of orchards who allowed us sample the different fruit varieties.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

B.K. performed the experiment and also wrote the manuscript. D.S.A.A. performed animal treatments and reviewed the manuscript. All authors read and approved the final version.

Copyrights: © 2017 @ author (s).

This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

REFERENCES

- Ali Ahmed-Sadoudi D, 2007. Bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera : Trypetidae) dans quelques vergers de la Kabylie. Thèse de Doctorat Univ. Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algeria. 179 p.
- Aluja M, Mangan RL, 2008. Fruit fly (Diptera: Taphritidae) host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. *Annals Review of Entomology* 53: 473-502.
- Aluja M, Perez - Staples D, Macias-Ordonez R, Pineiro J, Mc Phron B, Hernandez -Ortiz V, 2003. Nonhost status of *Citrus sinensis*

- cultivar Valentia and *C. paradisi* cultivar Ruby Red to Mexican *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 96: 1693-1703.
- Birke A, Aluja M, Greany P, Birgurra E, Perez - Staples D, Mc Donald R, 2006. Long aculens and behavior of *Anastrepha ludens* render gibberellic acid ineffective as an agent to reduce Ruby Red' grapefruit susceptibility to the attack of pestiferous fruit fly in commercial groves. *Journal of Economic entomology* 99: 1184-1193.
- Delrio G, 1985. Tephritid pests in citriculture. CEC/Proc. Experts meeting. Acireale; Balkema. Rotterdam. Integrated pest control in Citrus. Ed. Recher. Cavalloro and E. Dimartino, pp: 135-149.
- Dhouibi M H, Gahbich H & Saadia B, 1995. Evolution de l'attaque des fruits par *Ceratitidis capitata* en fonction de la position sur l'arbre et du degré de maturité des oranges. *Fruits* 50 (1): 39-49.
- Eskafi FM & Kolbe ME, 1990: Infestation patterns of commonly cultivated edible fruit 1348 species by *Ceratitidis capitata* and *Anastrepha spp.* (Diptera: Tephritidae) in Guatemala and their relationship to environmental factors. *Environ. Entomol* 19: 1371-1380.
- Feron M, 1962. L'instinct de reproduction chez la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitidis capitata* Wied. Comportement sexuel, comportement de ponte. *Rev. Pathol végét. Entomol. Agri. Fr* 41: 1-129.
- Greany PD, Styers SC, Davis PL, Shaw PE, Chambers DL, 1983. Biochemical resistance of citrus to fruit flies. Demonstration and elucidation of resistance to the Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspense*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 34 : 40-50.
- Ioannou CS, Papadopoulos NT, Kouloussis NA, Tanaki CI, Katsoyannos BI, 2012. Essential oils of Citrus fruit simulate oviposition in the mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* (Diptera : Tephritidae). *Physiological Entomology* 37 (4): 330-339.
- Katsoyannos BI, 1986. Effect of color properties on the selection of oviposition site by *Ceratitidis capitata*. *Entomol. Exp. Appl* 42: 187-193.
- Katsoyannos BI, Kouloussis NA, Carey JR, 1998. Seasonal and annual occurrence of Mediterranean fruit fly (Diptera : Tephritidae) on Chios island, Greece: differences between two neighbouring citrus orchards. *Annals of the Entomological Society of America* 91: 43-51.
- Mavrikakis PG, Economopoulos AP, Carey JR, 2000. Continuous winter reproduction of the Mediterranean fruit fly (Diptera : Tephritidae) in Heraklion, Crete, Southern Greece. *Environmental Entomology* 29: 1180-1187.
- Loussert R, 1989. Les agrumes. V. 1. Arboriculture. Ed. Tec. & Doc., Paris. 112p.
- Ortus S, 1982. Observation on the temporary resistance of fruits of some species of Citrus to the lack of *Ceratitidis capitata* Wied. In Sardinia. *Studi. Sassaresi* 7: 159-172.
- Papachristos DP, Kimbaris AC, Papadopoulos NT & Polissios MG, 2009. Toxicity of Citrus essential oils against *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) larvae. *Annals of Applied Biology* 155: 1-9.
- Papachristos DP & Papadopoulos NT, 2009. Are Citrus species favorable host for the Mediterranean fruit fly? A demographic perspective. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 132: 1-12.
- Papachristos DP, Papadopoulos PNT, Nanos GD, 2008. Survival and development of immature stage of the Mediterranean fruit fly (Diptera : Tephritidae) in citrus fruit. *Journal Economic Entomology* 101: 866-872.
- Papadopoulos NT, Katsoyannos BI, Kouloussis NA, Hendrichs J, 2001. Effect of orange peel substances on mating competitiveness of male *Ceratitidis capitata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 99: 253-261.
- Papadopoulos NT, Katsoyannos BI, Kouloussis NA, 2006 a. Effect on plant chemicals on the behavior of the Mediterranean fruit fly. *Proceedings of International Fruit fly Meeting Brazil 5-12 September 2006*, in Press.
- Papaj DR & Opp SBRJ, 1989. Cross inductions of fruit fly acceptance by medfly *Ceratitidis capitata*. *J. Insect behavior* (2) 15 : 241-254.
- Papanastasiou SA, Bali E-MD, Ioannou CS, Papachristos DP, Zarpas KD, Papadopoulos NT, 2017. Toxic and hormetic-like effects of three components of citrus essential oils on adult Mediterranean fruit flies (*Ceratitidis capitata*). *PLoS ONE* 12 (5): e0177837. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177837>.
- Quillici S, 1993. Programme de recherche et d'action sur la mouche méditerranéenne des fruits à l'île de la Réunion. *Fruit* 49: 28- 41.
- Sadoudi-Ali Ahmed D, Rezoug N, Saiki F, and Soltani N, 2012. Effect of the variety of fig Tree on some biological Parameters of *Ceratitidis capitata* Wied. 1824 (Diptera:

- Trypetidae) in some Orchards in the Kabylie. Journal of Life Sciences 6: 313-320.
- Salvador A, Borkosky S, Willink E, Barton A, 2004. Toxic effects of lemon peel constituents on *Ceratitis capitata*. Journal of Chemical Ecology 30: 323-333.
- Sampaio GH, Myazaki I & Olivera DA, 1984. Possible factors determining the degree of susceptibility of certain Citrus varieties to attack by fruit flies. Biologico 5: 273-284.
- Soria F, 1963. Etude des populations et de dispersion de *Ceratitis capitata* Wied.(Diptera : Trypetidae) en Tunisie à l'aide des radio-isotopes. Int. Atomic. Energy. Agency (IAEA) I vienne. pp : 357-363.

BIOLOGICAL CONTROL WITH THE FUNGI *PENICILLIUM ROQUEFORTI* AGAINST *CERATITIS CAPITATA* Wied. 1824 (DIPTERA: TEPHRITIDAE)

BACHI KARIMA & ALI AHMED SAOUDI DJAMILA

Laboratoire de Production, Sauvegarde des Espèces Menacées et des Récoltes (PSEMR).

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Algérie.

ABSTRACT

The fight against pests of fruit crops remains essentially chemical. Currently, we realized that it has harmful effects on the environment and on humans. A new perspective of biological control through the use of biological agents such as fungi gives promising results. In the laboratory, we tested the insecticidal activity of four doses of the conidial suspension of *Penicillium roqueforti* (class of Eurotiomycetes) on the third larval stage of *Ceratitis capitata*. The results reveal that the rate of larval mortality increases after 24 hours of inoculation up to 21.25% at the dose d4 (5.10^6 spores / ml). Similarly, the rate of larvae transformed in pupae has reached 77.5% with dose d3 (4.10^6 spores / ml). The rate of malformed pupae, increases to 71.25% for the higher dose represented by d4 (5.10^6 spores / ml). The adult emergence rate of *C. capitata* decreases with increasing dose to be canceled dose d4. This rate decreases for adults formed from larvae placed in the soil contaminated with *P. roqueforti* to 12.5% at the dose d2 ($3.2. 10^6$ spores / ml). We conclude that this biological test showed that *P. roqueforti* presents a biopesticidal potential against larvae and pupae of *C. capitata*.

KEYWORDS: *Ceratitis Capitata*, *Penicillium Roqueforti*, larvae, pupae, biopesticide

INTRODUCTION

The Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae), is one of the most important pests of fruit. It is a polyphagous insect that causes huge economic losses (Lux et al., 2003). It is the main obstacle to production and export of fruits. It has a wide distribution in the Mediterranean from where the name of the Mediterranean fruit fly (Lekchiri, 1982; Nunez, 1987). In Algeria, especially in Kabylia, the medfly causes much damage to fruit crops (Sadoudi Ali Ahmed et al., 2012) because the climate associated with biotic and cultural factors offer favourable conditions for its development. The damages of this fruit fly are of two types: on the one hand, those due to the bites of female caused by nesting attempts which give the fruit a bad appearance. On the other hand, the damages due to the larvae which cause fruit rot and result in mold in particular *Penicillium digitatum* (Cayol et al., 1994).

Several control methods are recommended against this pest but the fight remains essentially chemical despite the adverse effects of organophosphate pesticides on the insect itself which develops resistance.

The Autocide fight, also called the sterile insect technique (SIT), allowed the eradication of this pest in some areas such as California and Southern Mexico (Riba et Silvy, 1989; Arevalo-Galarza et Follet, 2011). These same authors found that the treatment of infested fruit papaya *Carica papaya* by the SMDD technique makes ethanol vapor highly lethal to the larvae and adults of the fruit fly, when the insects were exposed to low doses. Similarly, they produced fewer pupae.

Current researches have used biological control including the use of microorganisms such as entomopathogenic fungi as an alternative to chemical fight against *C. capitata*. *Metarhizium anisopliae*, with its asexual reproduction is a fungus that has been the subject of many biological control trials against the Mediterranean fruit fly. This is related to its infestation mode (Meyling and Eilenberg, 2007) and the insect's toxicity mechanisms (Clarkson and Charnley, 1996). It was demonstrated that the penetration of spores varies with the degree of contamination and the thickness of the cuticle (Brooks et al., 2004).

Biopesticides, which are soluble crude extracts, produced from the fermentation of pathogenic fungi *M. anisopliae* and *Bauveria sp.*, are considered as promising insecticides for the control of the Mediterranean fruit fly (Lopez and Orduz, 2003; Dimbi et al., 2009; Amora et al., 2009; Ortiz-Urquiza et al., 2010 a). Several of these biopesticides intended for the control of fruit fly were extracted from *Metarhizium* (Butt et al., 1994; El Akhdar and Houada, 2009; Ortiz-Urquiza et al., 2009; Molina et al., 2010; Ortiz-Urquiza et al., 2010 b; Ortiz-Urquiza et al., 2010a). These products are characterized by the presence of toxins called destruxins secreted by this fungus (Vey et al., 2001).

It is in this context that this study is registered with aims to evaluate the biopesticidal effect of a conidial suspension of *Penicillium roqueforti* on *C. capitata* larvae and pupae and highlight its entomopatogenicity.

P. roqueforti is an ascomycete fungus saprophyte widespread in nature. Its main industrial use is the production of blue cheese like "Roquefort", "Fourme d'Ambert", "blue Auvergne" etc. (Moreau, 1980). It is the main cause for the maturation of cheeses in which it operates through its proteolytic and especially lipolytic enzymes (Assenat, 1967; Gripon & Berger, 1972).

Enzyme production by *P. roqueforti* varies depending on culturing conditions (Stepanaik et al., 1980). It's an interesting fungus, mainly because of its various substrates on which it develops and also for metabolites that may develop.

MATERIAL AND METHODS

Animal material

The third larval stage of *C. capitata* are recovered from infested fruit from different orchards of Kabylia (Algeria).

Isolation of *Pinicillium Roqueforti*

We put the roquefort in a pasteurized transparent jar in which we can observe it and provide it with water to keep it wet. This jar is placed in a drying oven in complete darkness at a temperature of 20 ° C. After two weeks we have noticed the rapid development of the fungus on the surface of all the cheese which we sampled and seeded on the Potato Dextrose Agar (PDA) maintenance medium.

Maintenance of the mycelium and transplanting

After solidification of the PDA culture medium in Petri dishes, *P. roqueforti* was seeded from previously prepared cultures of 8 days.

In order to multiply the mold cultures, we made new samples of inoculums rings implants of 1cm diameter which we planted on two medium Potato Dextrose Agar (PDA) and Rapper Complete (RC).

Determination of the average sporulation's intensity of the fungus in both culture media

The intensity of sporulation is estimated after 8 days of incubation on both PDA and RC environments. Three washers inoculum of 1 cm diameter are removed from the edge of each culture medium. The spores laden surface is scraped aseptically using a metal spatula, which we put in 1 ml of distilled water. An agitation during 2 minutes makes it possible to release the spores of the conidiophore. At the end of agitation, we added 9 ml of distilled water to achieve a dilution of 10^{-1} followed by homogenization of the tubes for 3 minutes. After counting using a cell Malassez, we determined the number of spores / ml in the stock solution for each medium. The latter is considered as the reference concentration in the biological treatment of larvae.

Treatment of the third larval stage by the conidial suspension at various concentrations (spores / ml)

In Petri dishes of 9 cm diameter, the larvae of the third stage of the fruit fly (20 larvae / Petri dish) are sprayed with a 10 ml spray conidial suspension at different concentrations : d1 (2×10^6), d2 (3.2×10^6), d3 (4×10^6) and d4 (5×10^6 spores / ml) with 4 repetitions for each concentration. A control is performed in parallel, sprayed with 10 ml of distilled water. To assess the effect of the fungus on the larvae, we calculated the rate of larval mortality, the rate of larvae transformed into pupae, the pupae malformed rate and the emergence rate of the adult of the fruit fly resulting from pupae.

On the other hand, we put the third larval stage of *C. capitata* in plastic trays of $13 \times 10 \times 23$ cm containing 2 cm of soil from the orchard where we recovered infested fruit (20 larvae / tray). We sprayed soil of each container with 10 ml of each conidial suspension (d1, d2, d3 and d4) with 4 replicates for each concentration. The trays are placed in a dark and wet environment. We recall that the larvae are introduced into the contaminated soils after allowing the fungus to incubate in soil for 8 days.

A control is performed in parallel and under the same conditions by spraying the soil with distilled water. After 10 days we calculated the rate of emergence. Pupae which did not give adults are transferred into Petri dishes containing a wet filter paper to observe possible development of a fungus on their cuticle and determine if they are really attacked by *P. roqueforti*.

The results are analyzed by the software R. When normality was verified by the Shapiro- wilk test we conduct an analysis of variance. In the contrary case we submitted our results to the Kruskal -Wallis test.

RESULTS

Rate of Larval Mortality

From the results shown in Figure 1, we notice that the larvae mortality of *C. capitata* is 5% for the control (d0). This mortality increases with the number of spores in the conidial suspension to reach a maximum rate of 21.25% to d4 dose (5×10^6 spores / ml).

The analysis of variance at 5% shows that the larval mortality rate differs significantly depending on the doses used ($P = 0.0117$ *). Newman and Keuls test class d4 dose in the group (a) and d0 and d1 in the group (b).

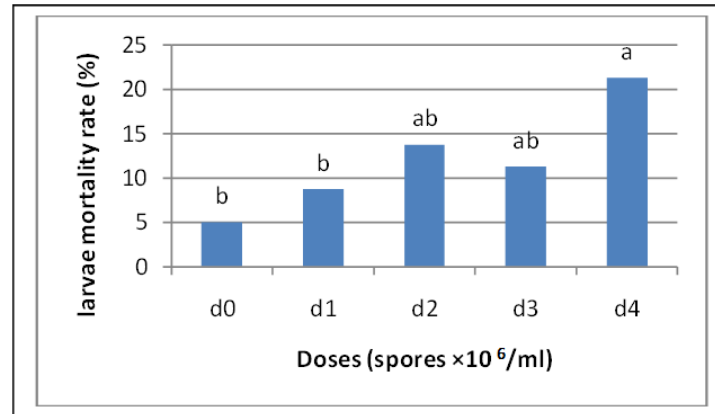


Figure 1: Mortality rate of the third larval stage of *C. Capitata* according to conidial suspension of *P. roqueforti* after 24 hours of treatment.

Larvae rate transformed into pupae.

According to the results shown in Figure (2), 95% of control larvae (d0) are transformed into pupae after 48 hours. At the dose d2, we obtained 85% of pupae from treated larvae. This rate decreases to 77.5% at the dose d3 which is of the order of 4×10^6 spores / ml.

The Kruskal -Wallis test shows a significant difference in the rate of pupae transformed into larvae according the different doses (p -value = 0.03249).

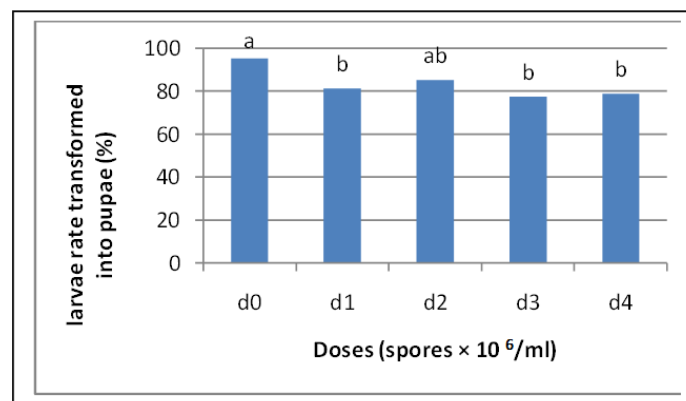


Figure 2: Rate of the third larval stage of *C. Capitata* transformed into pupae after 48 hours of treatment with different doses of the conidial suspension of *P. roqueforti*

Malformed pupae rate

According to the results presented in Figure 3, the control has not malformed pupae. On the contrary, the pupae malformed rate increases by increasing the number of spores in the conidial suspension. At the dose d1 which is of 2×10^6 spores / ml, we recorded a malformed pupae rate of about 5%. This rate increases to 71.25% at the dose d4 which is of the order of 5×10^6 spores / ml.

The Kruskal -Wallis test shows a significant difference in rate of malformed pupae according to the different doses of the conidial suspension (p -value = 0.002776).

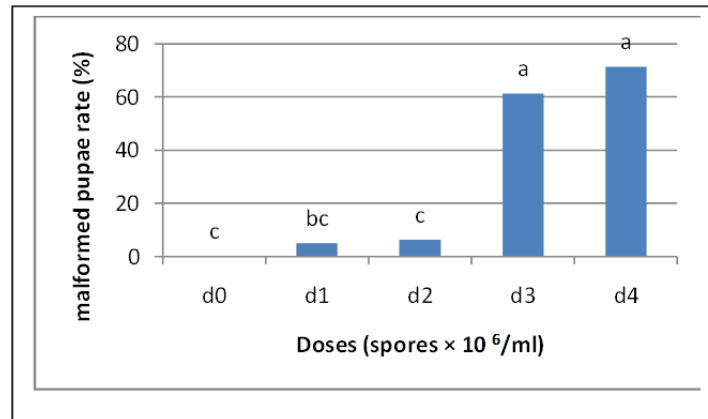


Figure 3: Malformed pupae rate of *C. capitata* according to doses of conidial suspension of *P. roqueforti* after 48 hours of treatment

Adult emergence rate of the medfly resulting from treated larvae

According to the results presented in Figure 4, the control has a maximum emergence rate of about 80%. However this rate decreases by increasing the number of spores in the conidial suspension. At the dose d3 we record an emergence rate of 4.95%. This rate vanishes at the dose d4 which is of the order of 5×10^6 spores / ml.

The Kruskal -Wallis test shows a significant difference of emergence rates according to the different doses (p - value = 0.001584).

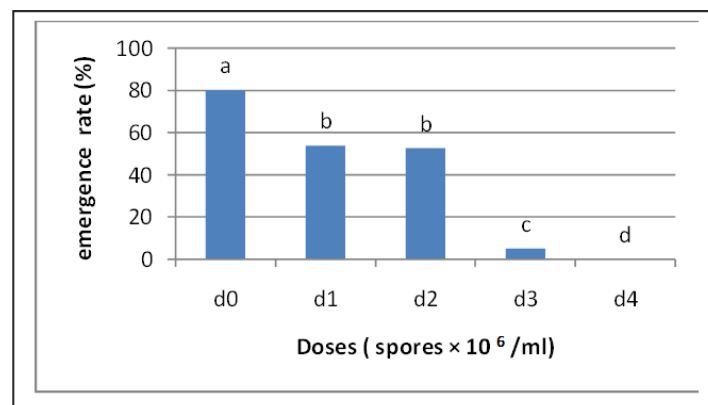


Figure 4: Adult emergence rate from *C. capitata* pupae treated with conidial suspension of *P. roqueforti*.

Adult emergence rate of *C. capitata* in the soil contaminated with the conidial suspension of *P. roqueforti*

According to the results presented in Figure 5, the control has a maximum rate of adult emergence 72.5%. This rate decreases by increasing the number of spores of *P. roqueforti*. At the dose d2 which is 3.2×10^6 spores / ml, we record a rise of 12.5%.

The Kruskal -Wallis test shows a significant rate of emergence according to different used doses (p -value = 0.0218).

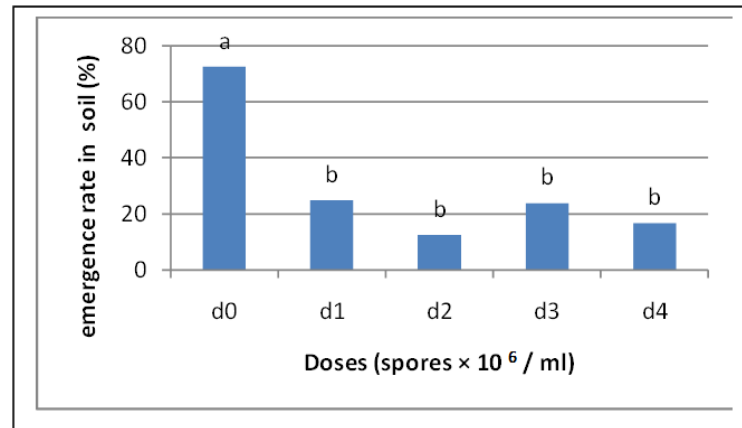


Figure 5: Adult emergence rate of *C. capitata* from pupae placed in a contaminated soil according to the different doses of the conidial suspension of *P. roqueforti*

DISCUSSION

The results show a decrease in larval mortality compared with the control. We recorded a larval mortality rate of 21.25% at a dose of 5×10^6 spores / ml against 5 % for the control after 24 hours of treatment.

Similarly, the result shows a decrease in the number of healthy pupae from larvae treated with conidial suspension of *P. roqueforti* after 48 hours. Thus we obtained 77.5% of healthy pupae with the dose 4×10^6 spores / ml against 95% of healthy pupae in the control. In addition, we observed a high number of malformed pupae by increasing the doses. In fact we recorded, 71.25% of pupae malformed at the dose of 5×10^6 spores / ml contrariwise the control presented only healthy pupae. The spores of *P. roqueforti* therefore exert an insecticidal effect on larvae and pupae of *C. capitata*.

Our results are in accordance with those of Boudjlidae and Soltani (2011) which showed the larvicidal activity of the entomopathogenic fungus *M. anisopliae* (Metsch) against the fourth larval stage of *C. capitata*. The accumulated percentage of mortality after 7 days of inoculation was 26.13 % for the lower dose of about $6,5 \cdot 10^5$ spores / ml and increased to 89.05 % for the higher dose represented by $52 \cdot 10^5$ spores / ml.

According to Gallo *et al.*, (2002) the third larval stage leave the fruit to pupate in the soil. At this stage, they become vulnerable before entomopathogenic fungi (Gutierrez *et al.*, 2000; Bissoli, 2004).

Our results are also in accordance with those of Bissoli (2004) who found that *M. anisopliae* caused mortality of 66, 5% of larvae of *C. capitata*. In the other hand, they do not agree with those of Dinalva *et al.*, (2006) who reported that the conidia of *M. anisopliae* do not affect larva survival in the soil with or without fungus.

Studies have shown that the toxicity of the fungus *M. anisopliae* (Metsch), used in the fight against fourth stage larvae and adults of *C. capitata*, is due to the selective action of enzymes secreted by the fungus itself act on the compound of the insect cuticle and facilitates the penetration of the hyphae through the cuticle (Butt *et al.*, 1994; Ekesi *et al.*, 2003; Yee and Lacey, 2005).

Nguyen *et al.*, (2008) reported a high larval mortality of the fifth stage of the Lepidoptera *Helicoverpa armigera* (Noctuidae), by the contamination of three entomopathogenic fungi *M. anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana* with a dose of 1×10^7 conidia / ml for each of fungal species.

Our results are in line with those of Riba et al., (1984) who found that strains of *M. anisopliae* and *P. citrinum* have been very aggressive against larvae of *Culex pipiens*, *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensis*. They manifest their insecticidal effect through toxin, either by colonizing the hemocoel.

The same author notes that the strains of *P. citrinum* kill mosquito larvae without multiply in the host, probably through a process toxic. In contrary, Roberts, (1967) showed that *M. anisopliae* attack larvae by respiratory siphon. That is why this germ kills more mosquitoes when applied to the surface of the water. But indeed, if larvae are placed in conidial suspensions of high concentration (10^7 spores / ml) the fungus can kill it before colonizing the hemocoel.

Laboratory studies have showed that *M. anisopliae* is pathogenic to eggs of *C. capitata* (Casilho, 2000), larvae (Gutierrez et al., 2000) and adults (Gracia et al., 1984, 1985; Dimbi et al., 2003; Boudjilidae and Soltani, 2011).

We observed a decrease in the rate of emergence in the case of larvae treated only with conidia of *P. roqueforti* where the rate of emergence vanishes at a dose of 5×10^6 spores / ml against control who has 80%. Similarly in the case where the larvae are placed in contaminated soil, the emergence rate decreases up to 12.5% against a control which represents 80% emergence.

Our results are in line with those of Dinalva et al., (2006) who obtained an emergence rate of 44.2% from medfly larvae treated with *M. anisopliae* against a control who has given 87% of adults. When they treated the fruit fly pupae with the same fungus, they got 22.3% of adults emerged from pupae treated against 89.5% for the control.

Similarly, our results corroborate those of Ekesi et al., (2003) who found a decrease of adult emergence rate of the medfly compared to the control, after inoculation of spores of *M. anisopliae* in soil.

The decrease in the rate of emergence of adults resulting from larvae treated with *P. roqueforti* could be due to the effect of the fungus on the larva before pupation.

According Ferron et al., (1975) the larvae were probably contaminated with spores at pupation; these had already sprouted and started the infectious process that led to the death of the nymph.

Quentela et al., (1994) shown that the soil sprayed with conidia solution of *M. anisopliae* and *B. bassiana*, control 30% to 50% larval mortality of *Chalcodermus bimaculatus* (Fiedler). Conidia have a significant effect on adult emergence compared with their effect on the larvae.

According Mochi et al., (2006) toxic synthesized by *M. anisopliae* interfere especially with the emergence of adults rather than the larval mortality.

According Castilho (2000), these results may be influenced by environmental conditions such as humidity and temperature which affect the spore germination. The influence of climatic conditions on insect mycosis has been mentioned many times (Macleod et al., 1966; Moor, 1973; Riba et al., 1984; Mochi et al., 2006; Hassan, 2014).

Ferron et al., (1975) report that the relative humidity is also often mentioned as a key factor in the success of the infection. They accepted, generally, that the pathogenic fungi spores can germinate in the presence of a water film or water-saturated atmosphere.

Riba et al., (1984) find that a few hours of exposure to relative humidity between 10 and 90% significantly reduce

the activity of entomopathogenic hyphomycetes. Thus, the germination of conidia of *B. bassiana* does not exceed 20% if they were placed 25 days at 30% of humidity. In addition, the duration of the pathogenesis of *B. bassiana* against corn borer larvae is increased about 3 days when the relative humidity decreases from 100 to 30%. Under these conditions the fungus can not sporulate on the surface of cuticles.

If *M. anisopliae* is placed less than 90% humidity, it loses infectivity against eggs of the corn borer. Moreover, an exposure of from one day to the humidity below 90% is sufficient to reduce by 85% the number of eggs attacked by this fungus.

According to our results, we noticed that after the death of the fruit fly pupae, *P. roqueforti* continues its development saprophytically and colonize different tissues. After complete invasion of the dead pupa, further development of *P. roqueforti* is conditioned by ambient moisture. Therefore, we put the pupae that did not give adults in Petri dishes containing a wet filter paper in order to have high humidity. The mycelium after having again get through the cuticle, but this time from the inside outwards, grows on surface to form conidiophores.

According Prasertphon and Tanada (1968), the entomopathogen could be conserved as chlamydo spores. As the fungus multiplies on or inside the dead pupae, we can consider that each pupae killed by the fungus is a potential source of infection likely to maintain the pathogen inoculum from one generation to the next or from one year to another. According Ferron (1977), it is possible to infect a pest population by artificial dispersing an inoculum multiplied laboratory regardless of the relative humidity values of the atmosphere.

CONCLUSION

We conclude that *P. roqueforti* affects significantly the survival of third larval stage of *C. capitata*. It would be interesting in the future to determine by which process this pathogenicity is done. Is that only by multiplying itself in the host as *P. citrinum* or secreting toxins or both mechanisms at the same time? Likewise, is it as *M. anisopliae* attacking the larvae through the respiratory siphon?

We also retain that *P. roqueforti* affect pupation decreasing the larvae rates transformed into pupae and increasing the number of malformed pupae.

This is possible thanks to its enzymatic mechanism and different secreted toxins, which degrades the protein cuticles pupae of the Mediterranean fruit fly. Thus, indirectly, it affects the rate of emergence of the flies in both cases (with or without soil).

We got a decreased rate of emergence from control in the two previous cases (with or without soil). The emergence rate is zero in the fourth dose (5×10^6 spores / ml).

P. roqueforti therefore affects the last phase of the cycle of the medfly as the adult emergence phase. This fungus, used extensively in the food industry especially in the cheese dairy, is appears as an interesting entomopathogenic fungus in biological control against *C. capitata*.

REFERENCES

1. Ali ahmed Sadoudi D., Rezoug, N., Saiki F., Soltani, N., 2012. Effect of the variety of fig tree on some biological parameters of *Ceratitis capitata* Wier. 1824 (Diptera: Trypetidae) in some orchads in the kabylia. Journal of Life

- Sciences 6: 312-319.
2. Arevalo-Galarza L., Follet P.A., 2011. Response of *Ceratitis capitata*, *Bactrocera dorsalis*, and *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) to metabolic stress disinfection and disinfections treatment, *Journal of Economic Entomology* 104 (1): 75-80.
 3. Amora S.S.A., Bevilaqua C.M.L., Heijo, F.M.C., Silva M.A., Pereira, R.H.M.A., Silva, S.C., Alvers, N.D., reire F.A.F., Oliveira, D.M., 2009. Evaluation of the fungus *Beauveria bassina* (Deuteromycotina: Hyphomycetes), a potential biological control agent of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera, Psychodidae) *Bio. Control.*, (50): 329-335.
 4. Assenat L., 1967. Contribution à l'étude d'une méthode d'identification des laits et fromages au moyen de l'électrophorèse sur gel de polycrylamide. *Le lait*, XLVII, pp 393-414 et 495-502.
 5. Brooks A.G., Aquino, A., de Muro, Burre, E., Moor, D., Taylor, M.A., Wall, R., 2004. Growth and pathogenicity of isolates of fungus *Metarhizium anisopliae* against the parasitic mite, *Psoroptes ovis*: effect of temperature and formulation. *Pest. Manag. Sci.*, 60 : 1043-1049.
 6. Butt, T.B., Ibrahim, L., Ball, B.V., Clarck, S.J., 1994. Pathogenicity of the entomogenous fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria Bassina* against crucifer pest and the honey bee. *Biocontrol Sci. Techn.*, (4): 207-214.
 7. Boudjlidae H., Soltani N., 2011. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch) on *Ceratitis capitata* L. (Diptera: Tephritidae) *Annals of Biological Research*, 2 (2): 104-110.
 8. Bissoli G., 2004. Patogenicidade e circulação de fungos entomopatogenicos para larvas e pupas da mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Dissertacao de mestrado. Faculdade de Ciências Agrarias e Veterinarias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 50 p.
 9. J.M. Clarkson & A. K. Charnley 1996. New insights into the mechanisms of fungal pathogenesis in insects. *Trend Microbiol.*,(4) :197-203.
 10. Cayol J.P., Causse, R., Louis, C., Barthes, J., 1994. Medfly *Ceratitis capitata* as a rot vector in laboratory conditions, *Journal of Applied Entomologie* 117: 338-343.
 11. Castillo, M.A., Moya, P., Hernandez, E., Yufera, E.P., 2000. Susceptibility of *Ceratitis capitata* Wiedeman (Diptera: Tephritidae) to entomopathogenic fungi and their extract. *Biol. Control* 19: 247-282.
 12. Dimbi S., Maniana, N.K., Ekesi, S., 2009. Effect of *Metarhizium anisopliae* inoculation on the mating behavior of three species of African Tephritid Fruit flies, *Ceratitis capitata*, *Ceratitis cosyra* and *Ceratitis fasciventris*. *Bio.Control.*, 50 (2): 111-116.
 13. Dimbi, S., Maniana, N.K., Lux, S.A., Ekesi, S., & Mueke J., 2003. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin and *Bauveria bassina* (Balsamo) Vuillemin, to three adult fruit fly species: *Ceratitis capitata* (Wiedeman), *C. rosa* var . *fasciventris* Karsch and *C. cosyra* (Walken) (Diptera: Tephritidae). *Mycopathologia* 156: 375-382.
 14. Dinalva A, Mochi, A., Monteiro, C., Sergio, A., Debortoli, Haydao, S., Doria Ejosé, Barbosa, C., 2006. Pathogenicity of *Metarhizium anisoplia* for *Ceratitis capitata* (Wied) (Diptera: Tephritidae) in soil with different

- pesticides. Ed Biological control. Neotropical Entomology. Espagne. 35(3): 382-389.
15. Ekisi, S., Maniana, N.K., Lux, S.A., 2003. Effect of soil temperature and moisture on survival and infectivity of *Metarhizium anisopliae* to four Tephritid fruit fly puparia. *J. Inverteber. Path.* 83: 157-167.
 16. E. A. El-Akhdar, S.M. Ouda 2009. Pathogenicity of different Fungal Isolates to the Adult stage of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitidis capitata* (Wiedmann). *Egyptian J. Biol. Pest Control*, 19 (1): 5-10.
 17. Ferron P., Robert P.H., 1975. Virulence of entomopathogenic fungi (fungi imperfecti) for adults of *Acanthoscelides obtectus* (Coleopteran, Bruchidae). *J. Invert. Pathol.* 25: 168-192.
 18. Ferron P., 1977. Influence of relative humidity on the development of fungal infection caused by *Beauveria bassina* (fungi imperfecti, Moniliales) in imagines of *Acanthoscelides obtectus* (Coleopteran, Bruchidae). *Entomophaga*. Volum 22, Issue 4: 393-396.
 19. Gripon J.C & J.C. Bergère 1972. Le système protéolytique du *Penicillium roqueforti*. I. Condition de production et nature du système protéolytique. *Le lait*, 518, 497-514.
 20. Gallo, D., Nakano, O., Silveira, N., Carvallho, P.R.L., G. de Bastita, Berli Filho, E., Parra P.R.L., Zucchi, Alves, S.B., Vendramim, J.D., Marchini, LC., Lopes, J.R.S. & Omoto, C., 2002. Entomologia Agricola. Piracicaba, FEALQ, 290 p.
 21. Gutierrez, R.L., De- La- Luz, A.T., Ochoa, J.M., Dominguez, O.R., Pescadro, A.R., Edwards, M.L. & Aluja, M., 2000. Virulence of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina : Hyphomycetes) on *Anastrepha ludens* (Diptera : Tephritidae) : Laboratory and field trials. *J.Econ. Entomol.* 93: 1080-1084.
 22. Garcia, A.S., Messias, C.L., Souza H.M.L. & Piedrabuena, A.E., 1984. Patogenicidade de *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* em *Ceratitidis capitata* (Wied.) (Diptera, Tephritidae). *Rev. Bras. Entomol.* 28 : 421-424.
 23. Garcia, A.T.E., Baracho, I.R., Souza H.M.T. & Messias C.L., 1985. Virulência de linhagens mutante e diploides de *Metarhizium anisopliae*, em *Ceratitidis capitata* (Wied.) (Diptera, Tephritidae). *Rev. Bras. Entomol.* 29 :267-270.
 24. Hasan S., 2014. Entomopathogenic Fungi as Potent Agent of Biological Control: International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR). ISSN: 2321- 0869 Volum 2, Issue -3:234-237.
 25. Lux, S.A., Ekisi, S., Dimbi, S., Mohamed, S., Billah, M., Mango, M., 2003. Infesting fruit flies in Africa- perspective and limitations of biological approaches to their management. In: *Neuenschwander, C. Borgemeister and J. Langewald*, Editions, Biological Control in IMP systems in Africa, CABI, Wallingford. Pp. 277-293.
 26. Lekchiri, A., 1982. La cératite au Maroc, CEC/IOBC Symposium Athènes, R. Cavallero, pp. 571-575.
 27. Lopez L., Orduz, S., 2003. *Metarhizium anisopliae* and *Tricoderma viride* for control of mests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes*. *Bio. Control.*, (27): 194-200.
 28. Meyling N.V., Eilenberg, J., 2007. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassina* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: Potential for conservation biological control. *Biological Control* 43(2): 145-155.

29. Molina, C.A., Cana-Rosa, J.F., Osuna, A. and Vilchez, A., 2010. Selection of a *Bacillus pumilus* Strain Highly Active against *Ceratitis capitata* (Wiedmann) Larvae. Appl. Environ. Microb., 76 (5): 1320-1327.
30. Moreau C., 1980. Le *Penicillium roqueforti*, morphologie, physiologie, intérêt en industrie fromagère, mycotoxines (Révision bibliographique). Le lait, INRA Edition, 60 (595-596) : 254-271.
31. Mochi, A., Monteiro, A.C., Dorias, H.O.S., Barbosa, J.C., 2006. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) in soil with different pesticide. Ed Biological control. Neotropical Entomology. Espagne 35 (3) (42) 382-389.
32. Macleod, R.A., Smith, L.D.H. and Gelinas, R., 1966. Metabolic injury to bacteria.I. Effect of freezing and storage on the requirements of *Aerobacter aeorogenes* and *Escherechia coli* for growth. Can. J.Microbiol. 12: 61-72.
33. Moore I., 1973. The role of the sterile male technique in integrated control. Bulletin, Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des plantes.
34. Nunez, B.L., 1987. La moska del mediterreo, Informa (Enera. Febero-Maio), CA, pp. 9- 17.
35. Nguyen T.H.N, Brogemeister, C., Poehling, HM., Zimmermann, G., 2008. Laboratory investigation on the potential of entomopathogenic fungi for biocontrol of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera : Noctuidae) larvae and pupae. Biocontrol Science and Technology 17 (8): 853-864.
36. Ortiz-Urquiza A., Vergara- Ortiz, A., Santiago- Alvarez, C.and Quesada-Moraga, E., 2010b. Insecticidal and sublethal reproductive effects of *Metarhizium anisopliae* culture supernatant protein extract on the Mediterranean fruit fly. J. Apl. Entomol., 134 (7): 581-591.
37. Ortiz-Urquiza, A., Garrido-Jurado, I., Santiago- Alvarez, C., Quesada-Moraga, C., 2009. Purification and characterization of proteins secreted by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* with insecticidal activity against adult of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Pest Manag. Sc.*, 65(50): 1130- 1139.
38. Ortiz- Urquiza, A., Rivero-Miranda, L., Santiago-Alvarez, S. and Quesada-Moraga, E., 2010a. Insect toxic secreted protein and virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassina*. J. Invertebr. Pest Pathol. 105: 270-278.
39. Prasertphon S., Tanada, Y., 1968. The formation and circulation, in Galleria, of hyphal bodies of entomophthoraceous fungi. J. Invertebr. Pathol. 11: 260-280.
40. Quintela, E.D., Wraight, S.P., Quindere M.A.W.& Robert, D.W., 1994. Apliçaa de conidios de *Bauveria bassina* (Bals) Vull. E *Metarhizium anisopliae* (Meth) Sor. Para controle de larvas de *Chalcodermus bimaculatus*. Boh. (Coleoptera : Curculionidae) no solo. An. Soc. Entomol Brasil 23 : 367-377.
41. Riba G., Aliout Keta, Jean-Jaques Vincent 1984. Sensibilité des larves de moustiques à différents espèces d'hyphomycètes entomopathogènes. Ent. med. Et parasitol., Vol. XXII., (4) : 271-276.
42. Riba G., Silvy, Marcandier, S., Goussard, J., 1984. Influence de l'humidité relative sur l'agressivité et la viabilité des souches de *Beauveria bassina* (Bals) Vuillemin et de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin,

- hyphomycètes pathogènes de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilis* Hübn. Agronomie, E.D.P.Sciences, 4 (2) : 189-194.
43. Riba G., Silvy, C., 1989. Combattre les ravageurs des cultures enjeux et perspectives, I.N.R.A. Paris, p230.
44. Roberts D.W., 1967. Some effects of *Metarhizium anisoplia* and its toxins on mosquito larvae: 243-246, in *Insects Pathology and Microbial Control*. Holland Ed. Van der Laan.
45. Stepanaik, L., Kornacki, K., Grabska, J. et Wodeki, E., 1980. Influence de certaines conditions de la culture superficielle sur la reproduction des lipases et des protéases par des souches de *Penicilium roqueforti* et *Penicilium candidum*. Le lait, LX, pp, 591-592.
46. Vey, A., Holland, R., Butt, T., 2011. Toxic metabolites of fungal biocontrol agents, in fungal Biocontrol agents: Progress, Problems and potential, (T.M. Butt, C. Jackson & N. Magan, Eds). CABI, Wallingford.
47. Yee, W.L., Lacey, L.A., 2005. Mortality of different lif stage of *Rhagoletis indifferens* (Diptera, Tephritidae) exposed to the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *J. Entomol. Sci.* 4 (2): 167-177.



Scholars Research Library

Annals of Biological Research, 2018, 9 (1): 1-6

(<http://www.scholarsresearchlibrary.com>)



ISSN 0976-1233

CODEN (USA): ABRNBW

ISSN:0976-1233

Insecticidal Effect of Two Lichen Species Extracts *Ramalina farinacea* (L.) Ach. and *Parmelia acetabulum* (Neck.) Duby on adults of *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera: Tephritidae)

K Bachi*, F Sahmoune-Sidi Mansour, D Sadoudi-Ali Ahmed

PSEMRVC Laboratory, Mouloud Mammeri University of Tizi Ouzou, Algeria

ABSTRACT

The bioefficacy of the lichen substances of *R. farinacea* (L.) Ach and *P. acetabulum* (Neck.) Duby is evaluated against adults of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* Wied., considered one of the most important pests of fruit crops. By performing a fumigation test, we found that these two extracts of lichens reveal a very highly significant insecticidal effect on the adults of the fruit fly. We obtained 100% adult mortality after 48 hours of exposure to the dose of 20 µl/L air of *R. farinacea* extract and at this same dose of *P. acetabulum* extract we obtained 100% adult mortality after 96 hours (20 µl/L of air are taken from lichen acetone extract with a concentration of 0.03 mg plant powder per 1 µl of acetone).

Keywords: *Ramalina farinacea*, *Parmelia acetabulum*, *Ceratitis capitata*, Lichenic extract, Insecticide

INTRODUCTION

The Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera: Tephritidae) is one of the most important fruit pests. It is the main obstacle to the production and exports of fruits, because of its wide distribution in the Mediterranean hence named "Mediterranean fruit fly" [1,2]. The damages they caused are twofold: on the one hand, they are those attempting nesting females; those bites give a bad appearance to the fruit. On the other hand, we retain the damage caused by larvae that feed on fruits and galleries are opening the way for the fungi, especially *Penicillium degitatum* [3]. To limit the damage caused by this pest, several methods of fight are used. Pesticides are often used in order to limit the damages despite the inconveniences related to their costs, their toxicity, their residues and to the resistance phenomenon that has appeared in several species of stored product pest insects [4]. The autocidal control, also called the sterile insect technique (TIS), allowed the eradication of this pest in some parts of the world such as California and southern Mexico as well as cultural control such as tillage and choice of resistant varieties also gave good results [5]. Many researchers had interest to alternative control by using biological insecticides. However, only a few components and formulations of biological origin are available and marketed worldwide [6]. In this study, the insecticidal effect of *R. farinacea* (L.) Ach., 1810 and *P. acetabulum* (Neck.) Duby 1830 extracts have been tested on the longevity of adults of the Mediterranean fruit fly by adopting a fumigation test. Currently, lichen extracts are the subject of various studies, particularly in the biological control of insect pests [7].

Lichens are formed through symbiosis between fungi and algae and/or cyanobacteria [7]. They usually grow on rocks, bark and on the ground. They are widely used in various fields such as floral decoration, pollution bioindication, medicine and perfumery [8,9]. Lichens are known to produce a great number of secondary metabolites, most of these compounds have bioactive properties [10,11]. Usnic acid, one of the most common lichen compounds, is widely found in many genera, such as *Usnea*, *Cladonia*, *Ramalina* and *Parmelia* [11]. The biological activities of usnic acid such as antiviral, anti-protozoal, antiproliferate, analgesic, anti-inflammatory and antipyretic activity were examined by Cocchietto et al. [12] and Ingolfsdottir [13].

MATERIALS AND METHODS

Lichens

The lichen *R. farinaceae* was collected in the forest of Darna (Kabylia), on June 2012. It is a forest-type site that extends over an area of 450 ha and an altitude of 985 m. It is located southeast of the wilaya of Tizi-Ouzou having coordinates 36°28'-36.30"N latitude and 4°15'-04.17"E longitude. The lichen *P. acetabulum* was collected on the northern slope of the mountain forests of Tala-Guilef (Kabylia) in September 2014. This forest site is located at an altitude of 1337 m with angular coordinates as 36°28'48.44"N latitude and 4°00'15.07"E latitude. These two forest areas belong to the Djurdjura National Park.

Adults of C. capitata

Adults of *C. capitata* were obtained from the infested figs *Ficus carica* L. of the variety Zith elkhadem under controlled laboratory conditions at $27 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ humidity and at light/darkness ratio of 11/12. These figs are placed in sieves, which are arranged in bowls containing about 2 cm of sand that is used to retrieve the pupae because the third-stage larvae leave the fruit of a sudden relaxation to sink in shallow soil where pupation takes places, giving the pupae. The strainers are covered with a muslin mesh diameter which is less than that of drosophila, and attracted by the fruit during fermentation, the pupae are collected daily by sieving the sand. The emerged adults were counted daily and those who are less than 24 h old are used in fumigation tests to highlight the bioinsecticide effect of *R. farinacea* and *P. acetabulum* extracts.

Acetone extracts of lichens

To obtain the lichens extracts of the two species, we adopted the protocol of Van Halluwyn & Lerond [14]. The lichen, dried at room temperature, is crushed in a mortar vessel.

To carry out the extraction by maceration, we introduced 300 mg of lichen powder into a test tube to which were added 10 ml of acetone. The mixture is left so macerated for at least 3 h with occasional stirring. The obtained liquid extract was concentrated and green in color because of the complete extraction of the lichenic compounds. It was from this crude acetonetic extract that we took the different doses used in the fumigation test.

Fumigation test

The test was performed under laboratory conditions at $27 \pm 1^\circ\text{C}$ temperature and $70 \pm 5\%$ relative humidity. It consist in exposing five pairs of *C. capitata* adults, aged less than 24 h, to vapors of each essential oil inside of a glass bowl (of 1 L volume). The experimental lichens extracts dose was deposited on a mass of cotton fixed with a wire at the internal face of the cover equipped with a hermetic joint. Control is made without exposing the flies to lichens extracts.

For each tested dose and the control, counting of the dead individuals was performed after 24, 48 and 96 h of exposure. Three repetitions were performed.

Statistical analysis

Results obtained were subjected to variance analysis (ANOVA) tests based on classification criterion. When this analysis provided significant differences, it was completed by the test of Newman-Keuls at 5% (logiciel Statbox, version 6.1).

RESULTS

Effect of R. farinacea extract on longevity of C. capitata

The *R. farinaceae* extract exert an insecticidal effect on adults of *C. capitata* according with the doses tested and the exposure time compared to the control that shows no adults mortality of the *C. capitata* as described in Figure 1.

At the lowest dose of 5 $\mu\text{l/L}$ air, we obtained 100% mortality after 96 h of exposure. On the other hand, the dose of 20 $\mu\text{l/L}$ air proves to be more effective, since we obtained a mortality percentage of 100% after only 48 hours of exposure of adults to the lichenic extract of *R. farinacea* compared with the control that shows no adult mortality of the *C. capitata*.

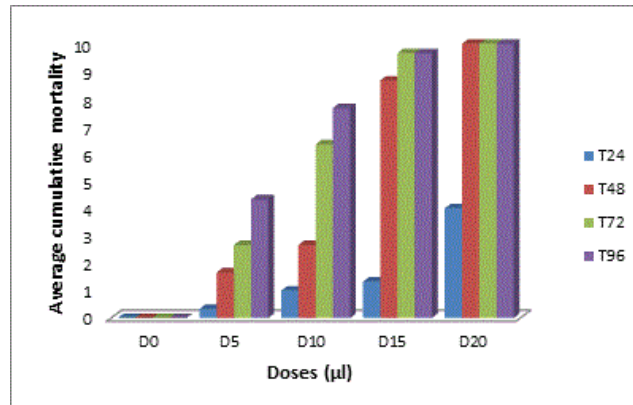


Figure 1: Mortality of *C. capitata* adults according to time exposure and doses of *R. farinacea* extract

Determination of the LC50

The regression line in Figure 2 is a positive linear form of $y = 1.093x + 2.635$ and R^2 is very close to 1 ($R^2=0.9$), which shows a strong positive link between the probits and the logarithm of the tested concentrations. It is the dose 8.69 $\mu\text{L/L}$ air of the *R. farinacea* extract which causes the death of 50% of *C. capitata* adults.

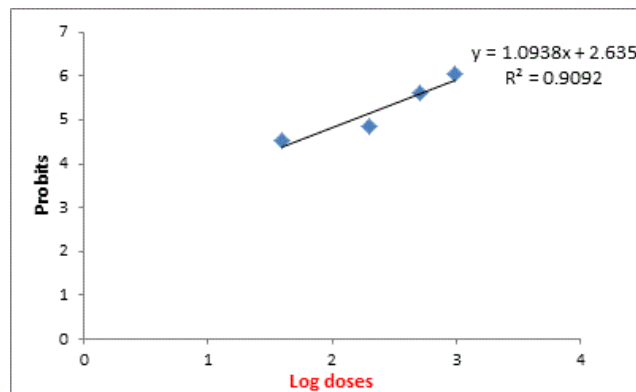


Figure 2: Linear regression of mortality in probits (fumigation test with *R. farinacea* extract)

Analysis of variance at the 5% threshold shows a very highly significant effect of the dose ($P=0.000$) and a very highly significant effect of the time ($P=0.000$) and their interaction ($P=0.000$) on adults longevity.

Effect of *Parmelia acetabulum* extract on longevity of *C. capitata*

The *P. acetabulum* extract revealed an effective insecticidal effect on adults of *C. capitata* than the average cumulative mortality increased with the doses tested and the exposure time compared to the control as shown in Figure 3.

The lowest dose of 20 $\mu\text{L/L}$ air is effective because we obtained an average percentage mortality of 100% after 96 hours of exposure. However, the dose of 35 $\mu\text{L/L}$ is the most effective because we recorded 100% mortality in only 24 hours compared with the control that shows no adult mortality.

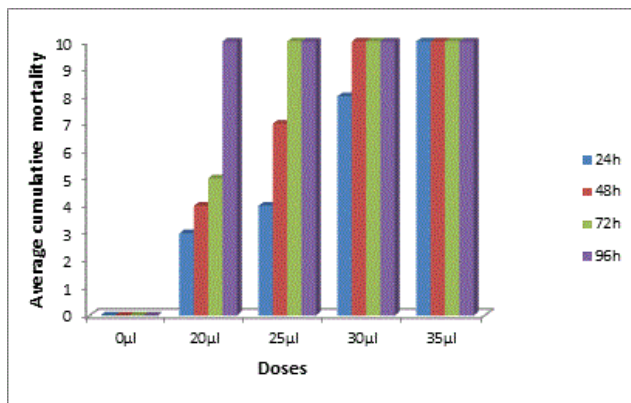


Figure 3: Mortality of *C. capitata* adults according to time exposure and doses of *P. acetabulum* extract

Determination of the LC50

The regression line in Figure 4 is positive. It expresses the probit of the corrected mortality percentage as a function of the logarithm of lichenic extract concentrations. It is the dose 18.82 µl/L air of *P. acetabulum* extract which causes the death of 50% of *C. capitata* adults.

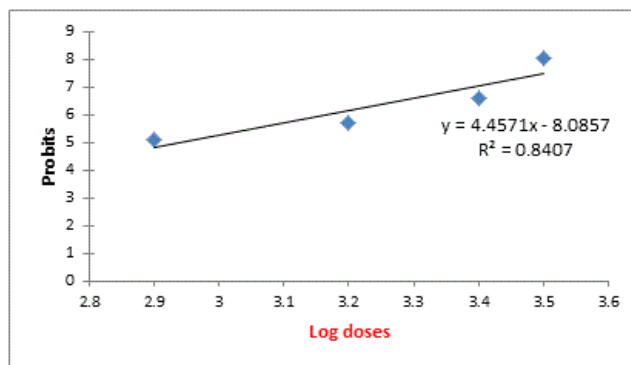


Figure 4: Linear regression of mortality in probits (fumigation test with *P. acetabulum* extract)

The analysis of variance at 5% threshold shows a very highly significant effect of the dose ($P=1.63 \times 10^{-5}$) and a non-significant effect for the exposure time ($P=0.7316$) on adult longevity.

DISCUSSION

The results obtained, showed clearly that the lichen extracts exert a very highly bioinsecticidal effect in fumigation test against *C. capitata* adults. With the highest dose 20 µl/L air of *R. farinacea* extract, we recorded a mortality rate that reached 100% in 48 h compared to the control that showed no mortality. At this same dose (20 µl/L air) of *P. acetabulum* extract, we obtained a total mortality of *C. capitata* adults after 96 h of treatment. However the highest dose 35 µl/L air proved more effective because we obtained a total mortality of adults in 24 h compared to the control which showed no *C. capitata* adult mortality.

The different LC₅₀ values of these lichen acetonc extracts are between 8.69 to 18.82 µl/L air. These results show that these extracts are active by fumigation test. Although the *R. farinacea* extract has been more effective with the lowest LC₅₀ of 8.69 µl/L of air. The correlation coefficients obtained are between 0.84 and 0.90, which indicates a strong correlation between the *C. capitata* adult mortality and the doses of lichen extracts used.

This insecticidal activity would be due to the presence of secondary metabolites such as phenolic compounds, dibenzofurane, usnic acids, depsidones, depsones, lactones, quinines and pulvinic acid derivatives [15].

No bibliography reports studies or research on bioinsecticidal effect of use lichen extracts against the fruit fly *C. capitata*. But many references have revealed that usnic acid is the major compound of acetonc lichens extracts

[11,16]. Several authors have revealed the insecticidal effect of usnic acid on *Culex pipiens* mosquitoes, *Aedes aegypti*, and *Culiseta longiareolata* [7,12,17-21].

Antifeedant activity of lichen compounds (e.g. usnic acid, vulpinic acid) against the polyphagous herbivorous insects *Spodoptera littoralis* and *Spodoptera ornithogalli* was reported by Emmerich et al. [22] and Slansky [23], respectively.

Vinayaka et al. [24] found that *R. nervulosa*, *R. pacifica* (Ramalinaceae) and *Parmotrema tinctorum*, *Usnea galbinifera* (Parmeliaceae) reveal a larvicidal activity against second instar larvae of *A. aegypti*. These same authors report that usnic acid and sekikaic acid were detected in *R. nervulosa* but *R. pacifica* showed the presence of usnic acid and salazinic acid. In *P. tinctorum*, lecanoric acid and orsellinic acid were found to be present. Galbinic acid and norstictic acid were found in *U. galbinifera*.

Cetin et al. [7] reported that the insecticidal activity of lichens is linked to the major component called usnic acid which is isolated from two lichens *Cladonia foliacea* and *Ramalina farinacea*. Its larvicidal activity was then tested against larvae of *C. pipiens*. Larval mortality reached an average of 100% at the 3rd and 4th larval stage with both lichen species *R. farinacea* and *C. foliacea*, unlike the control that showed no mortality.

Cetin et al. [21] have obtained excellent results with lichen metabolites, among them usnic acid, atranorin, 3-hydroxyphysodic acid and gyrophoric acid against mosquito larvae of *Culiseta longiareolata* (Dipterous: Culicidae) that showed high larvicidal activity with values of 0.48, 0.52 and 0.97 µg/ml, respectively.

Several authors have demonstrated the insecticidal activity of lichenic compounds against mosquitoes and other insects [17,18,20,25]. Lichenic compounds such as cabraleadiol monoacetate, 4-o-methylcryptochlorophaeic, lichexanthone and 3,6-dimethyl-2-hydroxy-4-methoxybenzoic acid have been shown to be effective against *A. aegypti* larvae [19].

The larvicidal activity of the methanol extract, fractions and compound 2-hydroxyl-4-methoxy-6-propyl-methyl benzoate and usnic acid identified from the lichen *Ramalina usnea*, was tested against the third instar larvae of *A. aegypti* mosquito. The methanol extract and three fractions showed activity, killing 100% and 96.6% of the larvae at concentration of 150 g/ml at 24 h [16].

CONCLUSION

The *R. farinaceae* and *P. acetabulum* extracts revealed significant insecticidal effect in fumigation test, reducing the longevity of *C. capitata* adults with increasing concentrations and exposure time. But at the highest doses we record rates that sometimes reach 100% in less time. This diversity of action of the lichen extracts that we used could be due to the diversification of their chemical compounds or in other words the bioactive molecules of this lichen. These compounds can carry out a singular action of one of the components or a synergistic effect between several compounds on the Mediterranean fruit fly adults. It would be interesting to consider in perspective to isolate the active components of these extracts in order to determine their mechanism of action on the adults of *C. capitata* and to make trials in the orchards in order to substitute these natural insecticides to the chemical ones and protecting the ecosystems.

REFERENCES

- [1] Lekchiri, A., La ceratite au Maroc, CEC/IOBC Symposium Athenes, R. Cavallero, **1982**. p: 571-574.
- [2] Nunez B.L., La mosca del mediterrero, Informa (Enera. Febrero-Maio), CA, **1987**. p: 9-17.
- [3] Cayol, R., et al., *J Appl Entomol*, **1994**. 117: p. 338-343.
- [4] Kellouche, A., et al., *Int J Integr Biol*, **2010**. 10: p. 86-89.
- [5] Sadoudi-Ali Ahmed D., et al., *J Life Sci*, **2012**. 6: p. 313-320.
- [6] Cetin, H., Eerler, F. and Yanikoglu, A., *Fitoterapia*, **2004**. 75: p. 724-728.
- [7] Cetin, H., et al., *Parasitol Res*, **2008**. 102: p. 1277-1279.
- [8] Saxena, S., Upreti, D.K. and Sharma, N., *J Environ Biol*, **2007**. 28: p. 49-51
- [9] Cristofolini, F., et al., *Environ Pollut*, **2008**. 151: p. 308-317.
- [10] Solhaug, K.A., et al., *New Phytol*, **2003**. 158: p. 91-100.
- [11] Neupane, B.P., *Climate*, **2017**. 5(40): p. 1-8.
- [12] Cocchietto, M., et al., *Naturwissen*, **2002**. 89: p. 137-146.

- [13] Ingolfisdottir, K., *Phytochemistry*, **2002**. 61: p. 729-736.
- [14] Van Haluwyn, C. and Lerond, M., *Guide des lichens*. Editions LE CHEVALIER, **1993**. 120: p. 344.
- [15] Boustie, J. and Grub, M., *Plant Genet Resour*, **2005**. 3: p. 273-287.
- [16] Moreira, A.S.N., *Braz J Pharmacogn*, **2016**. 26: p. 530-532.
- [17] Giez, I., Lange, O.L. and Proksch, P., *Biochem Syst Ecol*, **1994**. 22: p. 113-120.
- [18] Dayan, F.E. and Romagni, J.G., *Pest Outlook*, **2001**. 12: p. 229-232.
- [19] Kathirgamanathar, S., *Pharm Biol*, **2006**. 44: p. 217-220.
- [20] Balaji, P., Malarvannan, S. and Hariharan, G.N., *J Entomol*, **2007**. 4: p. 248-252.
- [21] Cetin, H., et al., *Nat Prod Res*, **2012**. 26: p. 350-355.
- [22] Emmerich, R., *Phytochemistry*, **1993**. 33: p. 1389-1394.
- [23] Slansky, F.Jr., *Environ Entomol*, **1979**. 8: p. 865-868.
- [24] Vinayaka, K.S., *Biomedicine*, **2009**. 29(4): p. 327-331.
- [25] Yildirim, E., *Int J Agric Biol*, **2012**. 14(2): p. 303-306.