

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences agronomiques
Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie des Populations et des Organismes

**Étude de l'effet insecticide du Pommier de Sodome
Calotropis procera vis-à-vis de quelques paramètres
physiologiques de la mouche méditerranéenne des
fruits *Ceratitis capitata***

Présentée par : M^{lle} TEBAH Sonia

Devant le jury composé de :

Présidente : M ^{me} TALBI Nassima	MAA	UMMTO
Promotrice : M ^{me} KAIDI Narimen	Maitre de Recherche B	INRAA
Co-promotrice : M ^{me} BRAHMI Karima	Professeur	UMMTO
Examinatrice : M ^{me} DJIOUA Ouiza	MAA	UMMTO

Année universitaire : 2022 /2023

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je remercie DIEU le tout puissant de m'avoir accordé le courage, la force et la patience de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et remerciements à ma promotrice Dr. **KAIDI Narimen**, Maître de recherche B, de la Division de Recherche Protection des Cultures (Institut Nationale de la Recherche Agronomique d'Algérie, INRAA) pour m'avoir accordé l'immense honneur de m'encadrer et de diriger tout au long de ce travail de recherche et qui a fait preuve de volonté a été d'un grand apport pour l'accomplissement de mon humble travail.

Je désire, également, exprimer mon vif remerciement à ma Co-promotrice **Pr. BRAHMI Karima**, Professeur à l'UMMTO pour son soutien, ses conseils et orientations tout au long de ce travail. Elle a été dans grand soutient, d'encouragement et qui a fait preuve d'une grande patience.

Je remercie également **Dr. OUKIL Salah**, Directeur de la Division de Protection des Cultures de l'INRAA, de nous avoir acceptées au sein de sa division de recherche et d'avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires pour la réalisation de ce travail.

Je remercie également les membres de jury qui ont bien voulu juger ce travail à savoir :

Dr. TALMAT-CHAOUCHI Nora, Maitre de conférences A à l'UMMTO et **Dr. DJIOUA Ouiza**, Maitre-assistant A à l'UMMTO.

Enfin je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire que ce soit par son amitié, ses conseils ou son soutien moral.

Dédicace

Au nom de Dieu le tout puissant et le très miséricordieux par la grâce duquel j'ai pu mener à son terme ce travail que je dédie :

A la mémoire de mon père À travers chaque page de ce mémoire, je voudrais immortaliser ta mémoire et ton influence profonde dans ma vie. Tu as été mon roc, ma source d'inspiration et mon guide tout au long de mon parcours académique. Même si tu n'es plus physiquement présent, ton amour, ta sagesse et ton soutien continuent à m'accompagner. Ce mémoire est dédié à toi, car il symbolise notre voyage ensemble, tes rêves pour moi et les valeurs que tu m'as inculquées. Ton héritage perdurera dans chaque accomplissement que j'obtiendrai, et je te suis éternellement reconnaissante. Repose en paix, cher papa. Je t'aime toujours.

A ma chère mère quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes cotés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mes chers frères Belaid et Ferhat ma force et ceux qui ont partagés avec moi tous les moments d'émotions et encouragés tout au long de mon parcours. Je leur souhaite beaucoup de succès et de réussite dans leur vie.

A ma chère sœur Roza qui n'a pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu la protège et leur offre la chance et le bonheur.

A ma chère copine Yasmine qui m'a toujours encouragé. Que dieu la procure joie, bonheur et réussite et que notre amitié reste à jamais

A toute ma famille et tous ceux qui m'ont encouragée, soutenue et aidée de près ou de loin à la réalisation de ce travail

SONIA

Sommaire

Année universitaire : 2022 /2023	1
.....	0
I.1. I. - Généralités sur la mouche méditerranéenne des fruits ; <i>Ceratitis capitata</i> Wied., 18243	
I.1.1. - Position systématiques et Synonymie.....	3
I.1.2. - Biologie et cycle de développement de la cératite.....	4
I.1.2.1. - Cycle de développement.....	4
I.1.2.1.1. - Ponte et fécondité	4
I.1.2.2. - Développement larvaire.....	5
I.1.2.3. - Pupaison.....	6
I.1.2.3. - Maturation et l'adulte	6
I.1.2.4. - Longévité	8
I.1.2.5. - La durée du cycle de vie de la Cératite et le nombre de générations annuelles	8
I.1.5. - Dégâts de la cératite.....	9
I.1.6. - Moyens de lutte utilisés contre la cératite.....	10
I.1.6.1. - Mesures prophylactiques	10
I.1.6.2. - lutte chimique	10
I.1.6.3. - Lutte biotechnique	11
I.1.6.3.1. - Anéantissement des mâles	11
I.1.6.3.2. - Confusion sexuelle	11
I.1.6.3.3. - Piégeage massif	11
I.1.6.3.4. - Lutte autocide (Technique de l'Insecte Stérile)	11
I.1.6.3.5. - Lutte biologique.....	12
I.1.6.3.5.1. - Lutte par prédateurs	12
I.1.6.3.5.2. - Parasitoïdes	12
I.1.6.3.5.3. - Bactéries entomopathogènes	12
I.1.6.3.5.4. - Champignons entomopathogènes	12
I.1.6.3.5.5. - Biopesticides dérivés des plantes	13
I.2. - Généralités sur pommier de Sodome <i>Calotropis procera</i>	13
I.2.1. - Habitat et Répartition géographique	14
I.2.3. - Classification botanique	14
I.2.4. - Description botanique.....	14
I.2.6. - L'utilisation de <i>Calotropis procera</i>	16
II.1. Problématique et Objectifs	17
II.2. Matériel biologique.....	17
II.2.1. Matériel animal.....	17
II.2.1.1. Elevage de masse de la Cératite.....	18
II.2.1.2. Identification de la mouche méditerranéenne des fruit <i>Ceratitis capitata</i>	19
II.2.2. Matériel végétal	21
II.3. Préparation de l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i>	21
II.5. Méthodes de traitements	23
II.5.1. Traitement par ingestion (extrait aqueux)	23
II.5.2. Traitement par inhalation.....	24

Liste des figures

II.6. Paramètre étudiés :.....	25
II.6.1. Effet sur la mortalité.....	25
II.6.2. Effet sur l'hémolymphe.....	25
II.7. Analyse statistique.....	27
III.1.- Clé d'identification de la mouche méditerranéenne des fruits <i>Ceratitis capitata</i>	28
III.2.- Effet de l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i> sur la mortalité des adultes de <i>Ceratitis capitata</i>	29
III.3.- Effet de l'extrait aqueux de <i>C.procera</i> sur l'hémolymphe des adultes de <i>C. capitata</i> .	31
III.3.1. Etude qualitative.....	31
III.3.2.- Etude quantitative.....	32
III.4.- Effet de l'huile essentielle de <i>Calotropis procera</i> sur la mortalité des adultes de <i>Ceratitis capitata</i>	33
III.3.- Effet de l'huile essentielle de <i>C. procera</i> sur l'hémolymphe des adultes de <i>C. capitata</i>	34
III.3.1. Etude qualitative.....	34
III.3.2. Étude quantitative.....	35
III.4.- Analyse statistique.....	36
IV.1.- Effets de l'extrait aqueux et l'huile essentielle de <i>Calotropis procera</i> sur la mortalité de la mouche méditerranéenne des fruits <i>Ceratitis capitata</i>	37
IV.2.- Effet de l'extrait aqueux et de l'huile essentielle de <i>calotropis procera</i> sur l'hémolymphe des adultes de <i>ceratitis capitata</i>	38
IV.2 .1.- Qualitativement.....	38
IV.2.2.- Quantitativement.....	39
<u>conclusion</u>	38
<u>références bibliographiques</u>	44
<u>resumé</u>	

Liste des Figures

Figure 1 – La mouche méditerranéenne des fruit <i>Ceratitis capitata</i> (face ventrale).....	3
Figure 2 – Œufs de la cératite.....	5
Figure 3 - <i>Ceratitis capitata</i> larves dans la pêche endommagée.....	5
Figure 4 - Pupes de la cératite	6
Figure 5 – Cycle biologique de la ceratite	7
Figure 6 – les dégâts de la mouche méditerranéenne des fruits <i>Ceratitis capitata</i>	9
Figure 6-A -dégât galerie avec les larves dans une section de fruits de satsuma.....	8
Figure 6-b - Encyclopédie (Ephytia ,2023).....	9
Figure 6-c -Encyclopédie (Ephytia, 2023)	9
Figure 7 - Pommier de Sodome <i>Calotropis procera</i>	13
Figure 8 – les différentes parties de <i>C. procera</i>	15
Figure 9 -Verger d'agrumes prospecté et orange piquée par la cératite.....	17
Figure10 - Les différentes étapes de l'élevage de masse de la Cératite.....	19
Figure 11 – les étapes d'identification de <i>ceratitis capitata</i>	20
Figure 12 – feuilles fraiche de <i>Calotropis procera</i>	21
Figure13 – les Etapes de préparation de l'extrait aqueux	22
Figure 14 - Préparation de l'huile essentielle de <i>C. procera</i> par hydro-distillation.....	23
Figure 15 - Essais de l'extrait aqueux de <i>C procera</i> contre les adultes de <i>C capitata</i>	24
Figure 16 - les étapes du frottis hémolymphatique (sanguin)de la cératite.....	26
Figure 17 - Illustration des hémocytes les plus communs chez les insectes	29
Figure 18 - observation microscopique de la mouche méditerranéenne des fruits	28
Figure 19 - observation icroscopique de la femelle de la <i>ceratitis capitata</i>	29
Figure 20 - la différence entre le male (gauche) et la femelle (droite)de <i>ceratitis capitata</i>	29
Figure 21 - Pourcentage de mortalité des adultes de <i>C capitata</i> traité par l'extrait aqueux ...	31
Figure22 - Les différentes hémocytes identifiées dans l'hémolymph des témoins de <i>C. capitata</i>	32
Figure 23 - changement structurales des hémocytes des adultes de <i>C. capitata</i> traités par l'extrait aqueux et l'huile essentielle de <i>C. procera</i>	33
Figure24 - Nombre moyen des prohémocytes, plasmatocytes et des granulocytes des adultes de <i>C. capitata</i> témoins et traités par l'extrait aqueux de <i>C. procera</i>	34
Figure25 - Pourcentage de mortalité des adultes de <i>Ceratitis capitata</i> traité par l'extrait.....	35
Figure 26 - Nombre moyen des hémocytes de <i>C.capitata</i> traités par l'huile essentielle de <i>Calotropis procera</i>	35

Listes des tableaux

Tableau I - Différentes étapes de l'élevage de masse de la Cératite 18

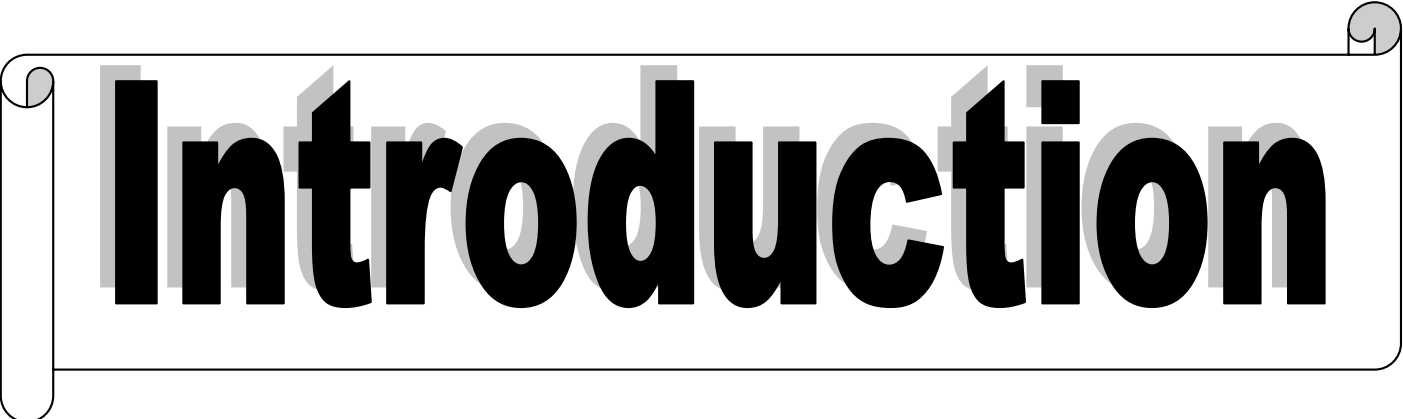
Tableau II - Pourcentages moyens de mortalité des adultes de *C. capitata* traités avec l'extrait aqueux de *C. procera* 30

Tableau III - Nombres moyens d'hémocytes des adultes de *C. capitata* témoins et traités par l'extrait aqueux de *C. procera*..... 33

Tableau IV - Pourcentages moyens de mortalité des adultes de *C. capitata* traités avec l'huile essentielle de *C. procera* 34

Tableau V - Nombre d'hémocytes des adultes de *C. capitata* témoins et traités par l'huile essentielle de *C. procera* 35

Tableau VI - Analyse de la variance des mortalités des adultes de *C. capitata* traités par l'extrait aqueux (par ingestion) et l'huile essentielle (inhalation) de *C. procera*36



Introduction

Introduction

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. Les mouches des fruits (Diptera : Tephritidae) comptent parmi les principaux ravageurs des zones tropicales et subtropicales. Les dégâts très importants causés par ces insectes se retrouvent sur une large gamme de plantes hôtes d'intérêt commercial tant sur les cultures fruitières que maraîchères (**White & Elson-Harris, 1992**).

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. C'est un ravageur de nombreuses cultures fruitières et légumières représentant toujours une menace sérieuse de pertes de récoltes (**Liquido et al., 1990**). En Algérie, *C. capitata* est un ravageur d'importance économique engendrant des dégâts majeurs sur les fruits d'été et d'hiver, en particulier sur les agrumes, les pêches et les abricots. Selon **Lance et al., (2014)** et **Hafsia et al., (2019)**, ce diptère est l'un des ravageurs des agrumes les plus importants au monde. Ses dégâts se divisent en deux catégories : d'une part, il y a les dommages occasionnés par les piqûres des femelles lors de leurs tentatives de ponte, altérant ainsi l'apparence extérieure des fruits. D'autre part, les dégâts occasionnés par les larves qui engendrent la détérioration des fruits, créant, ainsi, un environnement propice au développement de moisissures (**Cayol et al., 1994**). De ce fait, cette mouche constitue le principal obstacle à la production et à l'exportation des fruits en Algérie (**Oukil et al., 2002**).

Afin de limiter les dégâts occasionnés par ce ravageur, la lutte chimique demeure le moyen le plus utilisé contre ce ravageur dans les pays méditerranéens, notamment l'Algérie. Toutefois, l'utilisation abusive et non rationnelle des insecticides est la cause d'apparition de problèmes telles que la pollution de l'environnement, la toxicité vers les insectes non cibles (**Michaud et Grant 2003**), l'augmentation du taux de résidus toxiques dans les fruits commercialisés et l'apparition de résistance chez ce ravageur (**Magaña et al., 2007**). En outre, l'utilisation de ces insecticides n'empêche pas toujours l'apparition de dégâts qui peuvent atteindre 15% dans les zones traitées (**Hafsi et al., 2015**). En sus, cette lutte chimique a même conduit à l'apparition du phénomène de résistance des insectes aux produits chimiques.

Pour faire face à ces problèmes, il est crucial d'envisager des approches de lutte plus écologiques et plus prometteuses. 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

Introduction


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**). Toutefois, l'efficacité de cette méthode demeure tributaire de la compétitivité sexuelle des mâles lâchés par rapport aux mâles sauvages (**Knipling, 1955 ; Hendrichs et al., 2002**).

En 2009, **Cosimi et al.**, Avaient mentionné que l'utilisation de produits naturels, notamment les bio-insecticides à base de végétaux, était devenue une méthode privilégiée pour lutter contre les ravageurs. Ces produits suscitent un intérêt croissant en raison de leurs propriétés éco-toxicologiques favorables. Contrairement aux pesticides chimiques, les bio-insecticides issus de végétaux ont tendance à être moins nocifs pour l'environnement, car ils se dégradent plus rapidement et ont une action plus spécifique sur les ravageurs ciblés, De plus, ils sont souvent considérés comme plus sûrs pour la santé humaine et sont conformes aux normes de l'agriculture biologique.

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), Fahad et al., (2012), Djaout (2015), Kara et Tellache (2015), Bachi et Sadoudi (2017), Sadoudi (2018) et Hedjaz (2021)**.

C'est ainsi que les travaux de notre présente étude s'inscrivent dans la recherche de moyens de lutte biologiques capables de réduire les populations de la cératite. Elle consisterait à l'étude de l'effet de l'extrait aqueux ainsi que de l'huile essentielle du pommier de Sodome *Calotropis procera*, espèce très répandue dans le Sahara algérien, contre les adultes de la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata*. Cette étude vise à mieux comprendre comment ces extraits naturels pourraient être utilisés pour contrôler ce ravageur et ainsi contribuer à la protection des cultures fruitières contre les attaques de cette espèce nuisible.

Ainsi, ce mémoire est scindé en 4 grands chapitres. Le premier chapitre consiste en une synthèse bibliographique sur la Cératite et sur le pommier de Sodome. Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation du matériel utilisé et de la méthodologie de travail. Le troisième regroupe les différents résultats obtenus et sera suivi du chapitre relatif aux discussions de ces résultats. Nous terminons par une conclusion générale et quelques perspectives

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both with rounded ends and a small scroll-like detail at the corners.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Dans ce chapitre, nous allons présenter des généralités sur la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wied, 1824) ainsi sur la plante du pommier de Sodome *Calotropis procera* ; Et les méthodes de lutte contre cette insecte

I.1. I. - Généralités sur la mouche méditerranéenne des fruits ; *Ceratitis capitata* Wied., 1824

La mouche méditerranéenne des fruits est un diptère de la famille des Trypetidae originaire d'Afrique du nord (**Figure 1**). Elle s'est ensuite répandue dans toutes les régions à climat doux du monde s'attaquant à de nombreuses espèces fruitières. En France, Les vergers méridionaux sont plus fréquemment atteints (**Jean et al., 1996**).



Figure 1 – La mouche méditerranéenne des fruit *Ceratitis capitata* (face ventrale) vue à la loupe binoculaire (G40 x 10) (Originale, 2023)

I.1.1. - Position systématiques et Synonymie

La *Ceratitis capitata*, est une espèce qui a reçu plusieurs appellations depuis le début du XIXe siècle). En 1824, elle fut initialement nommée *Trypeta capitata* par Wiedmann, *Petalophora capitata* Macepi en 1825, *Trypeta citriperda* Mac leay en 1829 ; *Trypeta hispanica* de Brème en 1842, puis *Ceratitis flexuosa* walk en 1856 ; et *Pardalaspis asparagi* Bezzi en 1942 (**Fellah,1996**)

Selon **Balachowsky et Mesnil (1935)**, le nom retenu est *Ceratitis capitata* Wiedmann 1824. Dans le langage courant, elle est également appelée Cératite ou encore mouche méditerranéenne des fruits, "Med fruit fly" en anglais.

D'après **Hendel (1927)**, **Seguy (1934)** et **Costantino (1950)** cette espèce est positionnée de la manière suivante du point de vue systématique :

Embranchement	Arthropodes
Sous- Embranchement	Hexapodes
Classe	Insectes
Super ordre	Mécoptéroïdes
Ordre	Diptères
S / Ordre	Brachycères
Division	Cyclorraphes
Groupe	Schizophores
S / Groupe	Acalyptères
Super famille	Muscoidea
Famille	Tephritidae ou Trypetidae
S / Famille	Trypetinae
Genre	<i>Ceratitis</i>
Espèce	<i>Ceratitis capitata</i> Wiedemann (1824)

I.1.2. - Biologie et cycle de développement de la Cératite

Selon **Djazouli et al., (2004)** les adultes récemment émergés s'alimentent en consommant des substances sucrées qu'ils trouvent sur les arbres fruitiers, telles que les sécrétions glandulaires des plantes, le nectar, les exsudations de sève et le miellat produit par les Hémiptères. Les femelles ont besoin de protéines afin de réaliser leur maturation sexuelle (dont la durée varie entre 4 et 10 jours) et élaborer leurs œufs ; Les mâles se rassemblent en groupes sur les plantes et émettent ensemble une phéromone sexuelle attirant les femelles (**Zuccoloto et al., 2005**).

I.1.2.1. - Cycle de développement

I.1.2.1.1. - Ponte et fécondité

D'après **Séguy (1951)** les femelles commencent à pondre à l'âge de 10 jours. La ponte dépend largement de l'intensité lumineuse et se produit de préférence dans des zones ombragées (**Quilici, 1999**). La femelle utilise son oviscapte pour déposer ses œufs sous la surface de la peau des fruits, à une profondeur de 2 à 5 mm par petits paquets (2 à 10 œufs) dont le nombre varie avec la taille du fruit hôte. C'est le cas des pêches et des poires, par exemple,

ou dans l'épaisseur de la peau des agrumes (**Praloran, 1971**). La fécondité totale d'une femelle varie généralement de 300 à 400 œufs, mais elle peut atteindre entre 800 et 1000 œufs lorsque les conditions sont particulièrement favorables (**Bodenheimer, 1951 ; Weems, 1981**)

Les œufs de la cératite (**Figure 2**) sont de couleur blanchâtres, mesurent environ 1mm de longueur sur 0,20 mm de largeur et présentent une forme très allongée et fusiforme, légèrement arquée (**Jean et al., 1996**).



Figure 2 – Œufs de la Cératite (Thomas et al., 2004)

I.1.2.2. - Développement larvaire

Après l'éclosion des œufs, les larves commencent à se nourrir de la pulpe du fruit. Initialement l'attaque se manifeste extérieurement par une tache de décoloration qui s'agrandit au fur et à mesure de la croissance des larves, puis noircit ou se tuméfie (**Dellassus et al., 1931 ; Sproul, 1983**). D'après **Back et Pemberton (1918)** le développement des larves est influencé principalement par deux facteurs majeurs : les conditions climatiques et la plante hôte. La durée de cette phase qui comprend trois stades (L1, L2, L3) est très variable, selon **Sproule (1983)** elle est de 7 à 10 jours en été et de 25 à 60 jours en hiver.

À la fin de leur développement, les asticots quittent brusquement le fruit et s'enfoncent peu profondément dans le sol pour entamer la nymphose (**Zaïdi, 1974**). Les asticots (**Figure 3**) sont de couleur blanchâtre avec une forme effilée à l'avant, caractérisées par des crochets buccaux noirs, et une extrémité arrière tronquée. Elles mesurent environ 7 à 8 mm à la fin de leur développement et subissent deux mues (**Jean et al., 1996**)



**Figure 3 - *Ceratitis capitata* larves dans la pêche endommagée
(Nigel Cattlin, 2007)**

I.1.2.3. - Pupaison

Sa durée varie selon la température et l'humidité du sol (**Fletcher, 1989 ; Robacker, 2000**). Elle peut s'effectuer en 9 jours comme elle peut s'étendre sur 80 jours (**Bodenheimer, 1951**). Lorsqu'elle tombe au sol à la recherche d'un lieu pour se pupaiser, Les pupes sont sujettes à une mortalité causée par les facteurs biotiques et abiotiques ; notamment la prédation par les fourmis et les araignées, ainsi que des températures élevées (**Fellah, 1996**).

Les pupes (**Figure5**) présentent une apparence de petit tonnelet arrondi et ont des dimensions d'environ 5 mm de longueur et 2 mm de diamètre. Elles présentent une couleur brun-clair pour les jeunes pupes et brun-foncé pour les pupes âgées (**Bodenheimer, 1951 ; Weems, 1981**)



Figure 4- Pupes de la Cératite (Originale ,2023)

I.1.2.3. - Maturation et l'adulte

L'éclosion des pupes (**Figure5**) se fait dans le sol, d'où émergera l'adulte après avoir durci ses ailes. Ce phénomène est stimulé par la lumière et s'étale sur une période de 3 à 4 heures. Elle commence très tôt à l'aube et dure jusqu'au début de la matinée (**Lachiheb,2008**).

Lorsqu'ils émergent, les adultes passent par une phase de prématurité sexuelle. Pour le mâle de la mouche, **Bodenheimer (1951)** indique qu'il exige une période de maturation, contrairement à **Balachowsky et Mesnil (1935)** et **Seguy (1950)**, qui le considèrent sexuellement mûr dès l'émergence. L'adulte c'est une petite mouche mesurant de 4 à 5 mm, Son thorax est de couleur anthracite avec des taches claires, et il est couvert de longs poils. L'abdomen, de couleur jaunâtre, présente des bandes transversales grises et a une forme très renflée rappelant un cœur stylisé, avec un oviscapte effilé vers l'arrière. Ses ailes sont larges et transparentes, avec trois bandes orangées ; Les pattes sont de teinte jaunâtre (**Jean et al.,1996**).

Les mâles et les femelles sont aisément distinguables par deux traits morphologiques. Les mâles arborent deux soies orbitales noires aplaties en lamelles à l'extrémité, permettant une distinction facile des femelles (**Feron, 1962 ; White & Elson-Harris, 1992**). Les femelles, quant à elles, se distinguent par un abdomen effilé appelé oviscapte qui peut s'étirer lors de la ponte ou de l'accouplement. Cette oviscapte permet aux femelles d'insérer leurs œufs sous la peau des fruits. (**Duyck, 2005**).

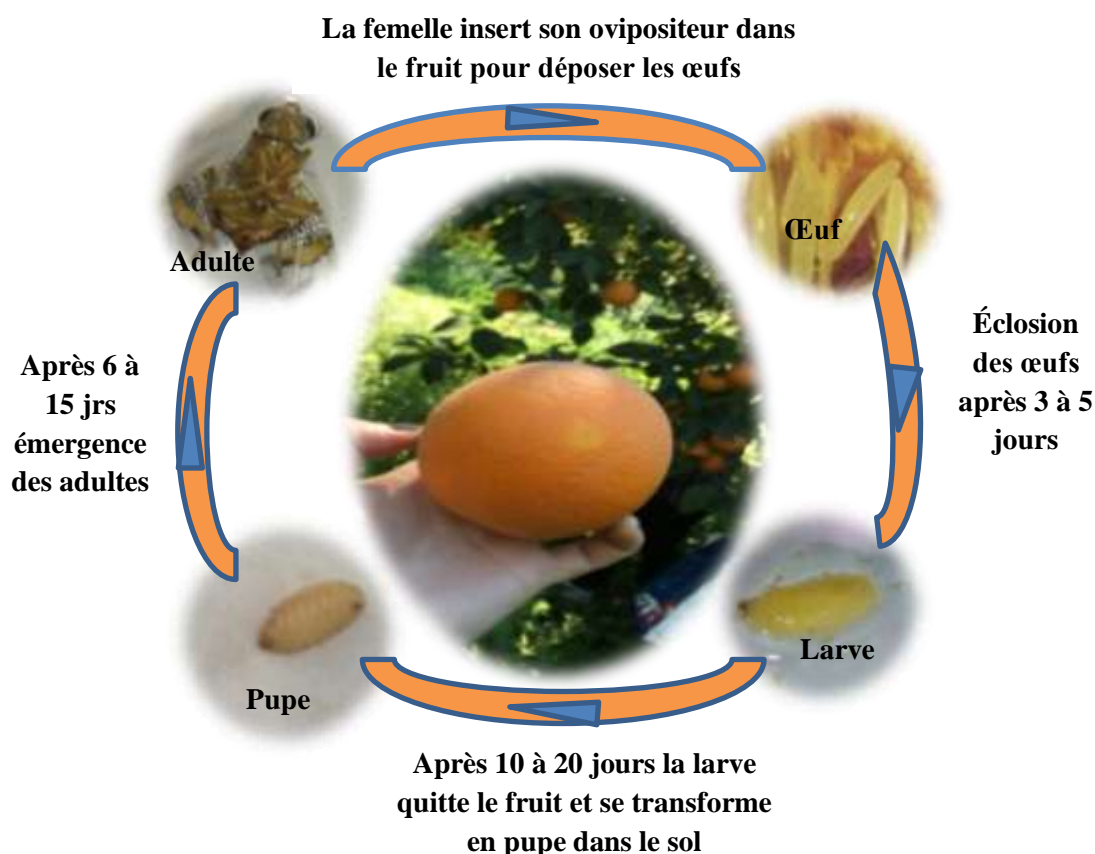


Figure 5 - Cycle biologique de la Cératite (Originale, 2023)

I.1.2.4. - Longévité

Muniz et al., (1986) ont démontrés que les males vivent plus longtemps que les femelles). La longévité moyenne est de 28 à 40 jours en été et de 28 à 65 jours en hiver. (**Bodenheimer,1951**)

I.1.2.5. - La durée du cycle de vie de la Cératite et le nombre de générations annuelles

Selon **Bodenheimer (1951)**, le développement complet de l'œuf à l'adulte dure 12 à 18 jours dans les conditions optimales de laboratoire et un à trois mois dans la nature. En Tunisie, la cératite trouve les conditions favorables pour sa pullulation, ce qui lui permet de développer jusqu'à 6 générations pendant l'été (sur fruits divers) et 7 générations en automne-hiver (sur agrumes) (**Gahbiche, 1993**).

I.1.3.- Répartition géographique

C. capitata est une espèce cosmopolite (**Balachowsky et Mesnil, 1935**). Elle s'est propagée dans les différentes contrées du globe, non seulement dans les régions tropicales, mais aussi dans les régions tempérées. Outre, elle s'établir abondamment dans le bassin méditerranéen, elle a réussi à envahir des pays d'Amérique du Sud, d'Amérique centrale, les îles Hawaï et l'Australie. Sa présence est signalée pour la première fois en Floride aux Etats Unis d'Amérique en 1929, mais y été éradiquée à diverses reprises (**White & Elson-Harris, 1992**). 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**).

I.1.4. - L'hôte

La Cératite est reconnue pour sa capacité à infester une large gamme de plantes hôtes, ce qui en fait le ravageur polyphagie le plus redoutable dans les régions tropicales et subtropicales. Elle compte 353 espèces hôtes appartenant à plus de 67 familles. Parmi celles-ci, 5 renferment 40% des plantes hôtes : Rosaceae (10%), Rutaceae (9%), Sapotacea (9%), Myrtaceae (6%) et Solanaceae (6%) (**Liquido et al., 1990**). De plus certaines espèces sauvages sont considérées comme hôtes secondaires pour la Cératite à savoir : *Lycium europaeum*, *Aberia coffra*, *Ziziphus vulgaris*, etc (**Delanoue, 1957 ; Soria, 1962 ; Weems, 1981 ; Cayol, 1996 ; Zucoloto et al., 2005**).

I.1.5. - Dégâts de la Cératite

La Cératite est l'un des principaux ravageurs des cultures fruitières, elle constitue un obstacle à la production de fruits sains et à leur exportation. Les dommages causés par la Cératite résultent des piqûres des femelles (**Figure 7**) lors de la ponte ainsi que des galeries (**Figure 8**) creusées par les larves. Ces dommages peuvent affecter la qualité marchande des fruits (**Oukil et al., 2002**). De plus on peut citer d'autres dégâts selon **Jean et al., (1996)** tels que : Anneau rouge ou décoloration brune de la zone autour du point de pénétration (**Figure 7 – A**), Décomposition et pourriture rapide de la pulpe autour du noyau (**Figure 7 – B**), Les fruits piqués présentent une maturité accélérée et chutent fréquemment (**Figure 7 – C**). Parfois les dégâts ne sont visibles qu'après la récolte

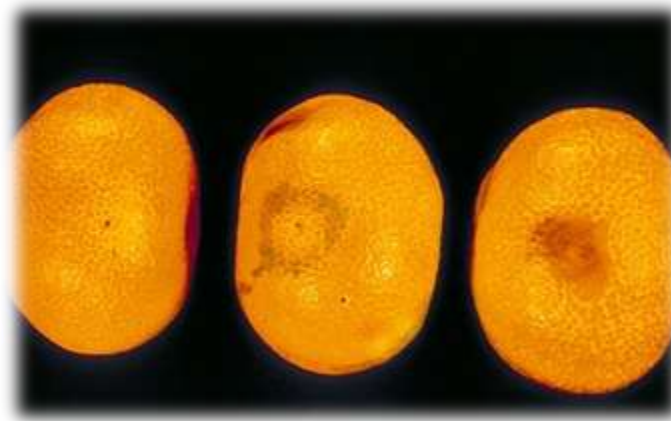


Figure 6-A –dégât galerie avec les larves dans une section de fruits de satsuma (Nigel,2000)



Figure 6-b – Encyclopédie (Ephytia, 2023)



Figure 6-c – Encyclopédie (Ephytia, 2023)

Figure 6 – les dégâts de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*

I.1.6. - Moyens de lutte utilisés contre la Cératite

I.1.6.1. - Mesures prophylactiques

Ces méthodes consistent à prévenir l'infestation ou à perturber le cycle de vie de la Cératite en utilisant des mesures préventives. L'hygiène des vergers est maintenue en récoltant et en éliminant les fruits endommagés, Le ramassage doit se faire aux périodes opportunes avant la sortie des larves des fruits (**Bodenheimer, 1951 ; Gahbiche, 1993**), De plus Les fruits récoltés doivent soit être enfouis à une profondeur de 50 cm dans le sol, soit placés dans des sacs en plastique hermétiquement fermés et exposés au soleil pendant au moins deux mois (**Delanoue et Soria, 1962**).

I.1.6.2. - lutte chimique

La lutte chimique implique l'utilisation d'insecticides, de fongicides ou d'herbicides chimiques pour contrôler, réduire ou éliminer la cératite. Le seul stade cible étant l'adulte (**Bateman, 1972**). L'utilisation des produits chimiques vise, essentiellement ces dernières années, l'épandage d'une quantité minimale. Ces méthodes varient de l'utilisation avec un attractif sous forme d'appâts empoisonnés jusqu'au traitement par bandes ou par taches. En plus, les femelles exigeantes une alimentation protéique pour leur maturité sexuelle, seront attirées dès l'émergence vers l'appât (**Lachiheb 2008**). Les appâts empoisonnés consistent en la présence d'attractif alimentaire additionné à l'insecticide attirant les mouches qui s'en alimentent et meurent (**Chambers et al., 1974**).

I.1.6.3. - Lutte biotechnique

Comme décrite par **Boller (1983)** comprend un ensemble des techniques visant à contrôler les insectes nuisibles. De plus, selon **Fellah (1996)**, la lutte biotechnique englobe une gamme de méthodes, notamment les attractifs, les répulsifs, les régulateurs de croissance et les inhibiteurs de croissance des insectes, ainsi que la stérilisation des insectes.

I.1.6.3.1. - Anéantissement des mâles

Selon **Carey et Dowell (1989)**, cette technique repose sur l'utilisation d'un attractif sexuel hautement efficace mélangé à un insecticide pour attirer les mâles et les éliminer au contact.

I.1.6.3.2. - Confusion sexuelle

Elle consiste à diffuser dans l'atmosphère du verger des quantités importantes de phéromone sexuelle de synthèse de façon à désorienter les mâles empêchant ainsi la rencontre des sexes., Cette méthode ne présente aucun avantage pratique pour la cératite à cause de ses exigences techniques (coût élevé de la phéromone) (**Lachiheb, 2008**).

I.1.6.3.3. - Piégeage massif

Le piégeage de masse implique l'utilisation de ces stimuli via un grand nombre de pièges afin de réduire au maximum la population adulte de mouches (**Lachiheb, 2008**).

Le contrôle par les pièges englués à attractifs alimentaires réduit aussi bien la densité de la population que le taux d'infestation des fruits (**Aboussaid et al., 2007**). Les pièges appâtés avec l'attractif alimentaire et à la phéromone sexuelle capturent plus de femelles que ceux appâtés uniquement à la phéromone. et d'après **Barclay et Bell (1988)**, Dans le piégeage de masse, l'utilisation combinée des deux types d'attractifs sur un même piège s'avère plus efficace **Hanniotakis et al., (1991)** estiment que cette technique peut remplacer les insecticides pour contrôler la mouche des fruits, mais elle fonctionne principalement dans les vergers isolés avec un risque minimal de réinfestation.. Cette technique est cependant coûteuse en temps et en moyens (achat, pose, retrait) (**Aboussaid et al., 2007**).

I.1.6.3.4. - Lutte autocide (Technique de l'Insecte Stérile)

Selon **Roessler (1994)**, l'utilisation de la Technique de l'Insecte Stérile (TIS) est à la fois respectueuse de l'environnement et efficace pour la lutte biologique. Elle a été utilisée contre *C. capitata* au Costa Rica, en Espagne, aux Etats-Unis (California, Hawaii), en Italie,

au Mexique, au Nicaragua, au Pérou, et en Tunisie (**Gilmore, 1989**). Cette méthode implique la libération d'un grand nombre de mâles stériles au sein de la population sauvage de la Cératite, favorisant ainsi une forte probabilité d'accouplement entre les mâles stériles et les femelles sauvages de la cératite, Le principe consiste à traiter des mouches mâles avec de faibles doses d'irradiations (rayons Gamma), capables de stériliser l'insecte (**Knipling, 1955**). Les étapes de cette technique sont l'élevage de masse de la Cératite puis la stérilisation et la dispersion de cette dernière stérile dans le champ. L'Algérie s'est inscrite dans le programme régional de la lutte contre la cératite par TIS qui visait l'éradication de ce ravageur en Algérie, en Libye, au Maroc et en Tunisie (**Bounfour et Nafil, 1994**).

I.1.6.3.5. - Lutte biologique

Rioux (2001) a défini la lutte biologique comme méthode de lutte consiste à exploiter des insectes bénéfiques, en particulier les hyménoptères parasitoïdes, pour attaquer les stades pré-imaginaux (œufs, larves ou pupes) des Tephritidae. Parmi ces méthodes :

I.1.6.3.5.1. - Lutte par prédateurs

La fourmi *Solanopsisgeminata*, signalée par **Eskafi et Kolbe (1990)** consomme 7 à 25% des larves de *C. capitata* dans les vergers de caféiers et d'orangers, Le carabe *Pseudophonus rufipes* il attaque efficacement aux larves de troisième stade et surtout aux pupes de *C. capitata* (**Monzó et al., 2011**).

I.1.6.3.5.2. - Parasitoïdes

Psytalia concolor Szepligeti (**Smaili et al ; 2013**) ; *Spalangia cameroni Perkins* hyménoptère parasitoïde des pupes de mouches (**Pérez-Hinarejos et Beitia, 2008**).

I.1.6.3.5.3. - Bactéries entomopathogènes

Une souche de *Bacillus thuringiensis* (Bt A9) dont on a extrait une toxine a présenté une activité insecticide importante vis avis des larves et des adultes de *C. capitata* (**Aboussaid et al., 2009**).

I.1.6.3.5.4. - Champignons entomopathogènes

Les champignons entomopathogènes, qui infectent divers insectes par pénétration à travers la cuticule par la germination des conidies. Le champignon colonise les organes internes puis sporule à la surface de l'insecte mort (**Riba et Silvy, 1999**)

I.1.6.3.5.5. - Biopesticides dérivés des plantes

Les extraits de plantes et des huiles essentielles végétales de *Cymbopogon choenanthus*, de *C. giganteus*, de *Lippia multiflora*, d'*Ocimum basilicum*, et de *Securidaca longepedunculata* ont des propriétés insectifuges ou insecticides (Nébié, 2005 ; Koumalglo et al., 1998 in Nébié, 2005). En plus Les huiles essentielles de *Baccharis dracunculifolia* et *Pinus elliottii*, ont causé une mortalité de 100 % sur les pupes de *C. capitata* (Oviedo et al., 2018).

I.2. - Généralités sur pommier de Sodome *Calotropis procera*

Selon Berhaut (1971) *Calotropis procera* (Figure 7), est une plante communément appelé Arbre à soie ou Pommier de Sodome ou plante à lait ou encore Roustonnier. D'après Von Maydell, (1990) le pommier de Sodome présente de nombreuses caractéristiques : une croissance rapide, qui pousse dans toute la saison et elle peut offrir une source de biomasse végétale régulièrement disponible.

Noms vernaculaires

En français : Pommier de Sodome, Arbre à soie,

En anglais: Sodome Apple, Akund Crown flower

En arabe : Kranka, Torha, Torcha

En Mooré : Poutroupouga

En Bambara : Fogofogo, Popogolo, Fogofogoba , Fogofoko.



Figure 7 - Pommier de Sodome *Calotropis procera* (Originale, 2023)

I.2.1. - Habitat et Répartition géographique

Calotropis procera est très répandu à travers les régions sèches désertiques de l'Asie occidentale et de l'Afrique intertropicale. Son aire est extrêmement vaste. Enumérer toutes les stations où la plante a été signalée serait une tâche longue, fastidieuse, et d'un intérêt fort limité, car la plante existe à travers toute la zone saharo-sindienne et la zone soudano decanienne considérées au sens large. Vers le Nord elle remonte même jusqu'aux bords de la Méditerranée en Tripolitaine (elle a été observée en mars **1968** par **Mmc Jovet-Ast** à Leptis Magna) et en Egypte (elle est abondante entre Alexandrie et le canal de Suez d'après ce même auteur) (**Gillet, 1968**).

I.2.3. - Classification botanique

Selon la classification classique de **Cronquist (1981)** la *Calotropis procera* appartient :

Règne :	plantea
Embranchement :	Magnoliophyta
Sous-embranchement :	Angiospermes
Classe :	Magnoliopsida
Sous-classe :	Asteridae
Ordre :	Gentianales
Famille :	Asclepiadaceae
Genre :	<i>Calotropis</i>
Espèce :	<i>Calotropis procera</i> (Aiton) W.T.Aiton, 1811

I.2.4. - Description botanique

Le pommier de Sodome est un arbuste xérophyte de 2 mètre de hauteur environ, qui possède un latex blanc toxique, qui s'écoule à la moindre blessure (**Benchelah et al., 2006**). Ce latex à cime irrégulière, de 3 à 5 m de haut, parfois sans branche. L'écorce est épaisse, liégeuse, crevassée, grise à beige clair, avec la branche jaune, Et des rameaux qui sont finement pubescents et glauques, Les feuilles (**Figure 9**) sont opposées, sessiles, plus ou moins succulentes, vert glauque sur le dessus et gris-vert en-dessous, largement ovales ou oblongues de (15- 30) × (15–70) cm, à sommet arrondi ou en coin court, à base cordée (**Zenasni et al., 2012**)

Selon **Arbonnier (2002)** Les fleurs (**Figure 10**) sont de couleur blanche-verte et violettetes, avec un diamètre de 2 à 3 cm, à 5 pétales. Les fruits (**Figure 11**) se trouvent sous forme de gros follicules renflés, ovoïdes, de la taille d'une mangue, verts, mous et remplis d'air. Les graines

sont aplaties et surmontées d'une aigrette De plus un limbe qui comporte des nervures plus ou moins palmées à la base, avec une nervure centrale mangue, verts, mous et remplis d'air. De 8 à 10 paires de nervures secondaires peu saillantes se raccordant vers le sommet (**Berhaut., 1975 ; Dieye, 1990 ; Dieng, 1993 cité par Nikiema, 2005**). La floraison se fait toute l'année, en saison sèche plus qu'en saison des pluies et la reproduction se fait par les graines (**Nacoulma 1996**).



Figure 8-A - feuilles de *Calotropis procera*



Figure 8-B - Fleurs de *Calotropis procera*



Figure 8-c – fruits de *Calotropis procera*

Figure 8 – les différentes parties de *C. procera* (Originale ,2023)

I.2.6. - L'utilisation de *Calotropis procera*

Le pommier de Sodome est une plante qui possède beaucoup de vertus thérapeutiques mais aussi il ne faut l'utiliser qu'avec prudence car est une plante toxique par exemple le latex qui présente un danger pour les yeux mais d'après **Kumar et Coll. (1994)** le latex possède une puissante activité anti-inflammatoire, des propriétés anti-diarrhéiques, analgésique (**Devan et al., 2000**). Il est aussi utilisé comme antiseptique et sédatif (**G.r.i.p.t, 2001**).

Les extraits éthanoliques des feuilles et des fleurs possèdent des propriétés anti-inflammatoires, des propriétés antimicrobiennes (**Mascollo et al., 1988**). Des extraits organiques des fleurs ont montré une activité antifongique contre *Candida albicans* (**Vohora et al., 1997**). L'extrait aqueux des écorces de tige a montré une activité antitussive *peros* chez le cobaye (**Dieye et al. 1993**).

Selon **Sen et al., (1988)**, l'extrait chloroformique des racines de *Calotropis procera* Ait. Inhibe les ulcères gastriques provoqués par l'aspirine, l'indométacine, l'éthanol ou par le stress. Il inhibe par ailleurs le métabolisme de l'acide arachidonique.

Ouédraogo (2001) a démontré que l'extrait aqueux des écorces de racines présente une activité anti-inflammatoire.

Le macéré aqueux des écorces de racines de *Calotropis procera* a présenté une activité anti-falcémiant (**Ouattara, 1991**).

En médecine traditionnelle indienne, diverses parties de la plante sont utilisées comme purgatif, antihelminthique, et aussi dans le traitement des maladies telles que la lèpre, l'ulcère, les tumeurs et les hémorroïdes (**Kirtikar et Basu, 1935**).

Les extraits aqueux et alcooliques des racines ont une action stimulante sur la respiration et la pression sanguine du chien et ont un effet spasmogène sur les muscles lisses du lapin et du rat, ainsi que sur l'utérus de rate non gestante (**Kerharo et Adam, 1974**).

Ogundiwin et Oké (1983), **Aworh et Nakai (1986)**, **Aworh et Muller (1987)**, l'ont indiqué comme principal coagulant, utilisé dans la fabrication du fromage au Nigeria.

Selon **ZENASNI et al., (2012)**, les racines macérées de *Calotropis procera* peuvent être employées pour le traitement des eaux polluées en Zn(II).

Chapitre II: Matériels et Méthodes

II.1. Problématique et Objectifs

La lutte contre la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* qui est considérée comme l'un ravageur majeur de la production fruitière dans le monde cet insecte nuisible est un défi majeur en agriculture, mais il est encourageant de constater qu'il existe des alternatives plus naturelles et moins nocives que les pesticides chimiques. L'utilisation d'extraits aqueux et d'huiles essentielles s'est avérée être une stratégie efficace pour lutter contre ce ravageur. Les extraits aqueux de plantes peuvent agir comme des répulsifs ou des insecticides, tandis que les huiles essentielles, avec leurs propriétés aromatiques et parfois insecticides, offrent une option respectueuse de l'environnement. En privilégiant ces approches, nous pouvons réduire notre dépendance aux produits chimiques.

Notre humble travail de recherche a pour objectif central d'étudier l'efficacité d'insecticide du pommier de Sodome *Calotropis procera* contre quelques paramètres physiologiques de *Ceratitis capitata*.

II.2. Matériel biologique

II.2.1. Matériel animal

L'échantillonnage des fruits infestés et piqués par la Cératite a été réalisé au niveau d'un verger d'agrumes (**Figure9**), positionnés aux alentours de la station expérimentale de l'INRAA de Mehdi Boualem (Baraki, Alger). Nous avons, de ce fait, observé une importante infestation de ces vergers par la cératite traduite par une perte de la majorité des fruits qui sont tombé prématurément au sol. Ces deniers ont été récoltés dans des boîtes d'échantillonnage puis transportés au laboratoire de Protection des Cultures de l'INRAA pour les éventuels essais.



Figure 9-Verger d'agrumes prospecté et orange piquée par la Cératite

(Originale , 2023)

II.2.1.1. Elevage de masse de la Cératite

Les mouches utilisées pour les bio-essais sont élevées au laboratoire et sont issues d'un élevage mené au sein d'une chambre climatisée à température (27 ± 3 °C) et humidité ($70\pm 15\%$) contrôlées. Les étapes de l'élevage de masse de la cératite sont comme suivies : (**Tableau I**) :

Tableau I- Différentes étapes de l'élevage de masse de la Cératite

Étape	Méthodes
1	Les oranges affectées par les piqûres sont placées dans des boîtes en plastique remplies d'environ 4 cm de sable. Afin de maintenir l'humidité et récupérer les pupes.
2	Les couvercles des boites sont découpés au milieu afin de remplacer le plastique par de la tulle à mailles fine. Cela permettra l'aération des boites
3	Les couvercles des boîtes sont découpés au centre et remplacés par de la tulle à mailles fines. Cela permettra une meilleure circulation de l'air à l'intérieur des boîtes.
4	Ainsi, les larves du troisième stade quittent le fruit d'une brusque détente pour s'enfoncer, à faible profondeur dans le sable, où s'effectue la nymphose, donnant les pupes
5	Les pupes sont par la suite récupérées après tamisage du sable qui se fait quotidiennement
6	Une fois récupérées, les pupes sont placées dans des verres de montre remplis de sable, puis transférées ultérieurement dans une cage d'émergence de forme cylindrique.
7	La cage d'émergence est munie de deux pendoirs et un entonnoir en plastique percé de trous et recouvert de tissus humide pour permettre la collecte des œufs ;
8	Ajouter des boîtes contenant du coton imbibé de solution sucrée à la cage d'émergence permet aux adultes de se nourrir.
9	Après 13 jours, les adultes émergent et s'accouplent après leur maturité sexuelle.



Figure 10 - Les différentes étapes de l'élevage de masse de la Cératite (Originale ,2023)

II.2.1.2. Identification de la mouche méditerranéenne des fruit *Ceratitis capitata*

L'identification de la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata*, a été réalisée au sein du laboratoire de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie

(INRAA) et cela après avoir réalisé un élevage en masse de cet insecte. Les étapes de cette étude (**Figure 11**) sont résumées comme suit :

-A l'aide d'une pince on a pris soigneusement une mouche de *C. capitata* visible a l'œil nu et on la mit sut un dispositif

-Étaler bien la mouche sur une lame

-mettre une goutte d'alcool sur l'insecte a fin d'immobiliser et conserver l'insecte

-Placer et fixé la lame sur une loupe binoculaire au grossissement G x 40

- Observation les caractéristiques de la cératite Telles que les antennes, les yeux, ...etc



Observation de la cératite a l'œil nue



Mettre de l'alcool sur la mouche



Étalement



Observation sous la loupe

Figure 11 – les étapes d'identification de *Ceratitits capitata* (Originale ,2023)

II.2.2. Matériel végétal

Pour notre étude, nous avons utilisé la plante de *Calotropis procera*, également connu sous le nom de Pommier de Sodome, provenant de la localité d'Oued Amded, située dans la Wilaya de Tamanrasset (**Figure12**). Cela après avoir séparé ces différentes parties et dans notre expérience nous allons utiliser ces feuilles fraîches.



Figure 12 – Feuilles fraîche de *Calotropis procera* (Originale ,2023)

II.3. Préparation de l'extrait aqueux de *Calotropis procera*

Pour l'extraction aqueuse de *Calotropis procera*, nous avons utilisé la méthode de décoction qui est un processus par lequel des matières végétales solides sont bouillies dans de l'eau pour extraire les composés chimiques solubles dans l'eau. Les étapes de la décoction de pommier de Sodome sont les suivantes (**figure 13**) :

- Les feuille de *Calotropis procera* sont bien sécher et maintenue dans étuve à une température de 30 ± 2 pendant 05 jours.
- A l'aide d'un broyeur électriques les feuilles de la plante ont broyers pour obtenir une poudre foliaire.
- Ébullition 10 g de poudre de *Calotropis procera* dans 100 ml d'eau ultra pure pendant quelques minutes. Une fois la décoction terminée, le liquide est filtré à l'aide d'un papier filtre Wattman, Afin d'obtenir la solution mère.

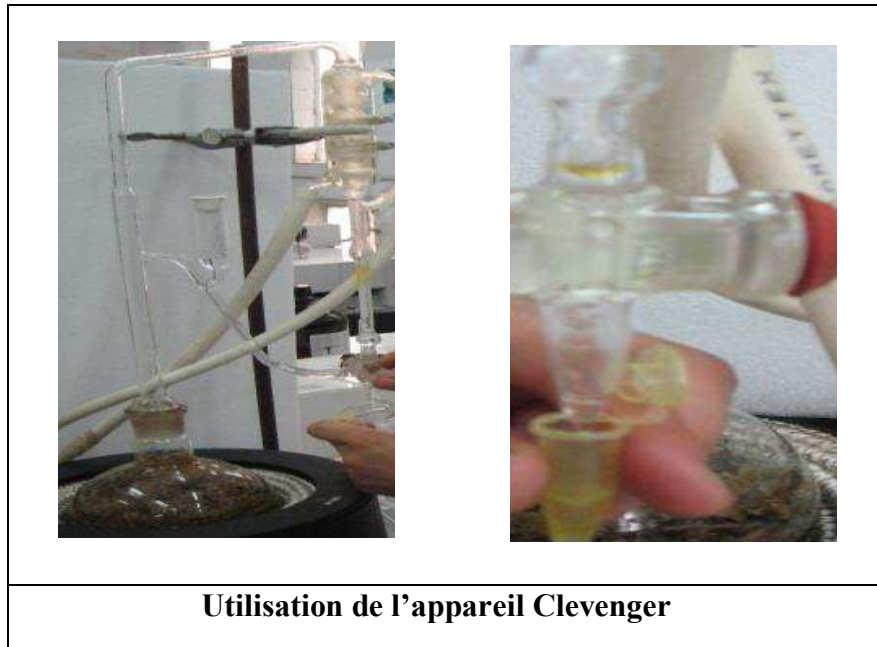


Figure13 – les Etapes de préparation de l'extrait aqueux (Originale ,2023)

II.4. Préparation de l'huiles essentielle de *C. procera*

L'extraction de l'huile essentielle de *C. procera* a été réalisée par hydro-distillation en utilisant un appareil Clevenger, selon le protocole décrit par **Abd El Galeil et al., (2008)** qui consiste à laisser immerger une masse de matière végétale sèche (100g) dans une enceinte

(ballon) contenant 500 ml d'eau distillée, l'ensemble est porté à ébullition durant 3 à 6 heures jusqu'à stabilisation de la quantité d'huile essentielle (**Figure14**). A la fin de chaque extraction, l'essence a été récupérée par décantation à partir d'un récipient gradué relié à une enceinte (ballon), car celui-là comporte à la fois de l'eau (hydrolat), et de l'huile essentielle qu'il faut séparer à l'aide d'une seringue graduée.



**Figure 14 -Préparation de l'huile essentielle de *C. procera* par hydro-distillation
(Originale ,2023)**

II.5. Méthodes de traitements

Au sein du laboratoire, des évaluations ont été menées sur les adultes de *Ceratitis capitata* en utilisant des extraits de *Calotropis procera*. Les conditions expérimentales comprenaient une température constante de $27 \pm 3^{\circ}\text{C}$, une humidité relative de $70 \pm 15\%$ et une photopériode de 12 heures lumière/12 heures obscurité. Cette étude a permis d'observer les effets des extraits de *C. procera* sur les imagos de *C. capitata* jusqu'à leur décès, fournissant ainsi des données importantes pour l'évaluation de ces effets.

II.5.1. Traitement par ingestion (extrait aqueux)

Ce traitement implique le mode ingestion de l'extrait aqueux de *Calotropis procera* par les adultes de la mouche méditerranéenne (**Figure 15**). Tout d'abord, les adultes sont soumis à un jeun e de 24 heure a fin de vider leur tube digestif. Après 24h sont placés dans des contenants hermétiques avec de trous pour l'aération. De plus, sur chaque bouchon de ces contenants, est fixé par un morceau de coton imbibé de solution sucré. En suite l'aide d'une micropipette on a

déposé une dose de 20 µl d'extrait aqueux de *Calotropis procera* sur le coton. Pour les témoins, seulement la solution sucrée a été introduite dans le coton. Des observations quotidiennes sont réalisés dès le premier jour pour évaluer le taux de mortalité induit par le traitement.

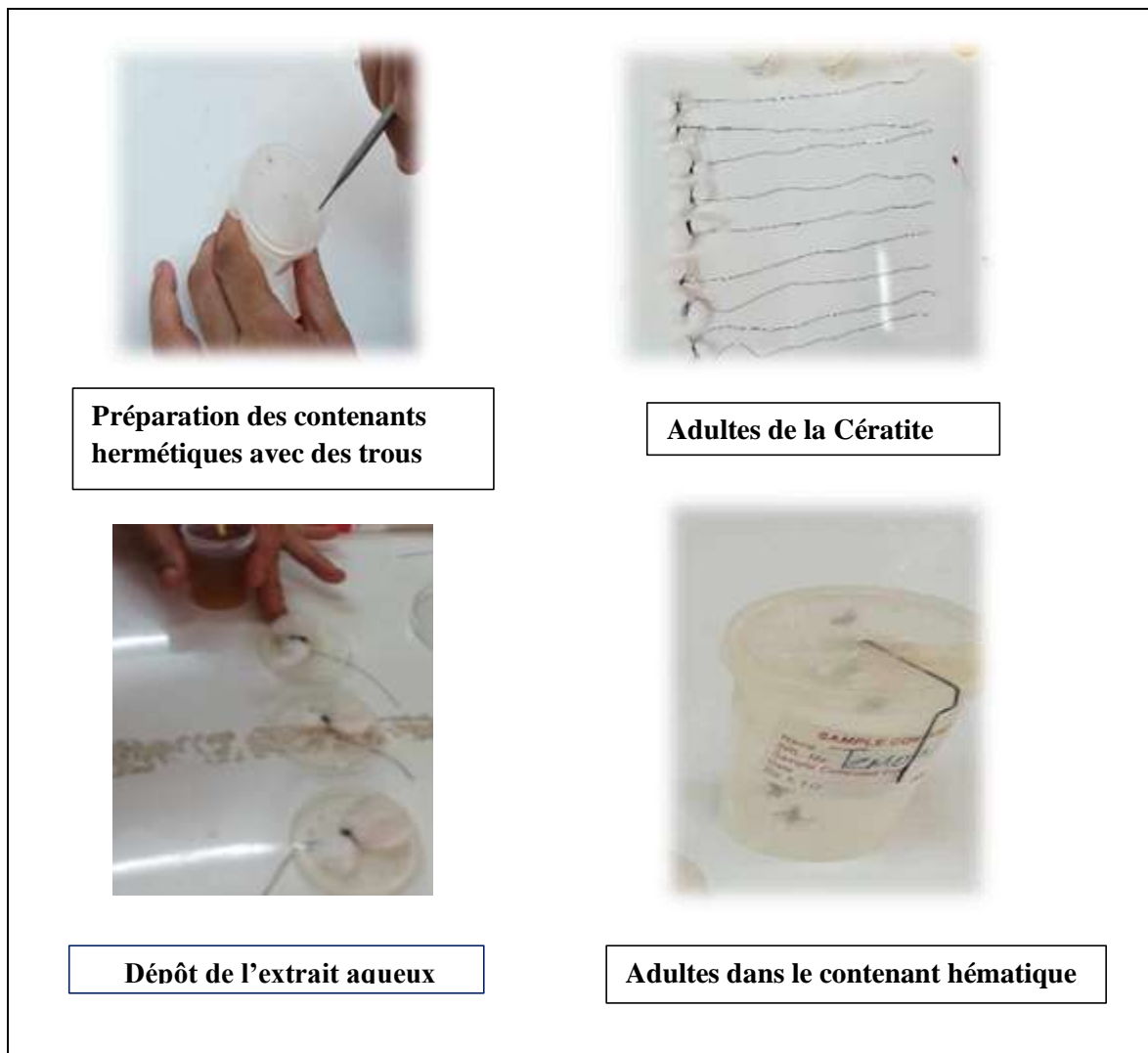


Figure 15- Essais de l'extrait aqueux de *C. procera* contre les adultes de *C. capitata* (Originale, 2023)

II.5.2. Traitement par inhalation

Le mode de traitement retenu pour cet essai est un traitement par inhalation. Le même protocole de traitement que ce lui à base de l'extrait aqueux de *C. procera* contre *C. capitata* a été effectué. Nous avons ajouté un autre coton imbibé de l'huile essentielle dans les piluliers, en plus de celui contenant la solution sucrée. La dose utilisée pour l'huile essentielle D= 20 µl.

II.6. Paramètre étudiés :

II.6.1. Effet sur la mortalité

Le pourcentage de la mortalité observée chez les larves du cinquième stade et les adultes, les témoins traités est estimé selon la formule suivante :

$$\text{(Mortalité observée = [Nombre de morts / Nombre total des individus] \times 100)}.$$

Les mortalités observées sont ensuite corrigées par la formule d'Abbot (1925) :

$$\text{M.C. (\%)} = (\text{M2} - \text{M1} / 100 - \text{M1}) \times 100$$

Soit :

M.C. (%) : Pourcentage de mortalité corrigé.

M1 : Pourcentage de mortalité dans le lot témoin.

M2 : Pourcentage de mortalité dans le lot traité.

II.6.2. Effet sur l'hémolymphe

Pour chaque extrait de la plante *C. procer* (extrait aqueux et huile essentielle) nous avons réalisé des frottis hémolympatique des individus témoins et traités. Pour cela l'hémolymphe a été prélevé entre la patte postérieure et le thorax à l'aide d'une micropipette ou d'une seringue. D'après **Guzo et Stoltz (1987)** cités par **Habes et Soltani (1992)**, ce frottis se réalise selon la méthode suivante (**figure16**) :

- Prélever 3 à 5µl d'hémolymphe avec micropipette graduée suite à une incision entre la patte postérieure et le thorax ;
- Etaler une couche mince de ce volume, puis faire sécher la lame à l'air ;
- Après séchage, y déposer 20 gouttes de May- Grunwald dilué ou bleu de Méthylène et laisser reposer pendant 3 minutes, on ajoute quelques gouttes d'eau distillée et laisser pendant 1 minute
- Enlever l'excès du colorant avec de l'eau distillée par rinçage ;
- Ajouter 40 gouttes de Giemsa et recouvrir la lame et laisser pendant 10 minutes, puis rincer la lame à l'eau courante ;
- Laisser sécher la lame à l'air, après séchage faire un montage entre lame et lamelle en appliquant une fine couche du liquide de Faure aux extrémités de la lamelle, qui sera collée sur la lame puis laissée sécher.
- Réaliser un balayage des lames sous microscope afin d'observer et déterminer les différentes catégories hémolympatiques.

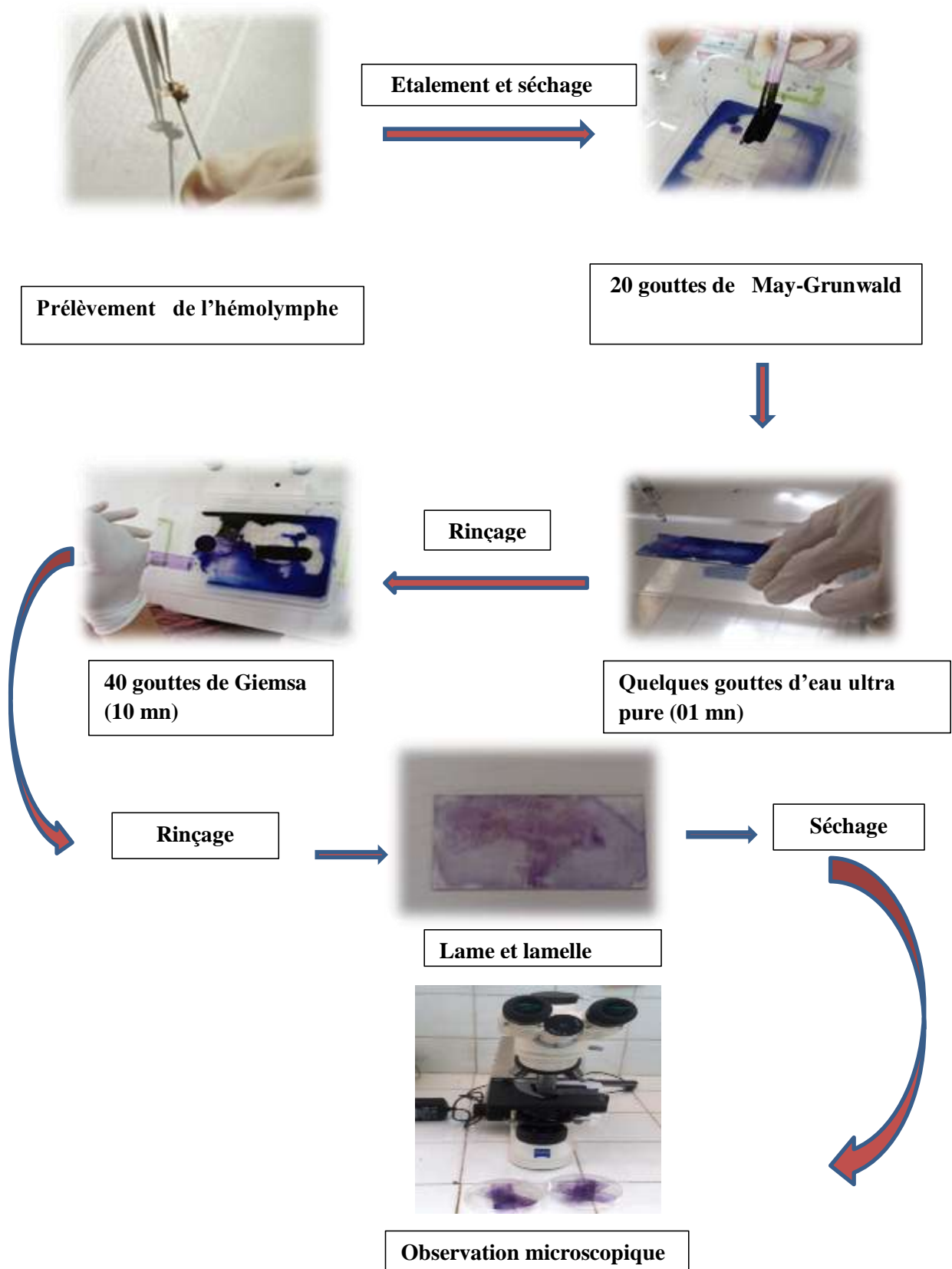


Figure 16- les étapes du frottis hémolympatique (sanguin)de la cératite (Originale,2023)

La détermination des différentes catégories hémocytes a été réalisée par comparaison avec les travaux de références de **Wigglesworth (1972)**, **Arnold (1974)** et **Raccaud-Schoeller (1980)**, mais aussi, les récents travaux de recherche réalisés par **Kadota *et al.* (2003)**, **De Negeiro *et al.* (2009)**, **Klowden (2013)** et **Rosales (2017)** (figure 17).

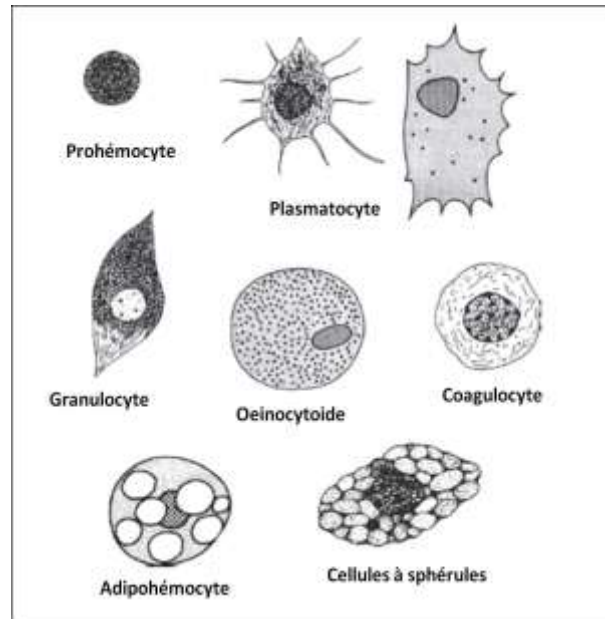


Figure 17- Illustration des hémocytes les plus communs chez les insectes (Woodring, 1985, cité par Frassens, 2006 et Klowden, 2013)

II.7. Analyse statistique

Pour approuver l'efficacité des différents facteurs étudiés, nous avons fait appel à l'analyse de la variance (ANOVA) à n critères de classification dans le but de tester la significativité statistique des différences entre les facteurs étudiés (STATSOFT, 2010).

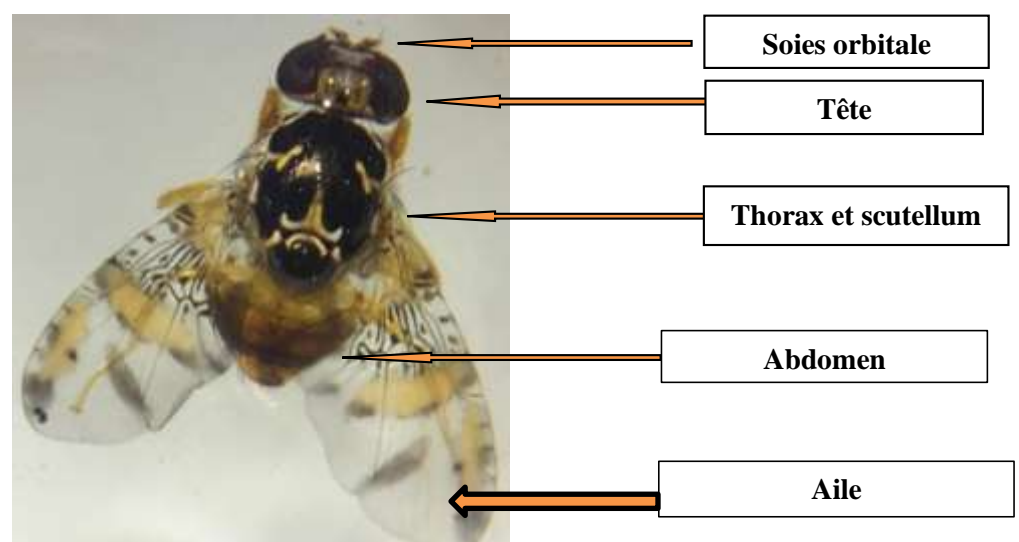
Chapitre III: Résultats obtenus

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats des effets de l'extrait aqueux et de l'huile essentielle de la plante *Calotropis procera* sur les adultes de la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata*, l'une des espèces les plus nuisibles de l'arboriculture fruitière dans les pays méditerranéens.

III.1.- Clé d'identification de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*

Selon **Séguy (1983)** les trypetidés se sont des adultes floricole ou arboricole, les Cératites. En été dans les prairies, lieux incultes ou clairière de endroits boisés. Les larves vivent dans les tissus végétaux vivants, plusieurs espèces sont galligène, quelques espèces sont très nuisible. Seuls les cryptogames ne sont pas attaqués par les Trypétides. La cératite est identifiée par : Une tête d'un blanc jaunâtre, Un mésonot noir luisant, avec 4 bandes grises, Un abdomen à bandes tergales alterne grises et rousse avec une longueur de 5 mm.

L'observation microscopiques qu'on a fait et l'utilisation de la clé de **Séguy (1983)** ont confirmés de manière concluante que les mouches élevées au sein du laboratoire correspondent bien à la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata*. Cette identification précise est essentielle pour garantir la validité des études menées sur cette espèce de mouche, notamment en ce qui concerne ces caractéristiques morphologiques et son impact sur les cultures agricoles. Cette méthode d'observation a révélé de nombreux détails essentiels sur la morphologie et les caractéristiques de la cératite (**Figures18**). En outre, l'utilisation de ce dernier a été d'une importance cruciale pour examiner en détail les différences subtiles entre le mâle et la femelle de *Ceratitis capitata*, comme illustré de manière éloquente dans la (**Figure19**).



**Figure 18- Observation microscopique de la mouche méditerranéenne des fruits
(G40 x 10) (Originale, 2023)**

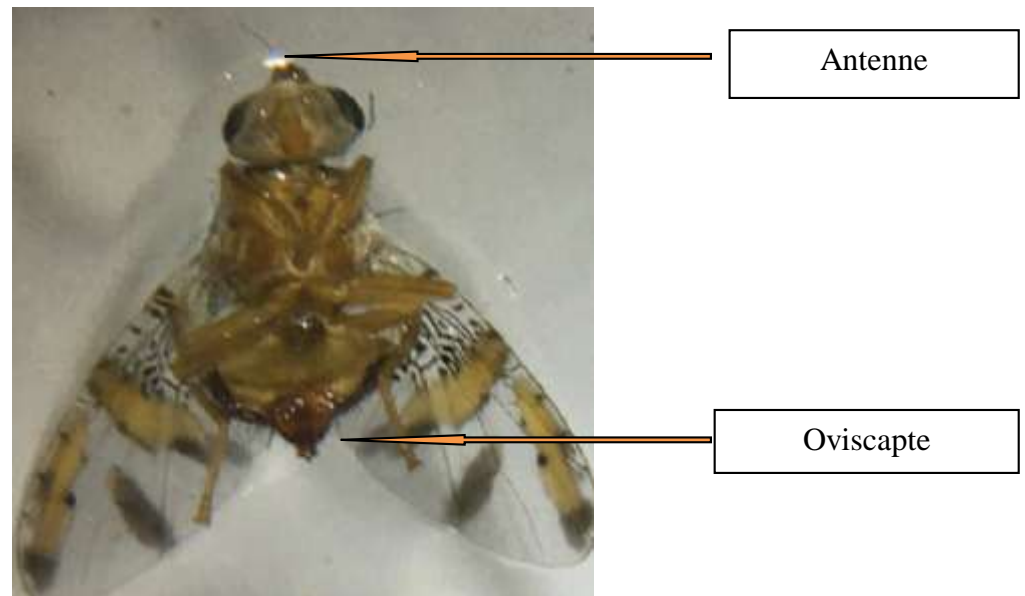


Figure 19- Observation microscopique de la femelle *Ceratitis capitata*

(G40 x 10) (Originale, 2023)



Figure 20- la différence entre le male (gauche) et la femelle (droite)de *Ceratitis*

(G40 x 10) *capitata* (Originale ,2023)

III.2.- Effet de l'extrait aqueux de *Calotropis procera* sur la mortalité des adultes de *Ceratitis capitata*

Les taux moyens de mortalité des adultes de *C. capitata* traités avec l'extrait aqueux à une dose de 20 μ l sont mentionnés dans **le tableau II** ci-dessous et illustrés la (**figure 21**)

Tableau II- Pourcentages moyens de mortalité des adultes de *C. capitata* traités avec l'extrait aqueux de *C. procera*

Jours	Témoins	Traités (extrait aqueux <i>C. procera</i>)
1	0	0
2	0	0
3	0	33,33
4	0	46,66
5	0	83,33
6	0	100
7	0	100
8	0	100

Selon les résultats rapportés par le tableau ci-dessus, l'extrait aqueux de *C. procera* a mis quelques jours pour engendrer un début de mortalité, soit au bout du 3^{ème} jour de traitement, après **01 mn 23 sec**. Les mortalités totales ont été notées à partir du 6^{ème} jour

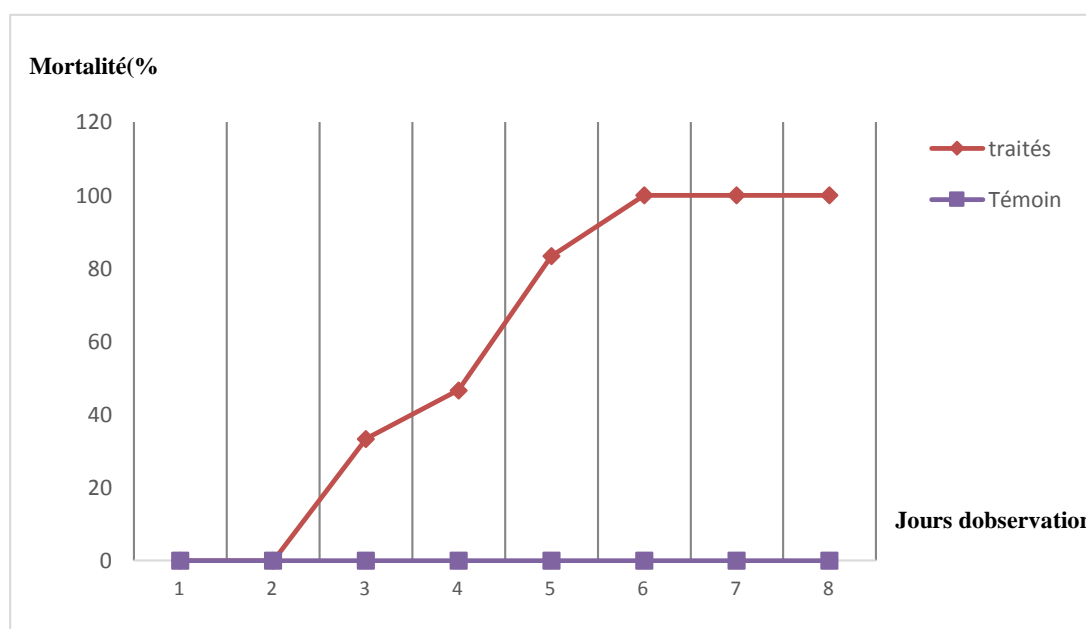


Figure 21-Pourcentage de mortalité des adultes de *Ceratitidis capitata* traité par l'extrait aqueux de *Calotropis procera*

III.3.-. Effet de l'extrait aqueux de *C.procera* sur l'hémolymphe des adultes de *C. capitata*

III.3.1. Etude qualitative

L'analyse du frottis hémolympatique de adultes témoins de *C. capitata* a révélé la présence De quatre types d'hémocytes distincts : les prohémyocytes, les plasmatocytes, les coagulocytes et les granulocytes (**Figure22**).

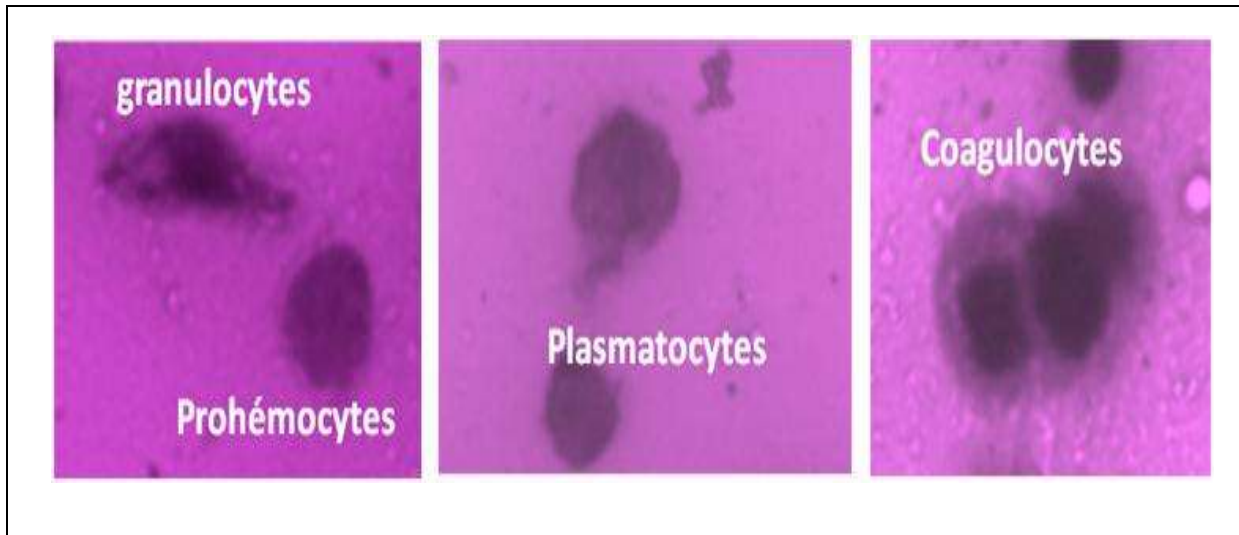


Figure22- Les différentes hémocytes identifiées dans l'hémolymphe des témoins de *C. capitata* (Originale,2023)

L'observation l'hémolymphe des mouches ayant subi un traitement avec l'extrait aqueux de *C. procera* a montré des changements structurels significatives au niveau des hémocytes de *Ceratitis capitata* (mouche méditerranéenne des fruits). Nos observations microscopiques ont mis en lumière plusieurs caractéristiques marquantes (**figure23**), et parmi ces altération on peut citer : un vidage complet du contenu cellulaire de certain hémocytes de *C.capitata* cela conduisant à une perte de leur intégrité cellulaire, désagrégation de la majorité des hémocytes, la formation de nodules dans le cytoplasme des hémocytes, ainsi que la présence de groupes d'amas de cellules rétractées. Libération de granules par certains granulocytes.

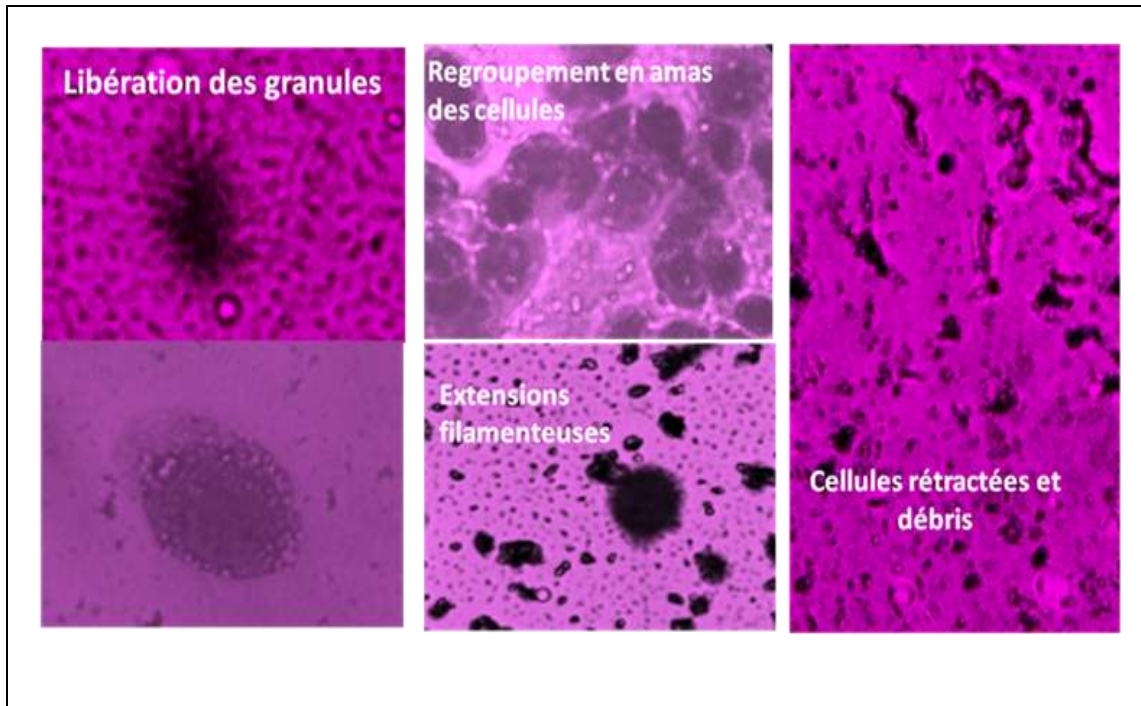


Figure 23- changement structurales des hémocytes des adultes de *C. capitata* traités par l'extrait aqueux et l'huile essentielle de *C. procera*

III.3.2.- Etude quantitative

Dans cette partie, nous avons procédé à un calcul des différentes catégories de cellules identifiées chez les individus témoins ainsi que chez ceux ayant subi les deux modes de traitement, soient à base de l'extrait aqueux et l'huile essentielle de *C. procera*. Les résultats relatifs au premier traitement (extrait aqueux) sont mentionnés dans le tableau ci-dessus ainsi que la (Figure24) :

Tableau III - Nombres moyens d'hémocytes des adultes de *C. capitata* témoins et traités par l'extrait aqueux de *C. procera*

Hémocytes	témoins	traités
prohémocytes	49,6666667	11,6666667
plasmocytes	39,666667	54,3333333
granulocytes	28,333333	32,3333333

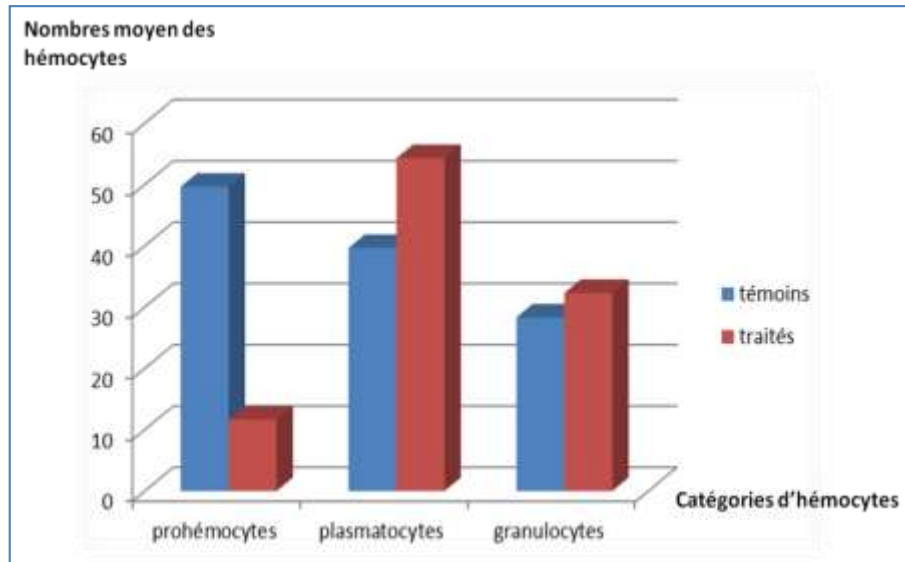


Figure24- Nombre moyen des prohémocytes, plasmatocytes et des granulocytes des adultes de *C. capitata* témoins et traités par l'extrait aqueux de *C. procera*

Ces données révèlent des changements significatifs dans la composition des cellules hémolympmatique des adultes de la Cératite suite au traitement. D'ailleurs chez les adultes traités le nombre moyen de prohémocytes est nettement réduit de 49,66 jusqu'à 11,67, Cette réduction significative suggère que ce traitement exerce un effet suppressif sur la production ou la survie de ces cellules. Tandis que, le nombre moyen de plasmatocytes est significativement augmenté, allant de 39,66 vers 54,33. Cette augmentation notable peut être expliquée par une réaction immunitaire accrue en réponse à l'extrait aqueux. Et par rapport au nombre moyen de granulocytes il est légèrement augmenté, à environ 32,33. Cette augmentation soit moins prononcée que celle des plasmatocytes.

III.4.-. Effet de l'huile essentielle de *Calotropis procera* sur la mortalité des adultes de *Ceratitis capitata*

Les taux moyens de mortalité des adultes de *C. capitata* traités avec l'huile essentielle à une dose de 20 μ l sont mentionnés dans le tableau ci-dessous et illustrés la (figure25)

Tableau IV- Pourcentages moyens de mortalité des adultes de *C. capitata* traités avec l'huile essentielle de *C. procera*

Jours	Témoins	Traités par l'huile essentielle <i>C. procera</i>
1	0	33,33
2	0	100
3	0	100
4	0	100
5	0	100
6	0	100
7	0	100
8	0	100

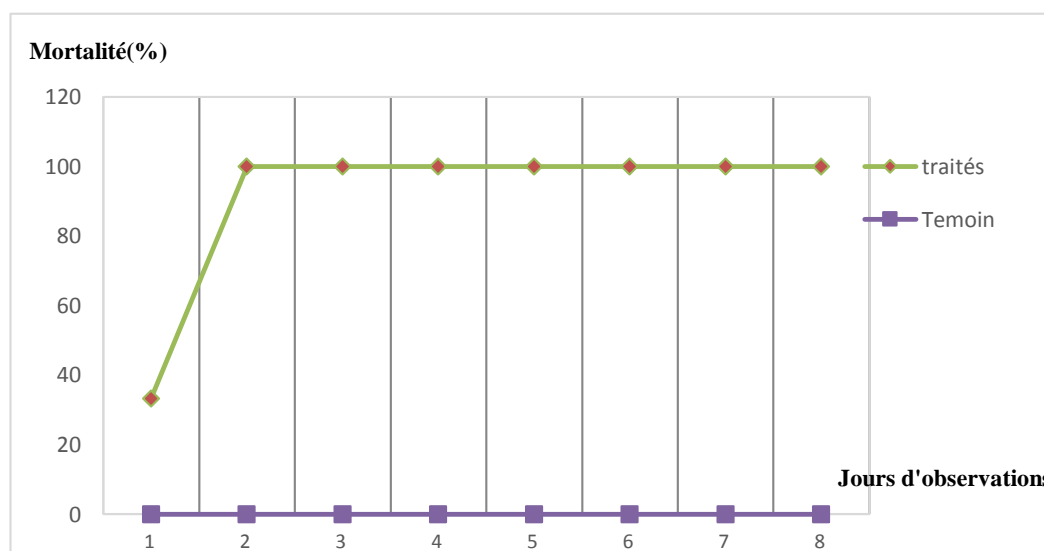


Figure25- Pourcentage de mortalité des adultes de *Ceratitis capitata* traités par l'extrait aqueux de *Calotropis procera*

Selon les résultats rapportés par le tableau ci-dessus la mortalité totale des individus de la cératite après le traitement à base de l'huile essentielle de ladite plante ont été engendré au bout de 2^{ème} jour, alors que la mortalité des premiers individus a été notées après **01mn 23 sec**

III.3.-. Effet de l'huile essentielle de *C. procera* sur l'hémolymphe des adultes de *C. capitata*

III.3.1. Etude qualitative

Nous avons identifié quatre catégories distinctes de cellules sanguines chez les adultes témoins de *C. capitata* identique à celle observer au traitement aqueux. (**Figure23**), Ces

catégories comprennent les prohémyocytes, les plasmatoctes, les granulocytes et les coagulocytes, chacune ayant des rôles spécifiques dans le système immunitaire de l'insecte. L'observation des adultes de *C. capitata* traités avec l'huile essentielle de *C. procera* a révélé des altérations significatives au niveau de leurs cellules sanguines. Qui se manifestant par la formation de nodules, éclatement des hémyocytes...etc.

III.3.2. Étude quantitative

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer l'impact du traitement des adultes de *Ceratitis capitata* avec l'huile essentielle de *Calotropis procera* sur le nombre de différentes catégories de cellules sanguines (prohémyocytes, plasmatoctes, les granulocytes). Les résultats de l'évaluation de l'impact de l'huile essentielle de *C. procera* sur l'hémolymphe de *C. capitata* sont consignés dans le tableau 11 ainsi que la (Figure 26) ci-dessous :

Tableau V- Nombre d'hémocytes des adultes de *C. capitata* témoins et traités par l'huile essentielle de *C. procera*

Hémocytes	témoins	traités
prohémyocytes	49,6666667	11,6666667
plasmatoctes	39,6666667	38,6666667
granulocytes	28,3333333	19

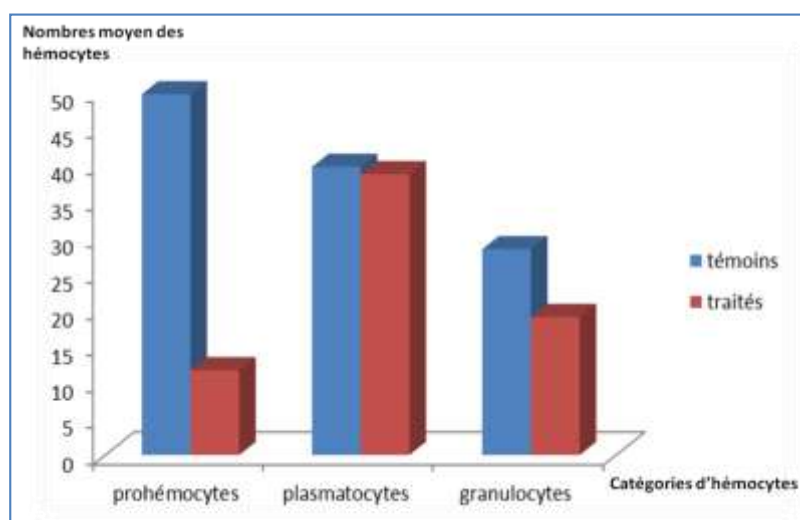


Figure 26 – nombre moyen des hémyocytes de *C.capitata* traités par l'huile essentielle de *Calotropis procera*

Quantitativement, nous avons observé que le nombre d'hémocytes chez les adultes de *C. capitata* traités par l'huile essentielle à base de *C. procera* a été réduit par rapport à celui des témoins. En effet une chute remarquable du nombre de prohémoscytes allant du 48,66% jusqu'à 8% cela signifie que les cellules sont subites un stress avec cette l'huile, tandis que le nombre des plasmocytes son légèrement diminué de 39,66% à 38.66% par ra port au nombre de granulocytes une chute de leur nombre de 28,33% à 19%, donc l'huile essentielle extrait de *C. procera* affecte les cellule cette mouche.

III.4.-. Analyse statistique

L'analyse de la variance à deux critères de classification (traitement et temps) au seuil 5% (**Tableau VI**) ressortir une différence très hautement significative entre les deux modes de traitement avec un niveau de probabilité $p = 0,000 < 0,005$, mais aussi pour le facteur temps, toujours avec $p < 0,005$.

Tableau VI- Analyse de la variance des mortalités des adultes de *C. capitata* traités par l'extrait aqueux (par ingestion) et l'huile essentielle (inhalation) de *C. procera*

	SCE	DDL	CM	F. obs.	p
VAR1 (temps)	425321,2	26	18452,3	522,21	0,000
VAR2 (mode de traitement)	314362,3	8	26984,5	621,33	0,000
VAR1*VAR2	65812,3	134	632,2	13,44	0,000
VAR résiduelle	7335,1	159	29,3	-	0,000

Chapitre IV: Discussions

Ce chapitre comporte les discussions sur les clé d'identification de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*. Par la suite On discutera sur les résultats obtenus après avoir traité les adultes de la mouche par l'extrait aqueux et l'huile essentielle du pommier de Sodome *Calotropis procera*

IV.1.- Effets de l'extrait aqueux et l'huile essentielle de *Calotropis procera* sur la mortalité de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*

Les deux traitements à base de l'extrait aqueux et l'huile essentielle de *C. procera* sur les adultes de *C. capitata*, au laboratoire ont révélé un effet considérable des extraits testés sur la mortalité des individus traités. En effet, un jour après l'application des traitements, nous avons noté un comportement inhabituel chez les mouches traitées, soit une agitation suivie d'un ralentissement progressif de leurs mouvements. D'après **Copping (2001)**, les alcaloïdes présents dans la plante agissent en ralentissant la fermeture des canaux sodium (Na⁺), ce qui perturbe le fonctionnement normal des cellules nerveuses. Cela conduit à une paralysie avant que l'insecte ne meure. En effet, la richesse de *C. procera* en alcaloïdes a été signalée par plusieurs auteurs, soient **Al-Yahia (1986) et Thiaw (2008)** qui rapportent que toutes les parties de *C. procera* contiendraient des cardénolides, des alcaloïdes, des saponines, des stérols et triterpènes, des coumarines, des tanins et des flavonoïdes des anthracènes.

Nos résultats corroborent avec ceux de certains chercheurs ayant testé *Calotropis* contre des insectes, comme ceux de **Abdalla et al., (2009)** avaient mis en évidence l'action toxique de *Calotropis procera* sur la mue de *Locusta migratoria*. Il y a aussi les travaux de **Abassi et al., (2004)** qui ont enregistré un taux de mortalité de 100% chez les larves, au bout de 15 jours à partir du début du traitement par *C. procera*. Ces mêmes auteurs ajoutent, également, que l'extrait d'alcaloïdes des feuilles jeunes de ladite plante s'est révélé anti-appétant, toxique et anti-fertilisant pour *S. gregaria*.

Kaidi et al., (2017), avaient noté que le traitement à base de l'extrait acétonique des feuilles de *Calotropis procera*, des imagos de *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria*, se sont révélés très convainquant du fait de la rapidité et de l'efficacité de leur action suite à des perturbations comportementales et aux premières mortalités enregistré seulement et respectivement 3 heures et 24h après traitement.

Quant à **Soltan et al., (2020)**, ils ont mentionné que l'application topique du latex de *C. procera* sur les individus de *Locusta migratoria* a été très significative, en raison de l'activité insecticide engendrant des taux de mortalité importants.

IV.2.- Effet de l'extrait aqueux et de l'huile essentielle de *calotropis procera* sur l'hémolymphe des adultes de *ceratitis capitata*

IV.2 .1.- Qualitativement

Du point de vue qualitatif, chez les insectes, les catégories d'hémocytes varient d'une espèce à une autre. **Lepesme** en **1938** avait identifié chez les adultes de *S. gregaria*, deux catégories hémocytaires (proleucocytes et phagocytes). **Raccaud-Shoeller (1980)**, note que le sang des orthoptères renferme quatre catégories d'hémocytes rencontrées chez d'autres ordres d'insectes à savoir : les prohémocytes, les plasmatoctes, les granulocytes et les coagulocytes. Bien après, **Habes et Soltani (1992)** avaient identifié, pour leur part, cinq types hémocytaires dans l'hémogramme de *Thaumetopea pityocampa*, soient les prohémocytes, les plasmatoctes, les granulocytes, les coagulocytes et les adipocytes). Quant à **Klowden (2013)**, il a pu mettre en évidence la présence de sept catégories d'hémocytes chez les insectes, soient les prohémocytes, les plasmatoctes, les granulocytes, les oenocytoides, les coagulocytes, les adipohémocytes et les cellules à sphérules.

Toutefois, à l'instar des vertébrés, les insectes possèdent une immunité qui repose sur des composantes impliquées connues sous le nom de défenses cellulaires et humérales (**Beckage, 2008**). L'immunité cellulaire consiste en la phagocytose des micro-organismes agressifs par les hémocytes, la formation de nodules et l'encapsulation (**Boman, 1998 ; Stanley, 2006 ; Beckage, 2008**). D'après **Olsen et al., (2000)**, les indices hématologiques chez les animaux (vertébrés ou invertébrés) sont importants pour déterminer le risque de toxicité puisque des changements dans le système sanguin ont une valeur prédictive supérieure pour la toxicité humaine.

Nous avons entrepris une observation microscopique de l'hémolymphe des individus traités avec l'extrait aqueux de *Calotropis procera* dans le but d'évaluer les effets des deux traitements. Cette analyse révèle des altérations structurelles significatives au niveau des hémocytes de *Ceratitidis capitata*) Examinant l'hémolymphe, nous avons observé que certains hémocytes avaient complètement perdu leur contenu cellulaire, ce qui indique une altération majeure de leur structure. De plus, la plupart des hémocytes présentaient une désintégration importante, laissant place à des débris cellulaires.

L'observation microscopique a également permis de mettre en évidence la formation de nodules dans le cytoplasme des hémocytes, ainsi que la présence de groupes d'amas de cellules rétractées. Ces nodules pourraient résulter d'une réaction immunitaire, tandis que les amas de cellules rétractées indiquent des changements morphologiques importants Il est intéressant de

noter que certains granulocytes semblaient libérer des granules (**figure24**) en réponse à ces altérations, ce qui peut être interprété comme une tentative de défense immunitaire de la part de l'organisme contre les effets de l'extrait aqueux de *Calotropis procera*. Ces observations approfondies de l'hémolymphe soulignent l'impact significatif du traitement sur les hémocytes de *C. capitata* et suggèrent des réponses immunitaires spécifiques en jeu.

IV.2.2.- Quantitativement

Quantitativement, nous avons observé que le nombre d'hémocytes chez les adultes de *C. capitata* traités par l'huile essentielle à base de *C. procera* a été réduit par rapport à celui des témoins. En effet une chute remarquable du nombre de prohémyocytes allant du 48,66% jusqu'à 8% cela signifie que les cellules sont subites un stress avec cette l'huile, tandis que le nombre des plasmocytes son légèrement diminué de 39,66% à 38.66% par raport au nombre de granulocytes une chute de leur nombre de 28,33% à 19%, donc l'huile essentielle extrait de *C. procera* affecte les cellule cette mouche.

La diminution significative des hémocytes peut être expliquée par leur rôle central dans le processus de défense immunitaire. Ces cellules ont été largement sollicitées pour phagocyter les toxines présentes dans *Calotropis procera*. Cependant, il semble que la toxine de ladite a réussi à contourner la réponse de phagocytose, échappant ainsi à la barrière protectrice du système immunitaire des individus traités. En conséquence, environ 24 heures après le traitement, une grande majorité des cellules hémocytaires ont subi une lyse complète, marquant ainsi une réponse immunitaire inefficace face à la toxine de la plante.

L'introduction des particules étrangères telles que les microorganismes ou autre peut perturber l'hémogramme des insectes (**Chauvin, 1956 et Arnold, 1974**). D'après **Paillot (1933)** cette perturbation peut se traduire soit par l'augmentation du nombre de cellules soit par sa diminution. Nos résultats confirment ceux obtenus par **Moussa (2003)** qui a, également, noté une diminution du nombre d'hémocytes de *Locusta migratoria* traité par l'huile de Neem.

Nos résultats, corroborent avec ceux obtenus par **Kaidi et al. (2017)** qui ont enregistré la même chute numérique des hémocytes chez les imagos de *L. migratoria* traités par l'extrait acétonique de *C. procera*.

Kaidi (2018) avait, également enregistré cette chute remarquable du nombre des hémocytes avec une augmentation considérable des plasmocytes des imagos de *S. gregaria* traités et par les champignons entomopathogènes *Metarhizium anisopliae* var *acridum* et

Beauveria bassiana ainsi que par six plantes du désert, soient, *Calotropis procera*, *Citrullus colocynthis*, *Cleome arabica*, *Solenostemma argel*, *Aerva javanica* et *Salvadora persica*.

Rosales (2017), dans une étude descriptive des cellules cristallines, des plasmatocytes, et des lamellocytes chez *Drosophila melanogaster*, indique que l'infection bactérienne provoque une réduction considérable du nombre des différents types d'hémocytes mis à part les plasmatocytes qui augmentent engageant une réponse immunitaire immédiate.



Conclusion

Conclusion

Les travaux de recherche entrepris dans le cadre de ce mémoire représentent une contribution essentielle à l'expansion de notre connaissance des paramètres biologique de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*, ainsi qu'aux critères d'identification de cette mouche. Notre objectif principal était d'étudier les bio-essais destinés à étudier l'effet toxique de l'extrait aqueux et de l'huile essentielle des feuilles du Pommier de Sodome *Calotropis procera* (plante médicinale également hautement toxique) sur la mortalité et l'hémolymphe des imagos de *la Ceratitis capitata* ravageur redouté pour les cultures fruitières, ce, dans le but de développer des moyens de lutte novateurs contre cet insecte. En effet, l'introduction des substances naturelles d'origines végétales s'avère être une alternative prometteuse pour une plus tentante contre les insectes ravageurs, puisque depuis toujours les plantes ont été utilisées pour leurs bénéfiques thérapeutiques, pharmaceutiques, leurs abondances dans la nature qui ne nécessite pas de frais élevés.

Ces recherches représentent une avancée significative dans la compréhension de la biologie de la mouche méditerranéenne des fruits, offrant ainsi une base solide pour son identification et son suivi dans les cultures fruitières. Parallèlement, l'évaluation de l'efficacité des extraits de *C. procera* ouvre des perspectives prometteuses pour la gestion intégrée de cette espèce ravageuse. Ces extraits pourraient potentiellement devenir un outil précieux dans l'arsenal des pratiques de lutte biologique, permettant de réduire l'impact de la mouche méditerranéenne des fruits sur les cultures sans recourir à des produits chimiques nocifs pour l'environnement.

En premier lieu, l'étude de la *C. capitata* nous a permis de déterminer trois critères essentiels qui peuvent être utilisés pour identifier cette espèce de manière fiable. Ces critères comprennent des caractéristiques morphologiques spécifiques tel que la couleur la taille et d'autres observations microscopique, c'est l'une des méthodes privilégiées pour identifier la cératite, ensuite les dommages qu'elle inflige aux fruits qu'elle infeste qui est un indicateur crucial de la présence de cette dernière qui réside dans les dommages qu'elle provoque sur les fruits. Les femelles de cette espèce pondent leurs œufs à l'intérieur des fruits mûrs. Les larves qui émergent se nourrissent de la pulpe du fruit, provoquant la formation de galeries et de zones de pourriture, ce qui altère significativement la qualité des fruits infestés. Enfin comme dernier critère ses préférences en matière d'hôtes il infeste principalement des fruits à pulpe charnue et mûre, comme les agrumes, les mangues, les cerises, et les pêches.

Pour réaliser les essais de lutte biologique contre la cératite au laboratoire, nous avons élaboré l'extrait aqueux et l'huile essentielle à partir de la plante de *Calotropis procera* (pommier de Sodome) utilisée à une dose de 20 µl. Les résultats obtenus ont montré que le traitement par ingestion (extrait aqueux) a mis quelques jours à montrer des effets significatifs,

Conclusion

contre la mouche, c'est à partir du 3^{ème} jour, que nous observons une première augmentation significative de la mortalité à 33,33 %. Cela suggère que le traitement commence à avoir un impact sur la population de mouches. et au bout du 6^{ème} jours la mortalité atteint 100%. Cela signifie que le traitement a enfin réussi à éliminer complètement la population de mouches, cette 'effet neurotoxique manifesté par l'extrait aqueux de *C. procera* peut être attribué sans aucun doute aux alcaloïdes contenus dans la plante. Ces composés sont reconnus pour leur capacité à agir sur les canaux sodiques (Na⁺) dépendants ce qui entraîne un ralentissement de la fermeture de ces canaux et perturbe la dépolarisation membranaire. Cette activité neurotoxique se traduit par une paralysie préalable à la mort.

Contrairement au traitement par inhalation (l'huile essentielle), la mort des individus est observée dès les première 07 minute et au bout de 24 heures le décès complet des mouches cela explique l'efficacité de l'action insecticides de *C. procera* cela indique que cette l'huile est plus toxique que l'extrait.

Nous avons également cherché à évaluer les effets des deux extraits de *Calotropis procera* testés sur l'hémolymph des adultes de la cécidie, les observations ont révélé des perturbations marquées au sein de l'hémolymph de la cécidie, accompagnées de changements structuraux au niveau des hémocytes. Ces altérations ont induit une réponse immunitaire de l'insecte, caractérisée par : la désagrégation des hémocytes, le vidage de leur contenu cellulaire, l'apparition de nodules et d'amas de cellules rétractées, ainsi que la dispersion de granules de sécrétion dans le cytoplasme. Ainsi leurs effets sur le nombre moyen des hémocytes chez la *C. capitata* qui se traduit soit par une diminution ou d'une augmentation. Ces modifications reflètent une réaction immunitaire complexe en réponse à l'exposition aux extraits de *C. procera*.

Nos investigations ont révélé que le pommier de Sodome, *Calotropis procera*, renferme des composants toxiques ayant manifestement un effet insecticide sur les adultes de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*. De manière significative, il est apparu que l'huile essentielle extraite de cette plante présente une toxicité nettement plus prononcée que l'extrait aqueux.

Pour conclure, cette étude représente une avancée majeure dans la connaissance des propriétés insecticides de *Calotropis procera* et offre des perspectives fascinantes pour la gestion à long terme des ravageurs agricoles. Au-delà de son potentiel pour protéger les cultures fruitières, cette recherche ouvre de nouvelles portes vers des pratiques agricoles plus durables et respectueuses de l'environnement. Les perspectives futures comprennent :

Conclusion

- ✓ Des études approfondies sur les mécanismes d'action
- ✓ Le développement de formulations pratiques
- ✓ La recherche de synergies avec d'autres méthodes de lutte biologique,
- ✓ La sensibilisation des agriculteurs aux avantages de cette approche.

En fin de compte, cette recherche s'inscrit dans une démarche visant à garantir la sécurité alimentaire tout en préservant la biodiversité agricole, ce qui revêt une importance cruciale pour l'avenir de notre agriculture.

Références bibliographiques

1. **Abdalla M.A., Luong-Shovmand M.H., Lecoq M. et El-Bachir S., 2009-** Effect of some plant extracts on the migratory locust *locusta migratoria* L. *Arab J. Econ. Ent.*, 27(1): 99-102.
2. **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.) (Diptera : Tephritidae). *Afrique SCIENCE 5(1)*, p. 160-172.
3. **Aboussaid H., Oufdou K., Messoussi S., 2007-** Rôle de *Bacillus thuringiensis* dans la protection de la forêt d'arganier contre la mouche méditerranéenne, *Ceratitis capitata* (Wied.), IVème journées nationales de biodiversité. Tétouan, Maroc : 26-27 p.
4. **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 Doct* : Uni. Mouloud Mammeri. T O. 197p.
5. **Al-Yahiya. M.A. 1986-** Phytochemical studies of the plants used in traditional medicine of Sandi Arabia. *Fitoterapia*, 179-182.
6. **Aouati A., 2016-** Etude de la toxicité de certaines plantes sur les larves de culex pipiens (Diptera, Culicidae). Université des frères mentouri. Faculté des sciences de la nature et de la vie.129p
7. **Arbonnier., 2002-** Arbres, Arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'ouest, CIRAD, 2^{ème} édition, 160-165.
8. **Arnold J.W., 1974-** The haemocytes of insects. *Physiology Insect*. Academic Press, (5): 210-214.
9. **Aworh O. C. & Muller H.G., 1987-** Cheese making proferties of vegetable rennet from Sodom apple *Calotropis procera*. *Food chemistry*, 26(1), 71-79 pp
10. **Aworh O. C. & Nakai, S., 1986.-**Extraction of milk enzyme from Sodom apple (*Calotropis procera*). A research note. In *Journal of Food Science*, Vol 51, n° 6, p. 1569 – 1570.
11. **Bachi K. et Ali Ahmed D. 2017-** Effect of citrus essential oils on the larvae evolution of *Ceratitis capitata* Wied. 1824 (Diptera: Tephritidae). *Bioscience Research*, 14(3): 686-693.
12. **Bachiri L., Echchegadda G., Ibjibijen 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.
13. **Balachowsky A.S. et Mesnil L., 1935-** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Ed. Busson, tome 1, Paris : 242-253.

14. **Balkema. Rotterdam.** Integrated pest control in citrus. Ed. Recher. Cavaloro and Dimartino: 135 149p.
15. **Barclay R.M., Bell G.P., 1988-** Marking and observational techniques. Ecological and behavioral methods for the study of bats: 59p.
16. **Bateman M.A., 1972-** The ecology of ruit flies. *Ann. Rev. Entomol*, (17): 493-518.
17. **Beckage N.E., 2008-** Parasitoid polydnviruses and insect immunity. *Insect immunology*: 243-270.
18. **Benchelah A.C., Bouziane H. et Maka M., 2006-** *Arbres et arbustes du Sahara. Voyages au cœur de leurs usages.* Ed. Ibis Press. Paris.239 p.
19. **Berhaut J., 1971-** *Flore illustrée du Sénégal : Dycotylédones, Acanthacées à avicenniacees.* Ed. Gouv. Du Sénégal, Ministère du Développement Rural, Dir. des Eaux et For., Tome I, Dakar, 626 p.
20. **Berhaut J., 1975-** *Flore illustrée du Sénégal : Connaracées à Euphorbiacées..* Ed. Gouv. Du Sénégal, Ministère du Développement Rural, Dir. des Eaux et For., Vol. 3, 330p.
21. **Bodenheimer F.S., 1951-** Citrus entomology in the Middle East with special references to Egypt, Iran, Irak, Palestine, Syria, Turkey: 87-161p.
22. **Boller E. F., 1983-** Biotechnical methods for the management of fruit fly populations. In: Cavalloro R. (Ed.) Fruit flies of economic importance. Proc. CECIOBOC Int. Symp., Athens, Greece, 16-19 Nov. 1982. Balkema, Rotterdam: 642p.
23. **Boman H.G., 1998-** Gene-encoded peptide antibiotics and the concept of innate immunity: an update review. *Scandinavian journal of immunology*, 48(1): 15-25.
24. **Boudjelida H., and Soltani N., 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.
25. **Bounfour M., Nafil L., 1994-** Utilisation de la technique des insectes stériles dans la lutte contre la cératite. Journée sur la biotechnologie et la lutte contre les insectes ravageurs des cultures. DPVCTRF, Raba.
26. **Carey, J. R. et Dowel, R. V., 1989-** *Exotic fruit fly pests and California agriculture Calif.* Agr, May-June 1989.
27. **Cayol J.P., 1996-** Box thorn, key early season host of the Mediterranean fruit fly. *Int. J. Pest Management*, 42 (4): 325-329.

28. **Cayol J.P., Causse R., Louis C. et Barthes J., 1994** - Medfly *Ceratitis capitata* Wiedmann (Diptera: Tephritidae) as a rot vector in laboratory conditions. *J. Appl. Entomol.*, 117: 338-343
29. **Chambers D. L., Cunningham R.T., Lichty R. W., Trailkill R.B., 1974**- Pest control by attractants; a case study demonstrating economy, specificity
30. **Chauvin R., 1956**- *Physiologie de l'insecte. Le comportement, les grandes fonctions, écophysiologie*. Ed. Inst. Nat. Rech. Agron., 917p.
31. **Constantino., 1950**- Contributo alla conoscenza della mosco dell. *Ceratitis capitata* (Diptera: Trypetidae). *Arch.Zool. Exp. Gén.*, T. 118, Fac sc. 3: 316- 334.
32. **Copping L.G., 2001**- *The biopesticide manual*. Ed. British Crop Protection Council, United Kingdom, 528 p.
33. **Cosimi, S., Rossi, E., Cioni, P. L., & Canale, A. 2009**-Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests: Evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Tenebrio molitor* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 45(2), 125-132.
34. **Cronquist, A. 1981**- Un système intégré de classification des plantes à fleurs. Presse universitaire de Columbia, New York, 248-250.
35. **De Meyer M., 2000** -Systematic revision of the subgenus *Ceratitis* MacLeay (Diptera: Tephritidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 128: 439-567.
36. **Delanoue P., 1957**- Les plantations de pêcheurs et de la mouche des fruits. *Extrait de la Tunisie Agricole. Communication présentée à la société des agriculteurs de Tunisie* : 13 p.
37. **Delanoue P., Soria F., 1962**- Au sujet de l'avortement de l'évolution de *Ceratitis capitata* Wied dans certains agrumes de Tunisie. *Annale de l'INRAT* 35 : 73-96p.
38. **Delassus M., Bricchet J., Balachowsky A. et Lepigne A., 1931**- Les ennemis des cultures fruitières en Algérie et les moyens pratiques de les combattre. Ed. Recher.Agro. Algerie. Pp : 53 - 62.
39. **Delrio G., 1985**- *Tephritid pests in citriculture*. CEC/Porc. Experts meting. Acireal; Balkema. Rotterdam Integrated pest control in citrus. Ed. Recher. Cavaloro and Dimartino: 135-149.
40. **Devan S. Sangraula H. et al., 2000**- Preliminary studies on the analgesic activity of the latex of *Calotropis procera*. *Journal of ethnopharmacology*, vol .73, 307-311.

- 41. Dieye A. M, Tidjani M.A, Diouf A, Bassene E. et Faye B., 1993-** Pharmacopée sénégalaise : étude de la toxicité aiguë et de l'activité antitussive de *Calotropis procera* Ait. (*Asclepediaceae*). Dakar médical ; 69-72.
- 42. Djaout K., 2015-** *Essai de lutte bio-insecticide contre la mouche méditerranéenne des fruits Ceratitis capitata (WIEDMANN, 1824), (Diptera: Trypetidae) avec l'extrait des feuilles de la lavande (Lavandula stoechas) au laboratoire.* Mém.Mast., Univ. Mouloud Mammeri, 44p
- 43. Djazouli Z.E., Doumandji-Mitiche B. et Chaichi R., 2004-** Incidence des traitements phytosanitaires sur la dynamique des populations de *Ceratitidis capitata* (Diptera: Trypetidae), *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Graciilaridae) et *Aleurotrexus floccosus* (Homoptera: Aleurodidae) dans un verger de clémentinier en Mtidja (Algérie). Quantification des résidus de l'huile blanche 76%, d'Ultracide 40 et du Dursban 4 au niveau du fruit.
- 44. Dridi B., 1990-** Etude de quelques aspects de la biologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitidis capitata* Wiedemann (Diptera: Trypetidae). Différenciation entre souche d'élevage et population provenant d'Algerie, Thèse 3èmecycle.Univ. Aix. Marseille II. Fac. Sci.Tec.St Jerome.113 p.
- 45. Duyck P.F., 2005-** *Compétition interspécifique et capacité invasives. Le cas des Tephritidae de l'île de la Réunion.* Thèse de doc. Univ. La Réunion, 157p.
- 46. Ephytia, 2023 -** *Ceratitidis capitata* : Caractéristiques du ravageur et de ses dégâts.
- 47. Eskafi F.M. et Kolbe M.E., 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 : 137-380p.
- 48. Fahad K., Lhaloui S. et Gmira N., 2012-** La mandragore, une plante autochtone à effet insecticide sur la cératite. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, N° 3 : 29-38
- 49. Fellah H., 1996-** Contribution à l'étude de la bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitidis capitata* Weidemann (Diptera : Tephritidae) sur les fruits d'été. Mémoire de fin de cycle de spécialisation de l'INAT. Tunisie.
- 50. 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.

- 51. Fletcher B.S., 1989-** Temperature-development relationship of immature stages and adults of Tephritid fruit flies. In: Robinson A.S., Hooper G., (Ed). Fruit flies, their biology, natural enemies and control. Elsevier, 3 : 273-289.
- 52. Gahbiche H., 1993-** Contribution à l'étude de la mouche méditerranéenne des fruits *ceratitis capitata* Wiedmann (Diptères, Tephritidae) dans deux biotopes du Nord de la Tunisie. Mémoire de fin d'étude du cycle de spécialisation de l'INAT: 5-107.
- 53. Gilmore, J. E., 1989-** Sterile insect technique (SIT): overview, p. 353-363. In 1690 A. S. Robinson & G. Hooper, eds., Fruit flies, their biology, natural enemies and control. W. Helle, ed., World crop pests, Vol. 3(B). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 447 p.
- 54. HABES D. ET SOLTANI N., 1992-** Perturbation de la structure de l'intestin et de l'hémogramme par le thurucide HP chez *Thaumetopeae pityocampa*. schiff. Mem. Soc. Belge, 35 : 724-726.
- 55. Hafsi A, Harbi A, Rahmouni R, Chermiti B 2015b-** Evaluation of the efficiency of mass trapping of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) in tunisian citrus orchards using two types of traps: Ceratrap® and Tripack®. ISHS Acta Hort :1049-1056.
- 56. Hafsi, A., Abbes, K., Harbi, A., Rahmouni, R., & Chermiti, B 2015-**Comparative efficacy of Malathion and spinosad bait sprays against *Ceratitis capitata* Wiedmann (Diptera: Tephritidae) in Tunisian citrus orchards. Journal of Entomology and Zoology Studies, 3(6), 246-49.
- 57. Hanniotakis G.E., Kongyrakis M., Fitsakis T. et Antonidaki A., 1991-** An effective mass trapping method for the control of *Dacus oleae* (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol., 82: 564-569.
- 58. Hedjaz Y., 2021-** Activité bio-insecticide d'un extrait aqueux des racines du chêne liège *Quercus suber* L. sur les larves de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (WIEDMANN, 1824). Mém. Mast., Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 37p.
- 59. Hendel F., 1927-** Trypetidae, stuttgart. Vol.1. 221p.
- 60. Hendrichs J., Robinson A.S., Cayol J.P. et Enkerlin W., 2002-** Medfly area-wide sterile insect technique programs for prevention, suppression or eradication: The importance of mating behavior studies. Florida Entomologist, 85: 1-13

- 61. Hurtrel, B., 2000-** Biologie du développement et écologie comportementale de deux parasitoïdes de mouches des fruits à la Réunion (Doctoral dissertation, Université de Rennes)
- 62. Jean Lichou . Et al 1996** - protection intégrée des fruits a noyau. Édition centre technique interprofessionnel des fruits et legumes.22, rue Bergère 75009 paris ,272p
- 63. Kaidi N., 2018-** *Bioécologie et Distribution Spatio-temporelle Des Populations Solitaires Du Criquet Pèlerin (schistocercaGregariaForskal, 1775) (orthoptera, Acrididae) En Période De Rémission Dans Le Sud Algérien Et Essais De Lutte Biologique.* Thèse, Doc. Ecol. Nat. Sup. Agro. El Harrach, 186p.
- 64. Kaidi N., Amroun C., Hocine DJ., Doumandji S. and Ghazali DJ., 2017-** Biological activity of *Calotropis procera*Ait on mortality and haemogram of *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) and *Locusta migratoria* (Linné, 1758). *Advances in Environmental Biology*, 11(4): 37-45.
- 65. Kara D. et Tellache, Z., 2015-** *Effet bio-insecticide de l'extrait de romarin (Rosmarinus officinalis) sur les larves et les pupes de la mouche méditerranéenne des fruits (Ceratitis capitata) (WIEDMANN, 1824) (Diptera: Trypetidae).* Mém. Master, Université Mouloud Mammeri), 47p.
- 66. Katsoyannos B.I., 1986-** Effect of colorproperties on the selection of oviposition site by *Ceratitis capitata*. *Entomol. Exp. Appl*, 42: 187-193.
- 67. Katsoyannos B.I., Kouloussis, N.A., Papadopoulos, N.T., 1997-** Response of *Ceratitis capitata* to citrus chemicals under semi-natural conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 82 :181–188.
- 68. Kerharo J., Adams J.G., 1974-** La Pharmacopée Sénégalaise Traditionnelle : plantes médicinales et toxiques. Edition.Vigot Frères, Paris,p 211-214, 224-225,490
- 69. Kirtikar, KR et Basu, BD., 1935-** Plantes médicinales indiennes, Vol. II. Publication Lalit Mohan, Allahabad, 1347-1348.
- 70. Klowden., 2013-** Physiological Systems in Insects. Ed Academic Print of Elsevier. USA. 696 p.
- 71. Knipling G.F., 1955-** Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *J Econ Entomol.* 48 :459-462.
- 72. Kumar V. L., Basu N., 1994-** Anti inflammatory activity of the latex of *Calotropis procera*, *Journal of ethnopharmacology*, vol 44(2) 123-125.

- 73. 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.
- 74. Lepesme P,1938-** Note complémentaire sur quelques coléoptères des denrées entreposées. In: Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, 15^e année, n°10, décembre 1946. pp. 128-129. DOI : <https://doi.org/10.3406/linly.1946.8313>
- 75. Liquido N.J., Cunningham R.T., Nakagawa S., 1990-** Host plants of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) on the Island of Hawaii. J Econ Entomol, 83: 1863–1878.
- 76. Magaña, C., Hernández-Crespo, P., Ortego, F., & Castañera, P. 2007.-** Resistance to Malathion in Field Populations of *Ceratitidis capitata*. Journal of Economic Entomology, 100(6), 1836–1843. <https://doi.org/10.1093/jee/100.6.1836>.
- 77. Mascolo N.,Sharma R.,Jain SC., Cappasso F., 1988-** ethnopharmacology of *Calotropis procera* flowers. Journal of ethnopharmacology; Vol.22 (2) 211-221.
- 78. Michaud JP .2003.** Toxicité des appâts contre les mouches des fruits pour les insectes utiles des agrumes. Journal de la science des insectes (dans la presse).
- 79. Monzó, C., Sabater-Muñoz, B., Urbaneja, A., & Castañera, P., 2011-** The ground beetle *Pseudophonus rufipes* revealed as predator of *Ceratitidis capitata* in citrus orchards. Biological Control, 56(1), 17-21.
- 80. Moussa A., 2003-** *Effet de l'huile de neem (Azadirachta indica) sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de Locustamigratoriamigratoria (Linné, 1758) et Locustamigratoriamigratorioïdes (R et F, 1850) (Orthoptera, Acrididae)*. Mém. Mag. Sci. Agro., Ecol. Nati. Sup. Agro., El Harrach, 123 p.
- 81. Muniz M., Anders M.P. et Burgos R., 1986-** Reproductive activity and aging in the mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* Wied. In: Ecmopoulos P.A (Ed). Fruit flies proceeding of second international symposium 16-21 September 1986, Colymbari-CreteGreece: 321-324.
- 82. Nacoulma nee Ouedraogo G. O., 1996-** *Les plantes médicinales et pratiques médicinales traditionnelles au Burkina Faso. Cas du plateau central*. Thèse de doctorat ès sciences naturelles. FA.S. T Ouagadougou. Tome I et II, 605p.
- 83. Nèbie 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 Ouagadougou, Burkina Faso.175p.

- 84. Nikiema W.P.R., 2005-** *Les propriétés pharmacochimiques de Calotropis procera Ait. (asclepiadaceae) récoltée au Mali : étude préclinique des effets anti-inflammatoires et antimicrobiens des extraits des écorces des racines.* Thèse Doctorat, Faculté de médecine de pharmacie et d'onto-stomatologie, Univ bamako, Mali.
- 85. Nunez B.L., 1987-** La moskadelmediterreo. *Informa (Enera. Febero-Maio), CA*, pp.9-17.
- 86. Ogundiwin J. O. & Oké O. L., 1983-** Factors affecting the processing of wara a Nigerian white cheese. In food chemistry 11:1-13.
- 87. Olson H., Betton G., Robinson D., Thomas K., Monro A., Kolaja G. , Lilly P., Sanders J., Sipes G., Bracken W., Dorato M., Van Deun K., Smith P., Berger B. et Heller A., 2000-** Concordance of the toxicity of pharmaceuticals in humans and in animals. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 32 (1) :56-67.
- 88. Ouattara Alain., 1991-** Approche thérapeutique de la maladie drépanocytaire. Etude préliminaire comparée du traitement par une présentation galénique moderne de deux plantes : Fagara xanthoxyloïdes lam. Calotropis procera Ait. et d'un médicament usuel de référence : la Dihydroergotoxine au centre hospitalier national Yalgado Ouédraogo de Ouagadougou. Thèse de médecine Ouagadougou. ESSA, 19-97.
- 89. Ouedraogo Mahaman. 2001-** Contribution à l'étude de l'impact et de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : analyse des conséquences d'une sécheresse persistante normes hydrologiques et modélisation régionale. Montpellier (FRA); Montpellier : Université Montpellier 2 ; IRD, 257 p
- 90. Oukil S., 1995 -** Effets des insecticides et des radiations ionisantes en relation avec la variabilité génétique chez la Mouche Méditerranéenne des Fruits: *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptère, Trypetidae). Thèse 3ème cycle. Univ. Aix. MarseilleIII, Fac.Sci.Tech.St. Jerome, 138p.
- 91. Oukil S., Bues R., Toubon J.F., Quilici S., 2002-** Allozyme polymorphism in populations of *Ceratitis capitata* from Algérie, the northwestern Mediterranean coast and Reunion Island. *Fruit* 57: 183-191.
- 92. Oviedo A., Van Nieuwenhove G., Van Nieuwenhove C. et Rull J., 2018-** Biopesticide effects on pupae and adult mortality of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Austral entomologie* November Pages 457-464.
- 93. Paillot A., 1933-** *Linfection chez les insectes.* Ed. Patissier, Paris, 471 p.

- 94. Papadopoulos N.T., Katsoyannos B.I., Kouloussis N.A., Hendrichs J., 2001-** Effect of orange peel substances on mating competitiveness of male *Ceratitis capitata*. *Entomol. Exp. Appl.* 99: 253-261.
- 95. 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>
- 96. Pemberton C.E. and Willard H.F., 1918-** A Contribution to the Biology of Fruit-Fly Parasites in Hawaii. *Agricultural Research*, 15, 419-465.
- 97. Pérez-Hinarejos M., et Beitia F. J., 2008-** Parasitism of *Spalangia cameroni* (Hymenoptera, Pteromalidae), an idiobiont parasitoid on pupae of *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). In *International Conference on Integrated Control in Citrus Fruit Crops IOBC/wprs.* (pp 130-133).
- 98. Praloran G., 1971-** Les agrumes. Techniques agricoles et production tropicale. Ed. Maisson neuve et Lanos, Paris. 556p.
- 99. Quillici S., 1999-** Fruit flies, D. vencesot SUAD \ CIRAD :3p.
- 100. Raccaud-Schoeller J., 1980-** *Les insectes : physiologie et développement.* Ed. Masson, Paris, 296 p.
- 101. Riba G. et Silvy C., 1989 -** Combattre les ravageurs des cultures, enjeux et perspectives. INRA, Paris, 230 p.
- 102. Riba G., et Silvy C., 1999-** Bio pesticide contre maladies, insectes mauvaises herbes. La lutte biologique (II). Dossier de l'environnement de l'INRA Paris (19): 157-201p.
- 103. Rioux V., 2001-** Optimisation de systèmes de piégeage vis-à-vis des mouches des fruits (Diptera: Tephritidae) économiquement importantes de l'île de la Réunion (Doctoral dissertation, Université de Corse).
- 104. Robacker K., 2000-** Volatiles from duck feces attractive to Mexican fruit fly. *Journal of chemical ecology*, 26 (8): 442-446.
- 105. Roessler Y. et Chen C., 1994-** The Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, a major pest of citrus in France, its regulation and control. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*: 24, 813- 816.
- 106. Rosales C., 2017-** Cellular and Molecular Mechanisms of Insect Immunity. *Insects Phys. Ecol.*, 8: 180-2012.

107. **Sadoudi, M et Saidi C., 2018-**Epidemiologie des infections fongiques invasives au chu de tizi-ouzou. Memoir., Faculte de medecine . Université Mouloud Mammeri ,Tizi ouzou, 95p.
- 108.**Seguy E., 1934-** Notes Scientifiques : Contribution à la connaissance des Insectes Diptères du Maroc. *Revue d'Écologie*, 3, pp :162-163.
- 109.**Seguy E., 1951-** Atlas des Diptères de France-Belgique-Suisse. Introduction et caractères : Nématocères-Brachycères. D développement et biologie : Brachycères (II). Siphonaptères Editions N. Boubée et Cie : 411 p.
- 110.**Seguy E., 1983-**La faune de la France. Diptère., Librairie de lagrave. Paris,214p.
- 111.**Sen T, Basu A, Chaudhuri A K., 1988-** Studies on the possible mechanism of the gastric mucosal protection by *Calotropis pocera* involvement of 5-lipoxygenase pathway. *Fundam clin pharmacol*; 12 (1):82- 87.
- 112.**Smaili, M. C., Abbassi, M., Boutaleb, J. A., et Blenzar, A., 2013-** Richesse spécifique des ennemis naturels associés aux vergers d'agrumes au M aroc: Intérêt et implication pour la lutte biologique. *EPPO Bulletin*, 43(1), 155-166.
- 113.**Soltan E. M., et Said M. S., 2020-** Effectiveness of *Calotropis procera*ait. latex against late nymphal instars of *Locusta migratoria* L. (Orthoptera: Acrididae). *Egypt. J. Agric. Res.*, 98 (2), 327-337.
- 114.**Soria F., 196-** Plantes hôtes secondaires de *Ceratitis capitata* wied en Tunisie. *Ann. De l'INRAT*, vol 35 : 51-72.
- 115.**Sproul A.N., 1983-** fruit fly control in backyard orchards.Farmnote N°120,West. Dep.Agric. 3p.
- 116.**Thiaw C., 2008-** *Bioactivité des extraits de Calotropis procera Ait. Et de Senna occidentalis L. sur Caryedon serratus (OL.), ravageur des stocks et semences d'arachides au Sénégal.* Thèse Doctorat, Université Cheikh Anata Diop de Dakar (Sénégal), 196 p.
- 117.**Thomas, M. C., Heppner, J. B., Woodruff, R. E., Weems Jr, H. V., Steck, G. J., & Fasulo, T. R. 2004-**Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Insecta: Diptera: Tephritidae). University of Florida.19p
- 118.**Vohora SB, Khanna T, Athar M, Ahmad B., 1997-** Analgesic activity of bacosine, a new triterpene isolated from *Bacopamonnieri*. *Fitoterapia* ; LXVIII N°4:361- 5.
- 119.**Von Maydell H.J., 1990-** *Arbres et arbustes du Sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations.* Ed. Verlag Josef Margraf.Scientific books. 295 p.

- 120. Weems H., 1981:** Mediterranean fruit *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera : Trypetidae).
Pep. Agric. Cumer, Dir.Plant Industry. Entomol.Circ. Florida (230), 12p.
- 121. White I. M., et Elson-Harris M. M., 1992-** *Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics*. Ed. CAB International, United Kingdom, 601p.
- 122. Zaïdi H., 1974-** Méthode d'éclosion en milieu liquide et ses conséquences sur l'amélioration de l'élevage massif de *Ceratitis capitata* Wied (Diptère, Trypetidae). Mémoire de fin d'études du cycle de spécialisation de l'INAT, pp39.
- 123. Zenasni M A., Meroufel B., Amrouche A., Naar F. Z., Merzouka F., Difallah F Z., 2012-** Phytoremédiation de Zn (II) par les racines de *Calotropis procera* (Bechar, Algérie). Science.
- 124. Zucoloto S.F., Maria P.S. and Bravo I., 2005-** Influence of protein on feeding behaviour of *Ceratitis capitata*: Comparaison between immature males and females. *Neotropical Entomology*, 34 (4): 539-545.
- 125.** <http://ephytia.inra.fr/fr/C/16550/Hypp-encyclopedie-en-protection-des-plantes-Characteristiques-du-ravageur-et-de-ses-degats>

Résumé

Notre travail porte sur l'étude de l'activité toxique des feuilles de Pommier de Sodome *Calotropis procera* contre les imagos de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*. Le traitement à base de l'extrait aqueux a engendré un début de mortalité au bout de 3^{ème} jour et une mortalité totale a été notée à partir de 6^{ème} jour. Concernant de l'huile essentielle, son traitement a engendré la mortalité des premiers individus juste après 01 mn 23 sec alors que la mortalité totale a été obtenu au bout de 2^{ème} jour de traitement. Aussi, l'effet de l'extrait aqueux sur l'hémogramme des individus traités a montré des changements structurels tels qu'un vidage complet du contenu cellulaire, désagrégation de la majorité des hémocytes, la formation de nodules dans le cytoplasme des hémocytes et libération de granules par certains granulocytes. Nous avons également observé une chute de quelques hémocytes et une augmentation de certaines d'autres et cela par les deux traitements réalisés.

Mots clés

Ceratitis capitata, *Calotropis procera*, extrait aqueux, huile essentielle, hemogramme

Abstract

Our study focuses on the toxic activity of *Calotropis procera* (Sodom Apple) leaves against the adult stage of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. Treatment with the aqueous extract resulted in initial mortality starting on the 3rd day, with complete mortality observed from the 6th day onwards. As for the essential oil treatment, it induced mortality in the first individuals just after 1 minute and 23 seconds, with total mortality achieved by the 2nd day of treatment. Additionally, the effect of the aqueous extract on the hemolymph of treated individuals showed structural changes such as complete emptying of the cell contents, disaggregation of most hemocytes, the formation of nodules in the hemocyte cytoplasm, and the release of granules by some granulocytes. We also observed a decrease in some hemocytes and an increase in others, induced by both treatments.

Keywords

Ceratitis capitata, *Calotropis procera*, aqueous extract, essential oil, hemolymph"