



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi -Tébessa-

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département: Biologie des Etres Vivants

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Biologiques

Option: Ecophysiologie Végétale

Impact de l'huile essentielle de la fleur de
***Mentha pulegium* sur une espèce de moustique**
Culiseta longiareolata

Présenté par:

SAIDI Ghada

Devant le jury:

Dr. DRIS Djemaa	MCA	Université de Tébessa	Président
Mme. HAMIRI Manel	MAA	Université de Tébessa	Examineur
Dr. SEGHIER Hanane	MCB	Université de Tébessa	Promotrice

Date de soutenance : Le 06/06/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Je remercie fortement mon encadrante: **Dr.SEGHIER Hanane** de m'avoir orienté par dans le but de mener a bien ce travail.

Un grand remerciement aux honorables membres du jury:

Dr. DRIS Djemaa d'avoir accepté la Présidence du jury, qu'elle trouve ici toute expression du respectueuse

Mme. HAMIRI Manel d'avoir accepté de faire partie des membres du jury

Je tiens à remercier aussi tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de mon mémoire.



GHADA 2023

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à:

- ✚ À mon cher papa qui a passé sa vie à répondre à nos besoins, tous les mots de remerciement et de gratitude ne suffisent pas à exprimer combien je l'aime
- ✚ Ma chère Mère, qui a beaucoup souffert pour moi, et qui sans elle je ne serais pas parvenu à grand- chose.
- ✚ Ma petite sœur: Aya
- ✚ Mes petits frères: Omran et Mohammed El-Amin
- ✚ Mes belles copines: DaDou, chouchou
- ✚ petit LouLou
- ✚ Toute ma famille.
- ✚ Tous mes amis sans exception
- ✚ Je remercie tous ceux qui m'ont aidé même avec un mot



GHADA 2023

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى اختبار تأثير الزيت العطري المستخرج من *Mentha pulegium* فيما يتعلق بنوع من البعوض *Culiseta longiareolata*، الأكثر انتشاراً في منطقة تبسة. تمت دراسة العديد من المعلمات :

- محصول الزيت العطري للنبات (*Mentha pulegium*)
- مدة تطور مرحلة اليرقات (يرقات المرحلة 3 المنبثقة حديثاً) حتى ظهور البالغين من *Culiseta longiareolata* للسيطرة وسلسلة المعالجة.
- نسبة الجنس في السلسلة المعالجة مقارنة بسلسلة المراقبة.
- التشوهات المورفولوجية في السلسلة المعالجة .

تم استخراج خلاصات *Mentha pulegium* بواسطة جهاز تقطير مائي من نوع Clevenger وفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها، فإن عائد HE يتراوح بين (0.62 ± 1.56) % من المادة الجافة لزهرة النبات.

وبالتالي، فإن الزيت العطري ل *Mentha pulegium* يقلل من وقت تطور مراحل اليرقات ومرحلة العذراء من *Culiseta longiareolata*، وليس له أي تأثير على نسبة الجنس في السلسلتين المعالجتين (CL25 وCL50).

وقد لوحظت العديد من الانحرافات المورفولوجية في *Culiseta longiareolata* .

الكلمات المفتاحية : *Mentha pulegium* ، زيت أساسي ، *Culiseta longiareolata* ، مدة التطور ، نسبة الجنس ، تشوهات مورفولوجية.

RESUMES

Cette étude vise à tester l'effet de l'huile essentielle extraite de *Mentha pulegium* à l'égard d'une espèce de moustique *Culiseta longiareolata*, la plus répandue dans la région de Tébessa. Plusieurs paramètres ont été étudiés :

- Le rendement de l'huile essentielle de la plante (*Mentha pulegium*).
- La durée de développement de stade larvaire (larves de 3^{ème} stade nouvellement exuviées) jusqu'à l'émergence des adultes de *Culiseta longiareolata* pour les séries témoins et traitées
- Le sexe ratio chez les séries traitées par rapport à la série témoin.
- Les anomalies morphologiques chez les séries traitées.

L'extraction des essences de *Mentha pulegium* a été réalisée par un hydrodistillateur de type Clevenger. D'après les résultats obtenus, le rendement en HE est de l'ordre de $(1,56 \pm 0,62)$ % de la matière sèche de la fleur de la plante.

Ainsi, l'huile essentielle de *Mentha pulegium* diminue la durée de développement des stades larvaires et le stade nymphale de *Culiseta longiareolata*, et n'a aucun effet sur le sexe ratio chez les deux séries traitées (CL25 et CL50).

Plusieurs aberrations morphologiques ont été observées chez *Culiseta longiareolata*.

Mots clés: *Mentha pulegium*, huile essentielle, *Culiseta longiareolata*, durée de développement, ratio sexe, anomalies morphologiques.

ABSTRACT

This study aims to test the effect of the essential oil extracted from *Mentha pulegium* with regard to a species of mosquito *Culiseta longiareolata*, the most widespread in the Tebessa region. Several parameters were studied:

- The yield of the essential oil of the plant (*Mentha pulegium*).
- The duration of larval stage development (newly exuviated 3rd stage larvae) until the emergence of adults of *Culiseta longiareolata* for control and treated series
- The sex ratio in the series treated compared to the control series.
- Morphological abnormalities in the series treated.

The extraction of the essences of a *Mentha pulegium* was carried out by a hydrodistiller of the Clevenger type. According to the results obtained, the EO yield is of the order of (1.56 ± 0.62) % of the dry matter of the flower of the plant.

Thus, the essential oil of *Mentha pulegium* decreases the development time of the larval stages and the pupal stage of *Culiseta longiareolata*, and has no effect on the sex ratio in the two series treated (CL25 and CL50).

Several morphological aberrations have been observed in *Culiseta longiareolata*.

Keywords: *Mentha pulegium*, essential oil, *Culiseta longiareolata*, duration of development, sex ratio, morphological abnormalities.



SOMMAIRE

Table des matières

1. INTRODUCTION	01
2. MATERIEL ET METHODES.....	03
2.1. Présentation de <i>Mentha pulegium</i>.....	03
2.1.1. Description botanique de <i>Mentha pulegium</i>	03
2.1.2. Classification de <i>Mentha pulegium</i>.....	04
2.1.3. Habitat et Ecologie de <i>Mentha pulegium</i>.....	04
2.1.4. Composition chimique de <i>Mentha pulegium</i>.....	05
2.1.5. Propriétés et utilisation.....	05
2.2. Les huiles essentielles.....	06
2.2.1. Généralités	06
2.2.2. Répartition et Localisation dans la plante.....	06
2.2.3. Composition chimiques des huiles essentielles	07
2.2.4. Facteurs influencant la composition chimiques des huiles essentielles.....	08
2.2.5. Extraction de l'huile essentielle	08
2.2.6. Rendement de l'huile essentielles.....	09
2.3. Présentation de moustique.....	10
2.3.1. Présentation de <i>Culiseta longiareolata</i>.....	10
2.3.2. Position systématique	11
2.3.3. Cycle de développement.....	11
2.3.4. Récolte et élevage des moustiques.....	15
2.3.5. Traitement	15
2.3.6. Détermination de la durée de développement	16

2.3.7. Analyse statistique	16
3. RESULTATS.....	17
3.1. Rendement en huile essentielle de <i>Mentha pulegium</i>	17
3.2. Effet de l’H.E extraite de <i>Mentha pulegium</i> sur la durée de développement de <i>Culiseta longiareolata</i>	17
3.3. Efficacité de l’HE de <i>Mentha pulegium</i> sur le sexe ratio de <i>Culiseta longiareolata</i> ...	18
3.4. Anomalies morphologiques	19
4. DISCUSSION.....	24
4.1. Rendement en huile essentielle.....	24
4.2. Effet de l’H.E extraite de <i>Mentha pulegium</i> sur la durée de développement de <i>Culiseta longiareolata</i>	24
4.3. Efficacité de l’HE de <i>Mentha pulegium</i> sur le sexe ratio de <i>Culiseta longiareolata</i>	25
4.4. Anomalies morphologiques	26
5. CONCLUSION.....	28

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



Abréviation

Abréviation

Cs longiareolata: *Culiseta longiareolata*.

M. pulegium: *Mentha pulegium*.

HE: *huile essentielle*.

cm: Centimètre.

%: Pourcentage.

Mm: millimeter.

L1: larve de stade 1.

L2: larve de stade 2.

L3: larve de stade 3.

L4: larve de stade 4.

°: degree.

ml: millilitres.

G: Gramme.

Kg: Kilogramme.

R: Rendement en huile en%

PB: Poids de l'huile en g

PA: Poids de la matière sèche de la plante en g

C °: degré Celsius.

±: Plus ou moins.

CL: Concentration létale.



LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

N °	Titre	Page
01	Description botanique de Menthe poulliot	04
02	Quelques organes sécréteurs d'huiles essentielles	07
03	Montage de l'hydrodistillateur de type Clevenger	09
04	Rendement en huile essentielle	10
05	Cycle de développement de <i>Cs longiareolata</i>	12
06	Site de collecte des moustiques -Pépinière El Rayhane (Hammamet - Tébessa)	15
07	Effet de l'huile essentielle de <i>Mentha pulegium</i> sur la durée de développement des stades (larves L3 - adultes) de <i>Culiseta longiareolata</i> .	18
08	Effet de l'huile essentielle de <i>Mentha pulegium</i> sur le sexe ratio chez les adultes mâles et femelles de <i>Culiseta longiareolata</i>	19
09	Diminution de la taille des ailes de l'adulte	20
10	Déformation des deux ailes de l'adulte	20
11	Échec de la mue (pupe-adulte)	21
12	Le blocage de l'exuviation nymphale	21
13	Deformation et echec de la mue (L3-L4)	21
14	Déformation du tube digestif	22
15	Échec de la mue (pupe-adulte)	22
16	Déformation des adultes	23
17	Diminution de la taille et brunissement des larves	23
18	Déformation des pupes	23



**LISTE DES
TABLEAUX**

LISTE DES TABLEAUX

N °	Titre	Page
01	Classification de menthe pouliot.	04
02	La position systématique de <i>Cs longiareolata</i> .	11
03	Les résultats des rendements les huiles essentielles de <i>Mentha pulegium</i>	17
04	Caractéristiques organoleptiques de l'HE de <i>Mentha pulegium</i>	17
05	Effet de l'huile essentielle de <i>Mentha pulegium</i> (CL ₂₅ et CL ₅₀) sur la durée de développement (Nbr des jours) de <i>Culiseta longiareolata</i> à différents stades (m ± sd, n= 30 répétitions comportant chacune 10 individus). Comparaison des moyennes entre les différentes séries (lettres minuscules).	18
06	Effet de l'H.E extraite de <i>Mentha pulegium</i> (CL ₂₅ et CL ₅₀) sur le sexe ratio des adultes de <i>Culiseta longiareolata</i>	19



INTRODUCTION

1. INTRODUCTION

La place importante qu'occupent les moustiques dans la faune terrestre comme dans la faune aquatique d'une part, et la lutte contre les maladies transmises par leurs piqûres d'autre part, font de ces arthropodes un matériel d'étude important pour les biologistes (**Himmi et al., 1998**).

Les moustiques peuvent transmettre plusieurs maladies potentiellement mortelles comme le paludisme, la dengue, la fièvre jaune, le chikungunya, la filariose, l'encéphalite, l'infection de virus West Nile, ce qui a permis de les déclarer "ennemi public numéro 1" dans le monde. Ces maladies sont répandues dans presque toutes les régions tropicales et subtropicales et aussi, dans beaucoup d'autres parties dans le monde (**Russell et al., 2009**).

Pour prévenir la prolifération de ces maladies et améliorer la qualité de l'environnement et la santé publique, la lutte contre les moustiques s'avère indispensable. Elle est basée sur l'application d'insecticides synthétiques tels que les organochlorés et les organophosphorés. Ces préparations, bien qu'elles soient efficaces, présentent plusieurs inconvénients d'ordre techniques, économiques et écologiques (**Ghosh et al., 2012**). A tous ces inconvénients s'ajoute aussi un grand nombre de problèmes tels que l'apparition des espèces résistantes, l'impact sur les organismes non visés et la contamination des chaînes trophiques (**Domingues et al., 2010**).

Plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides ont été répertoriées (**Philogène et al., 2008**). Elles sont riches en composés phytochimiques tels que les alcaloïdes, les stéroïdes, les terpènes, les huiles essentielles et les composés phénoliques (**Shaalán et al., 2005**), dont certains ont prouvé leur efficacité contre les moustiques (**Kishore et al., 2011**). Les familles des Solanacées, Asteraceae, Cladophoraceae, Labiatae, Miliaceae, Oocystaceae et Rutaceae possèdent diverses activités, larvicides, adulticides ou répulsives contre différentes espèces de moustiques (**Shaalán et al., 2005**).

L'utilisation des produits naturels devient alors une perspective de recherche intéressante. L'histoire des plantes aromatiques et médicinales est associée à l'évolution des civilisations. Dans toutes les régions du monde, l'histoire des peuples montre que ces plantes ont toujours occupé une place importante en médecine, dans la composition des parfums et dans les préparations culinaires. L'utilisation des extraits de plantes comme le pyrèthre, la nicotine et la roténone était connue depuis longtemps déjà comme agents de lutte contre les insectes (**Crosby et al., 1966**).

Beaucoup d'efforts ont été concentrés sur les substances dérivés de plante pour les produits potentiellement utiles en tant qu'agent de lutte contre les moustiques. Les plantes aromatiques sont parmi les insecticides les plus efficaces d'origine botanique et les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive des extraits de plantes. En effet, les substances d'origine naturelle et plus particulièrement les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative de lutte contre les moustiques (**Benazzeddine, 2010**). Leur utilisation a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche durant cette dernière décennie et a suscité un vif d'intérêt scientifique traduit par le nombre de travaux sur l'activité insecticide des extraits végétaux (huiles essentielles) vis-à-vis des larves de moustiques (**El Akhel et al., 2015**).

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail qui est divisé en 2 parties: une partie relative à l'étude bibliographique et une autre partie réservée à l'étude expérimentale, par conséquent dans la partie bibliographique, nous présenterons un bilan bibliographique des connaissances biologiques sur *Culiseta longiareolata* et *Mentha pulegium*. Ensuite une partie expérimentale qui présente les réponses de *Culiseta longiareolata* à l'impact de l'huile essentielle de *Mentha pulegium*. Plusieurs paramètres ont été étudiés:

- Etude de la durée de développement de stade larvaire (larve 3eme stade nouvellement exuviées) jusqu'à l'émergence des adultes chez les series témoins et traitées avec une concentration sous létale (CL₂₅) et une concentration létale (CL₅₀)
- Détermination du sexe ratio chez les series temoins et traitées
- Etude des anomalies morphologiques chez les series traitées pour cette espece de moustiques.

Enfin, une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus



**MATERIEL ET
METHODES**

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de *Mentha pulegium*

2.1.1. Description botanique de *Mentha pulegium*

La menthe pouliot est une petite plante vivace très odorante pouvant atteindre 40 cm de hauteur (Collin, 2007). Fréquente dans les régions humides (Delille, 2007).

A. Les tiges

Ils sont rampants ou dressés et peuvent atteindre une hauteur de 30 cm. Ils sont ramifiés, élancés, de section quadrangulaire, pubescente, rougeâtre ou verdâtre (Ait youssef, 2006).

B. Les feuilles

Opposée décussées petites courtement pétiolées, longue de 15 à 25 cm, sont ovales ou oblongues presque entières (Bellakhdar, 1984).

C. Les fleurs

Elles sont pédiculées, lilas, roses parfois blanches réunis à l'aisselle des feuilles en glomérules qui se rapprochent du sommet et forment ensemble des épis droits (Delille, 2007).

- **Le calice:** Veinée à 5 sépales de longueur inégale, poils tubulaires presque bilabiaux, gorge formée de poils denses (Belouad, 1998; Vander *et al.* 2002).
- **La corolle:** Tubulaire avec une lèvre supérieure à 2 dents formée par 2 pétales fusionées et une lèvre inférieure à trois dents avec trois pétales combinés (Abdel, 2003).
- **Les étamines:** elles sont au nombre de 4 saillantes et de taille identique.
- **L'ovaire:** Il est supérieur et possède 2 feuillets divisées en 4 lobes (Teuscher *et al.*, 2005).

D. Les fruits

Le fruit est un tétrakène, Chacune contient une graine d'environ 0,5mm de long et saillant (Teuscher *et al.*, 2005).



Figure 01: Description botanique de Menthe pouliot

2.1.2. Classification de *Mentha pulegium*

Tableau 01: Classification de menthe pouliot. (Hadji, 2022)

Embranchement	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	<i>Mentha</i>
Espèce	<i>Mentha pulegium</i>

2.1.3. Habitat et ecologie de *Mentha pulegium*

A. Habitat

Mentha pulegium se trouve généralement dans les prairies humides et inondées de façon saisonnière recouvrant du limon ou de l'argile, souvent à l'intérieur ou sur les bords de mares éphémères peu profondes, de ruissellements, d'ornières et de zones braconnées causées par des pratiques de pâturage ou la perturbation des véhicules. Il a été observé sur des gazons très courts de pâturages de plaine gérés traditionnellement, des pelouses adjacentes à des landes ouvertes, des verts de village et plus rarement sur des promenades en forêt, des prairies côtières ou au bord de pistes, de lacs et de réservoirs. (Crellin, 2014).

B. Ecologie

Décrit comme une herbe vivace à courte durée de vie, par d'autres observations sur le terrain suggèrent qu'il est capable de persister indéfiniment s'il existe une quantité et une qualité suffisantes d'habitat propice à la propagation rhizomateuse, ces plantes fleurissent d'août à début octobre. Les fleurs d'un seul nœud s'ouvrent presque simultanément, permettant le contact entre les étamines des fleurs adjacentes dans un verticille. Dans des conditions appropriées, la propagation végétative peut être vigoureuse, avec des augmentations radiales annuelles de 5-9 cm enregistrés pour les plantes de la seule localité. *M. pulegium* est capable d'une production de graines très élevée, en particulier dans les zones associées à des niveaux plus élevés de perturbation du sol causée par le bétail au pâturage. Les graines sont très petites, ont une grande viabilité et sont capables de germer rapidement si elles sont exposées à la lumière (Crellin, 2014).

2.1.4. Composition chimique de *Mentha pulegium*

La composition chimique des huiles essentielles de *Mentha pulegium* L. a fait l'objet de nombreuses publications. Elle est caractérisée par la présence majoritaire de cétones possédant un squelette menthanique. En effet, les compositions décrites sont dominées soit par la pulégone 80,3% au Maroc (Bouchra *et al.*, 2003), (70-90%) en Algérie (Lahrech, 2010), 65,9-83,1% en Inde (Agnihotri *et al.*, 2005), 73,4% en Uruguay (Lorenzo *et al.*, 2002) et 43,5% en Egypte (El-Ghorab, 2006); soit par la pipériténone 83,7- 97,2% en Grèce (Kokkini *et al.*, 2002) ou encore la pipéritone 70,0% en Autriche (Zwaving *et Smith*, 1971).

2.1.5. Propriétés et utilisation

La menthe pouliot combat l'ingestion et rétablit les troubles gastriques comme les crampes et les gaz intestinaux, elle est carminative excellents contre les ballonnements, elle est également cholagogue: efficace contre les brulements d'estomac (stomachique). (Baba Aissa, 2000) .Les parties aériennes fleuries de cette plante sont traditionnellement utilisées pour leurs propriétés antimicrobiennes, expectorantes, carminatives et antispasmodiques dans le traitement du rhume, la bronchite, la tuberculose, la sinusite, le choléra, les intoxications alimentaires, les flatulences et les coliques intestinales (Zargari, 1990; Delille, 2007). Cette plante a aussi la particularité d'être insecticide puisqu'elle a été déjà utilisée pour faire éloigner les insectes. (Bremness, 2001). En usage externe, la menthe pouliot fraîche est appliquée sur les contusions, les enflures, les engorgements laiteux, les points douloureux des

rhumatismes et en compresses contre la névralgie faciale et la migraine (**Hyerisam, 2013**). La plante entière, s'utilise en inhalation, en infusion ou en décoction dans du lait ou du thé, est conseillé en cas de refroidissements, de rhume, de grippe, de bronchite, de toux et de douleurs abdominales (**Gardès et al., 2003**).

2.2. Les huiles essentielles

2.2.1. Généralités

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires volatils, isolés par hydrodistillation ou par expression mécanique (**Kalemba et Kunicka, 2003**). Elles sont obtenues à partir de feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs de brindilles, d'écorces, de bois, de racines, de tiges ou de fruits (**Burt, 2004**). Selon l'association Française de normalisation (**AFNOR, 2000**), les huiles essentielles sont des produits obtenus à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus, soit par distillation à sec. De nouvelles techniques permettant d'augmenter le rendement de production, ont été développées, comme l'extraction au moyen de dioxyde de carbone liquide à basse température et sous haute pression (**Santoyo et al., 2005**), ou l'extraction assistée par ultrasons ou micro-ondes (**Kimbaris et al., 2006**).

2.2.2. Répartition et localisation dans la plante

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes de la plante, parexemples: dans les sommités fleuries (menthe, lavande) les feuilles (eucalyptus, laurier) les rhizomes (gingembre) les fruits (agrumes, badiane, anis), les racines (vétiver), les graines (muscades), bien que cela soit moins habituel dans des écorces (cannelier) (**Yahyaoui, 2005**). Elles sont élaborées par des glandes sécrétrices qui se trouvent sur presque toutes les parties de la plante. Elles sont sécrétées au sein du cytoplasme de certaines cellules ou sous formes de petites gouttelettes comme la plupart des substances lipophiles (**Bouamer et al., 2004**).

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence des structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante qui sont : cellules à huiles essentielles de Lauraceae, les poils sécrétrices des Lamiaceae, les poches sécrétrices des Myrtaceae, des Rutaceae, et les canaux sécrétrices des Lamiaceae, et les canaux sécrétrices (Fig.02) qui existent dans de nombreuses familles. Il est

intéressant de remarquer que les organes d'une même espèce peuvent renfermer des huiles essentielles de composition différente selon la localisation dans la plante (**Belkou et al., 2005**).

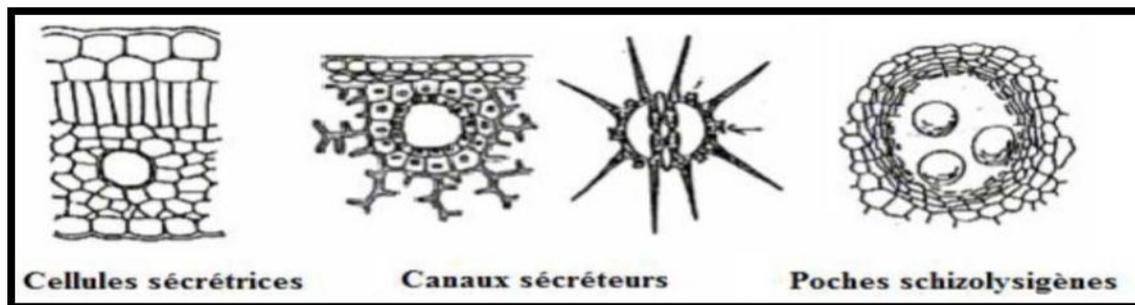


Figure 02: Quelques organes sécréteurs d'huiles essentielles (**Tayoub et al., 2006**).

2.2.3. Composition chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants distincts selon la voie métabolique empruntée ou utilisée. Il s'agit des terpènes (mono et sesquiterpènes), prépondérants dans la plupart des essences, et des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (**Dris, 2018**).

A. Monoterpènes

Les monoterpènes sont les plus simples constituants des terpènes dont la majorité est rencontrée dans les huiles essentielles (90%). Ils comportent deux unités isoprène (C_5H_8), selon le mode de couplage « tête-queue ». Ils peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques. A ces terpènes se rattachent un certain nombre de produits naturels à fonctions chimiques spéciales (**Dris, 2018**).

B. Sesquiterpènes

Les sesquiterpènes sont des dérivés d'hydrocarbures en $C_{15}H_{22}$ (assemblage de trois unités isoprènes). Il s'agit de la classe la plus diversifiée des terpènes qui se divisent en plusieurs catégories structurales, acycliques, monocycliques, bicycliques, tricycliques, polycycliques. Ils se trouvent sous forme d'hydrocarbures ou d'hydrocarbures oxygénés comme les alcools, les cétones, les aldéhydes, les acides et les lactones dans la nature (**Dris, 2018**).

C. Composés aromatiques

Une autre classe de composés volatils fréquemment rencontrée est celle des composés aromatiques dérivés du phénylpropane. Cette classe comporte des composés odorants bien

connus comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole et bien d'autres. Ils sont davantage fréquents dans les huiles essentielles d'Apiaceae (persil, anis, fenouil, etc.) et sont caractéristiques de celles du clou de girofle, de la vanille, de la cannelle, du basilic, de l'estragon, etc (**Dris, 2018**).

2.2.4. Facteurs influant la composition chimique des huiles essentielles

La composition chimique de nombreuses huiles essentielles a été décrite dans plusieurs études. Elle varie en fonction de différents facteurs, incluant le stade de développement des plantes, les organes prélevés, la période et la zone géographique de récolte (**Delaquis et al., 2002**). Les méthodes d'analyses des huiles essentielles ont beaucoup évolué et il est maintenant possible d'isoler et d'identifier des composés auparavant inconnus ; ceci permet le développement de nouveaux mélanges pouvant avoir un effet additif ou synergique (**Marriott et al., 2000**).

2.2.5. Extraction de l'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* est faite par un montage d'hydrodistillation de type Clevenger. La réalisation de l'extraction se fait par une ébullition pendant 2 heures d'un mélange de 100g de matériel végétal (les fleurs de la plante) et 1000 ml d'eau distillée, par décantation à la fin de la distillation, a été séchée avec du sulfate de sodium anhydre pour éliminer les traces d'eau résiduelles.

L'HE obtenue par l'extraction est conservée dans des tubes bien fermés, en verre ombré (ou flacons opaques), le stockage se fait à 4°C.



Figure 03: Montage de l'hydrodistillateur de type Clevenger

2.2.6. Rendement de l'huile essentielles

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la matière sèche de la plante (AFNOR, 1986).

Le rendement, exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante:

$$R = (PB / PA) \times 100 \text{ ou } R = [\Sigma PB / \Sigma PA] \times 100$$

- ✓ R : Rendement en huile en %
- ✓ PB : Poids de l'huile en g
- ✓ P A: Poids de la matière sèche de la plante en g.



Figure 04: Rendement en huile essentielle

2.3. Présentation de moustique

2.3.1. Présentation de *Culiseta longiareolata*

Culiseta longiareolata est une espèce multivoltine, elle peut présenter une diapause hivernale chez les adultes femelles (régions froides) et chez les larves (régions tempérées) (**Brunhes *et al.*, 1999**). Les femelles sont sténogames et autogènes. Elles piquent de préférence les vertébrés surtout les oiseaux, très rarement l'humain, l'espèce est considérée comme vecteur de Plasmodium d'oiseau (**Bouzidi, 2021**).

2.3.2. Position systématique

Tableau 02: La position systématique de *Cs longiareolata*. (Bouzidi, 2021)

Règne	Animal
Embranchement	Invertébré
Classe	Insecte
Sous-Classe	Ptérygote
Ordre	Diptère
Sous-Ordre	Nématocère
Famille	Culicidae
Sous-famille	Culicinae
Genre	<i>Culiseta</i>
Espèce	<i>Culiseta longiareolta</i> (Aitken, 1954)

2.3.3. Cycle de développement

Les moustiques sont des insectes holométaboles. Leur développement passe par une phase larvaire aquatique avant le stade adulte aérien entrecoupé d'une courte phase nymphale (Poupardin, 2011) (Figure 06)

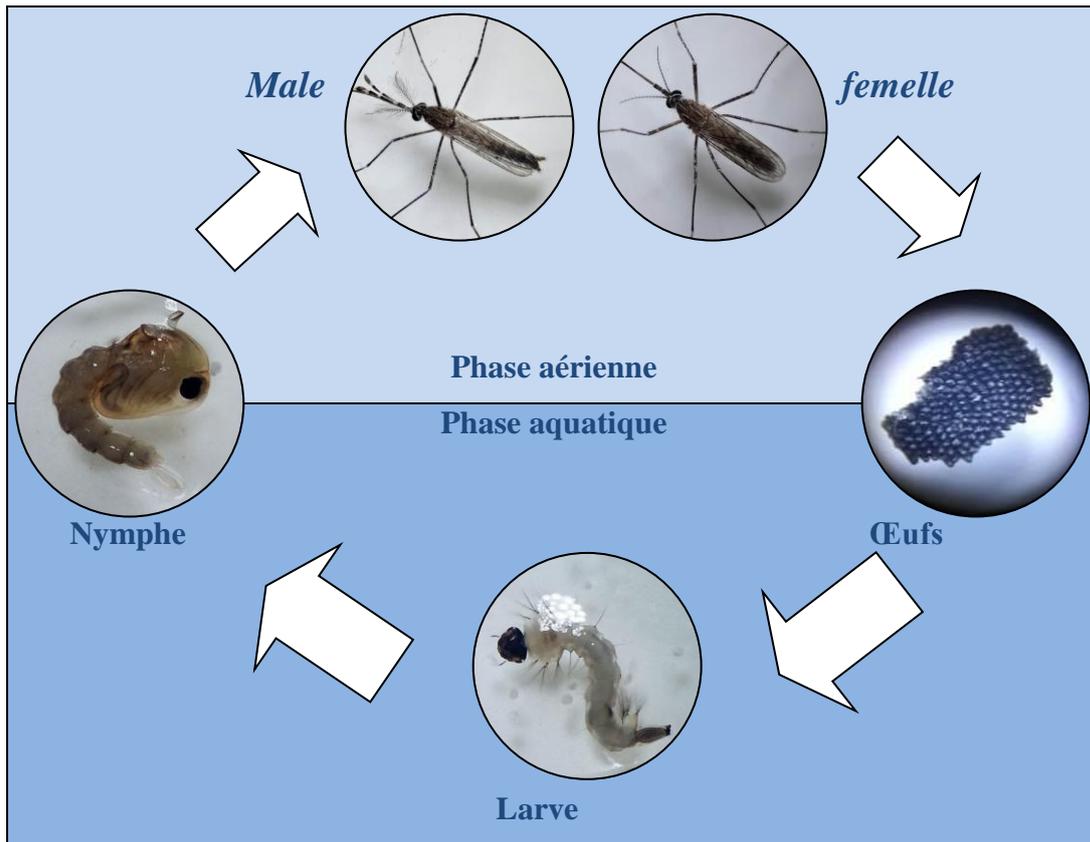


Figure 05: Cycle de développement de *Cs longiareolata*

A. Œufs

Les femelles pondent les œufs sur la surface des gîtes différents (bassins, puits abandonnés, trous des rocher, mers, étangs, canaux, citernes, eau de pluie...), dont l'état de l'eau est toujours stagnant et riche en matières organiques. Ces gîtes sont permanents ou temporaires, ombragés ou ensoleillés, remplis d'eau douce ou saumâtre, propre ou polluée (**Paul, 2009**). Les œufs sont fusiformes, ils ont une taille de 0.5 à 1mm. Au moment de la ponte ils sont blanchâtres et prennent rapidement, par oxydation de certains composants chimiques de la thèque ; une couleur noire (**Peterson, 1980**).

B. Larves

Le développement des larves à ce stade est exclusivement aquatique, leur déplacement est assuré par des mouvements frétilants caractéristiques, et leur évolution comporte quatre stades, de taille variant de 2 mm à 12 mm (**Boulkenafet, 2006**). Les larves vivent environ 10 jours. La rapidité du développement des larves dépend de la quantité de nourriture contenue dans l'eau du gîte (**Peterson, 1980**). Les caractères morphologiques utiles en systématique concernent le quatrième stade (**Benmalek, 2010**). Elles sont dépourvues de pattes et d'ailes, le

mode de respiration est par un siphon situé à l'extrémité de l'abdomen et sont donc obliques par rapport à la surface de l'eau (**Raharimalala, 2011**).

C. Nymphes

La nymphe des moustiques, que l'on appelle aussi pupa, présente une forme courbée. Elle fait des sauts acrobatiques lorsqu'on la dérange. À ce stade, l'insecte est en métamorphose l'adulte est en train de se former avec ses ailes et ses pattes. Comme la larve, la nymphe respire à la surface de l'eau, mais elle utilise deux conduits situés sur son dos. Une fois la métamorphose accomplie, l'adulte émerge à la surface de l'eau en brisant la peau de nymphe (**Anonyme, 2008**).

D. Adultes (ou l'imago)

Le dimorphisme sexuel est largement clair, l'antenne du mâle est velue, chez la femelle est glabre (**Oudainia, 2015**).

Une déchirure ouvre la face dorsale de la nymphe et l'adulte se dégage lentement (**Boulkenafet, 2006**).

L'adulte qui vient d'émerger, est en générale plus mou. Avant de s'envoler, il reste à la surface jusqu'à ce que ses ailes et son corps sèchent et durcissent. Les mâles émergent souvent avant les femelles, car ils ont énormément besoin de temps pour développer leur glande sexuelle. En général, la durée du cycle biologique des moustiques adultes varie d'une semaine à plus d'une trentaine de jours, selon les conditions de température et d'humidité. Certains individus ont vécu deux mois en élevage, les femelle vivent plus longtemps que les mâles qui meurent peu après l'accouplement. L'adulte présente une taille de 5 à 20 mm, les trois parties fondamentales du corps du moustique sont bien distinctes: la tête, le thorax et l'abdomen (**Oudainia, 2015**).

▪ **Tête**

Généralement de forme globuleuse, porte de yeux composés de nombreuses ommatidies, s'étendant sur les faces latérales, mais aussi sur une grande partie de la face dorsale et une partie sur la face ventrale, ils sont presque jointifs, séparés par une bande frontale étroite. La capsule céphalique est formée d'une plaque chitineuse médiane, le frontoclypéus et de deux plaques latérales épicroâniennes. Au frontoclypéus est rattachée une plaque antérieure étroite (préclypéus) portant les brosses buccales. Les pièces buccales sont broyeuses, et principalement composées par des mandibules épaisses à pointes aiguës, et d'une plaque

mentonnière triangulaire et dentelée appelée mentum (**Rodhain et Perez, 1985**).Préclypéus et frontoclypéus portent 18 paires des soies symétriques codées de 0-C à 17-C (la lettre C désigne les soies qui se trouvent sur les plaques de la tête).La forme et le nombre des branches de ces soies présentent un grand intérêt taxonomique notamment les soies péclypéales, clypéales, frontales et occipitales.Deux paires d'yeux sont situées sur la partie médio-latérale des plaques épicroâniennes.Les deux yeux antérieurs en forme de taches noirâtres, constituent les yeux composés primordiale du futur adulte. Derrière ceux-ci, se trouvent les deux petits yeux des larves ou stemmata.Les antennes qui se posent dans les angles antéro-latéraux de la tête, sont plus ou moins minces et légèrement effilées.Elles peuvent être plus courtes que la tête et droites ou légèrement incurvées ou aussi longues voire plus longues que la tête et prendre la forme d'une courbe régulière.Le tégument des antennes est souvent couvert des poils et des spicules.Les soies antennaires, nommées de 1-A à 6-A, sont très utiles pour la reconnaissance des genres et certaines espèces appartenant au genre *Culex* (**Becker et al., 2003**).

▪ Thorax

Le thorax est large et trois séries successives de soies plus ou moins ramifiées en marquent les trois régions autrement indistinctes.Les paires de soies symétriques sont numérotées 0-P à 14-P sur le prothorax, 1-M à 14-M sur le mésothorax et 1-T à 13-T sur le métathorax (**Becker et al., 2003**).Chaque segment donnant naissance à une paire de pattes. Le premier, très réduit, comporte un notum qui comprend les lobes antérieurs et postérieurs, sous le lobe antérieur se trouve le proépisternum.Le deuxième, très développé, porte une paire de stigmates, une paire d'ailes et un prolongement postérieur et dorsal: le scutellum.Le troisième, porte une paire de stigmates et une paire de balanciers (ou haltères).Signalent que seules les soies prothoraciques présentent un intérêt taxonomique. Chez les *Uranotaenia*, quelques soies mésothoraciques et méta-thoraciques peuvent aussi être modifiées et participer à la distinction des espèces (**Ramos et Brunhes, 2004**).

▪ Abdomen

Dans les deux sexes, l'abdomen comporte dix (10) segments, dont huit visibles extérieurement. Chacun d'eux présente une partie dorsale (tergite) et une partie ventrale (sternite), reliées par une membrane souple latérale; segment ornés de soies et d'écailles de couleur et de disposition variées (écailles absentes chez les *Anophelinae*).Dernier segment abdominal constituant les appendices génitaux (génitalia), dont la morphologie très complexe, surtout chez les mâles, est très utilisé en systématique.L'appareil génital mâle (ou

hypopygium), qui comprend les IXe et Xe segments, subit, comme c'est la règle chez beaucoup de Nématocères, un phénomène d'hémi rotation de 180°, amenant la face ventrale en position dorsale. Cette circumversion se produit 12 à 24 heures après l'émergence (Rhodain et Perez, 1985).

2.3.4. Récolte et élevage des moustiques

Les larves et les œufs des moustiques sont récoltés dans des fosses d'accumulation des eaux usées situées au niveau de différentes régions de Tébessa (Hammamet, Bekkaria...) (Fig.19). Les larves sont maintenues en élevage au laboratoire de la faculté dans des récipients en plastique contenant 150 ml d'eau déchlorurée à une température ambiante et nourries avec du mélange préparé par 75% biscuit et de 25% levure, l'eau et renouvelée chaque deux jours. Lorsque les larves, atteignent le stade nymphal, elles sont placées dans des récipients et déposées dans des cages où elles se transformeront en adulte. (Tine-Djebar et Soltani, 2008)



Figure 06: Site de collecte des moustiques -Pépinière El Rayhane (Hammamet - Tébessa)

2.3.5. Traitement

Nous avons préparé une solution d'huile essentielle dans l'éthanol, Deux doses correspondant à la (47,21 ppm) pour CL₂₅ et (62,58 ppm) pour CL₅₀ pour les L3 *Culiseta longiareolata*, (Hadji et Hemila, 2022). après l'agitation 1ml de chaque solution préparée ont été appliquées dans des récipients contenant 150 ml d'eau déchloruré et 10 larves du troisième stade nouvellement exuvies de *Culiseta longiareolata* selon la recommandation de l'organisation Mondiale de la Santé (Anonyme, 1983). Après 24 h de traitement, les larves

sont rincées et placées dans de nouveaux récipients contenant de l'eau propre et de la nourriture.

2.3.6. Détermination de la durée de développement

L'effet de l'HE de *Lippia citriodora* (CL₂₅ et CL₅₀) sur le développement des deux espèces de moustiques testées a été évalué. Ainsi, les durées de développement du troisième et quatrième stade larvaire et nymphale ont été calculées pour les insectes survivants. Les larves de troisième stade nouvellement exuviées témoins et traitées (n = 30 pour chaque concentration) ont été placées en groupes de 10 individus dans les mêmes conditions d'élevage en masse et la nourriture. Le développement a été suivi chaque jour jusqu'à émergence des adultes.

Les larves et les nymphes mortes et les adultes morts sont conservés dans des flacons contenant de l'éthanol afin de déterminer les anomalies morphologiques.

2.3.7. Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été exprimés par la moyenne \pm l'écart-type (SD). L'analyse statistique a été réalisée grâce au logiciel Prisme 7.00 (ANOVA I, test de Dunnett).



RESULTATS

3. RESULTATS

3.1. Rendement en huile essentielle de *Mentha pulegium*

L'huile essentielle de *Mentha pulegium* obtenue par un hydrodistillateur de type Clevenger est avec un rendement de 1.56 ± 0.62 de la matière sèche de la fleur de la plante.

Tableau03: Rendement de l'huile essentielle de *Mentha pulegium*

Extrait	Rendement (%)
01	2.28
02	1.28
03	1.14
Moyenne	1.56
Écart-type	± 0.62

Cette huile essentielle est caractérisée par des caractères organoleptiques tel que: l'odeur, l'aspect physique et la couleur.

Tableau04: Caractéristiques organoleptiques de l'HE de *Mentha pulegium*

Plante	Aspect	Couleur	Odeur	Saveur
<i>Mentha pulegium</i>	liquide, mobile	Jaune	agréable	Douce

3.2. Effet de l'H.E extraite de *Mentha pulegium* sur la durée de développement de *Culiseta longiareolata*

L'évaluation de l'effet d'HE de *Mentha pulegium* sur le développement de *Culiseta longiareolata* a été testée, en étudiant l'action de cet huile sur la durée de développement des stades (larves L3 - adultes).

Les résultats la durée de développement de *Culiseta longiareolata* sont mentionnés dans la figure 07. D'après ces résultats, on remarque une diminution de la durée de développement des stades larvaires et du stade nymphale chez les séries traitées à la CL₂₅ et les séries traité à la CL₅₀ par rapport aux témoins.

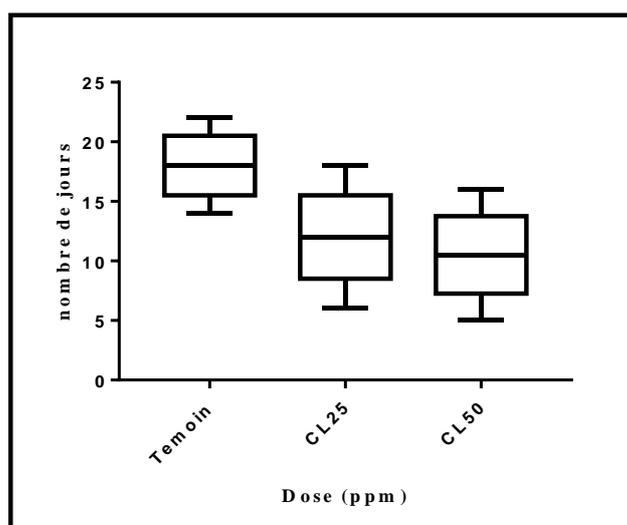


Figure 07 : Effet de l’huile essentielle de *Mentha pulegium* sur la durée de développement des stades (larves L3 - adultes) de *Culiseta longiareolata*.

L’analyse de la variance de la durée de développement de *Culiseta longiareolata* montre une différence très hautement significative entre les trois séries ($p < 0,0001$).

Le test de dunnnett révèle une diminution très hautement significative de la durée de développement des stades larvaires et du stade nymphale chez les séries traitées à la CL₂₅ et à la CL₅₀ ($p = 0,0009$) et ($p = 0,0001$) respectivement comparativement au témoin (tableau).

Tableau 05 : Effet de l’huile essentielle de *Mentha pulegium* (CL₂₅ et CL₅₀) sur la durée de développement (Nbr des jours) de *Culiseta longiareolata* à différents stades ($m \pm sd$, $n= 30$ répétitions comportant chacune 10 individus). Comparaison des moyennes entre les différentes séries (lettres minuscules).

Stade	Témoin	CL25	CL50
L3 - adulte	18,00 ± 2,74 a	12,00 ± 3,89 b	10,50 ± 3,60 b

3.3. Efficacité de l’HE de *Mentha pulegium* sur le sexe ratio de *Culiseta longiareolata*

La figure ci-dessous présente l’effet de l’H.E extraite de *Mentha pulegium* (CL₂₅ et CL₅₀) sur le sexe ratio chez les adultes de *Culiseta longiareolata*, on remarque que l’HE extraite de

Mentha pulegium n'a induit aucun effet sur le sexe ratio chez les adultes de *Cs. longiareolata*, lorsqu'on compare entre la série témoin et la série traitée à la CL₂₅ et à la CL₅₀.

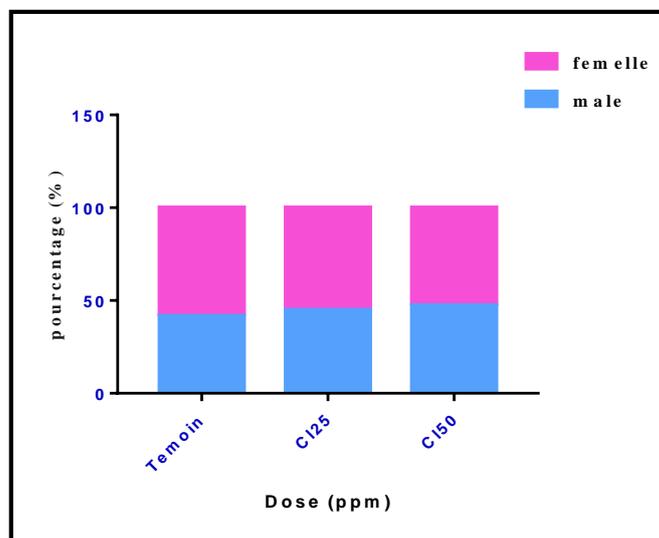


Figure 08 : Effet de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* sur le sexe ratio chez les adultes mâles et femelles de *Culiseta longiareolata*

Aussi, aucune différence n'a été signalée entre les témoins et les traités avec les deux concentrations appliquées (CL₂₅ et CL₅₀).

Tableau 06 : Effet de l'H.E extraite de *Mentha pulegium* (CL₂₅ et CL₅₀) sur le sexe ratio des adultes de *Culiseta longiareolata*

Séries	Sexe ratio (Male/Femelle)
Témoin	1:1
CL25	1:1
CL50	1:1

3.4. Anomalies morphologiques

L'examen des individus de *Culiseta longiareolata* après traitement au l'huile essentielle de *Mentha pulegium*, révèle des aberrations morphologiques telles que le blocage de l'exuviation nymphale, la diminution de la taille des larves, de plus, autres malformation se

manifestent, telles que diminution de la taille des ailes, la déformation des deux ailes, et la déformation de la tube digestif (Fig.09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 ,17 ,18).

* chez la série traitée à la CL₂₅



Figure 09: Diminution de la taille des ailes de l'adulte



Figure 10: Déformation des deux ailes de l'adulte



Figure 11: Échec de la mue (pupe–adulte)



Figure 12: Le blocage de l'exuviation nymphale



Figure 13: Déformation et échec de la mue (L3–L4)



Figure 14: Déformation du tube digestif

* chez la série traitée à la CL₅₀



Figure 15: Échec de la mue (pupe–adulte)



Figure 16: Déformation des adultes



Figure 17: Diminution de la taille et brunissement des larves



Figure 18: Déformation des pupes



DISCUSSION

4. DISCUSSION

4.1. Rendement en huile essentielle de *Mentha pulegium*

Plusieurs facteurs déterminent le rendement des plantes en huiles essentielles à savoir l'espèce de plante utilisée, l'aire de sa répartition géographique, la période de récolte, les pratiques culturales, la technique d'extraction, la température, la durée de séchage et l'état physiopathologique de la plante (**Tchoumboungang et al., 2005 ; 2006**). Le résultat de cette étape est interprété par le calcul du rendement (**Bruneton, 1993**).

Nous rappelons que le rendement d'extraction en huile essentielle de *Mentha pulegium* est de $1.56 \pm 0.62\%$ de la matière sèche de la fleurs de la plante. Le rendement de cette HE marque des variations d'une région à une autre en Algérie. Il est de 2,34% dans la region d'el-oued (**Ouakouak et al. 2015**).

En outre, le rendement d'une HE peut varier considérablement dans une même plante selon l'organe (feuille, fleur, fruit, bois) (**Selles, 2012**). Des études réalisées par **Guenez et al (2018)** ont montré un rendement le plus bas est obtenu à partir des feuilles de la meme plante $0.87 \pm 0.055 \%$.

Le rendement d'extraction de l'huile de la plante utilisée dans notre travail est inférieur à celui de *M. piperita* (1,72 %), de *M. pulegium* (2,33 %) et de *M. suaveolens* (4,33 %) cultivées au Maroc (**Benayad, 2008**). Et est supérieure à celui de *Mentha spicata* et de *Mentha piperita* cultivées au Bénin qui sont respectivement de 1,06 % et de 1,2 % (**Dahouénon-Ahoussi et al., 2010**).

D'après la littérature, Cette variabilité témoigne de l'impact des différents facteurs : intrinsèques liés au bagage génétique de la plante et extrinsèques liés aux conditions de la croissance et du développement de la plante (**Bruneton, 1993**), la période de récolte, l'origine géographique, la période de séchage, la localisation, la température et la technique d'extraction, etc. (**Smallfield, 2001**).

4.2. Effet de l'H.E extraite de *Mentha pulegium* sur la durée de développement de *Culiseta longiareolata*

Les métabolites secondaires de nombreuses plantes affectent la croissance et le développement de divers stades de la vie des moustiques, entraînant de nombreux effets, tels que la mortalité, les anomalies morphologiques, l'inhibition de la mue, le retard de développement nymphal et le prolongement de la durée des stades larvaires (**Al-Mekhlafi et**

al., 2020). Plusieurs anomalies du développement ont été signalées chez de nombreux insectes à la suite du traitement par les extraits de plantes (**Shazad et al.**, 2018).

Nos resultants montre que le traitement par l'huile essentielle de *Mentha pulegium* sur les larves du troisième stade nouvellement exuviés provoque une diminution très hautement significative de la durée de développement des stades larvaires et du stade nymphale de *Culiseta longiareolata*.

Plusieurs travaux ont signalé des perturbations de la durée de développement notamment ceux de **Ganassi et al.** (2021) sur *Ae. albopictus* et qui ont montré que les alcaloïdes extraits des plantes de la famille des Amaryllidaceae allongent la durée de développement larvaire et nymphal. L'étude de **Sun et al.** (2012) a révélé que le traitement de *Spodoptera litura* par l'extrait de *Cynanchum mongolicum* augmente la durée de développement en particulier celle des larves L3 jusqu'à l'émergence. L'effet des extraits des plantes sur le développement larvaire et nymphal peut être dû à leur effet comme régulateur de croissance chez les larves en provoquant l'allongement de la durée de développement des stades larvaires et la mort des pupes (**Ganassi et al.**, 2021).

Le développement des insectes est caractérisé principalement par des mues et des métamorphose qui sont contrôlées par les différents taux de l'hormone de mue (20E) en présence ou en l'absence de l'hormone juvénile. Toute interférence dans l'homéostasie de ces hormones peut conduire à une perturbation dans le développement des insectes cibles; ceci explique les différents désordres physiologiques observés chez *C. longiareolata* après traitement des larves L3 et L4 avec l'holofénoside (**Tine-djebbar et al.**, 2008)

4.3. Efficacité de l'HE de *Mentha pulegium* sur le sexe ratio de *Culiseta longiareolata*

Chez les moustiques, Seules les femelles sont hématophages. Après la fécondation, elles partent à la recherche d'un hôte pour la prise du sang afin d'assurer la maturation de leurs œufs. Ce comportement hématophage durant la reproduction permet la transmission de nombreuses maladies au cours de l'alimentation. De ce fait, la recherche d'un moyen de lutte pour limiter les effets liés à ce phénomène est très importante (**Djehader**, 2013).

Le Sex-ratio est un trait fondamental de la structure de la population, car il peut régir le potentiel reproducteur (**Mourad et al.**, 2004) et la variation du succès reproductif, en particulier pour les mâles lorsque les femelles sont le sexe limitant (**Biddinger et al.**, 2006). La détermination du sexe chez les moustiques est génétiquement contrôlée par deux allèles avec une fréquence prévue de 1: 1 (**Graham et al.**, 2004), ce qui donne des proportions égales de mâles et de femelles à l'éclosion.

Dans cette étude, l'effet de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* a été testé sur le ratio sexe de *Culiseta longiareolata*. Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a aucun effet enregistré après traitement à l'huile de *Mentha pulegium* et que le nombre des individus mâles est égale au nombre des individus femelles chez les séries témoin et traitées à la CL₂₅ et à la CL₅₀. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par **Draouet et al. (2020)** qui ont montré que le sexe ratio chez *Cx. pipiens* traité par l'extrait éthanolique des fleurs de *Borago officinalis* n'a aucun effet. Aussi, les extraits aqueux des feuilles et d'écorce de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) n'ont montré aucun effet sur le sex-ratio de *Spodoptera frugiperda* (**Sâmia et al., 2005**). Les travaux de **Shalan et al. (2005)** ont montré que le traitement avec un mélange contenant des insecticides et d'HE de *Callitris glaucophylla* n'affecte pas le sex ratio chez *Ae. aegypti* (**Shoukat et al., 2016**). L'impact non significatif des insecticides sur le sex-ratio a été précédemment signalé chez *Cx. quinquefasciatus* traité par le malathion, le chlorpyrifos, le méthyl-pirimiphos, le propoxur et la resméthrine (**Aguilera et al., 1995**) et d'autres espèces d'insectes (**Suh et al., 2000**).

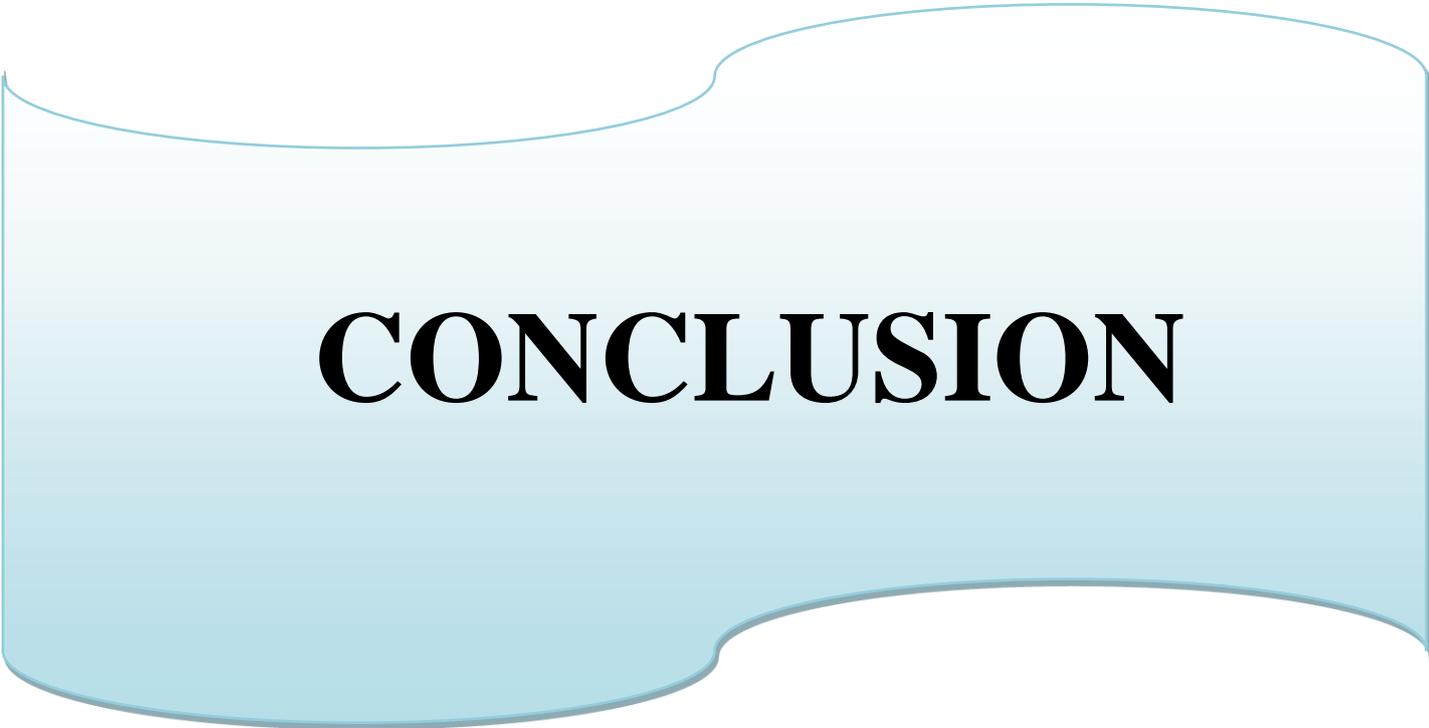
Par contre, Les résultats obtenus par **Bouzi et al. (2020)** ont montré que l'application de l'HE du *Laurus nobilis* sur les larves L4 de deux espèces de moustiques, *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* a provoqué l'émergence des femelles plus que les mâles. D'autre part, L'exposition précoce de la *Drosophila melanogaster* à l'azadirachtine affecte le développement de l'adulte et un sex-ratio masculin biaisé (**Ferdenache et al., 2019**).

4.4. Anomalies morphologiques

Les HEs et leurs constituants perturbent l'équilibre endocrinologique des insectes. Elles ont induit une neurotoxicité via divers mécanismes perturbant ainsi le processus normal de la morphogénèse (**Chantawee & Soonwera, 2018**).

L'examen des individus de *Culiseta longiareolata* après traitement à l'huile essentielle de *Mentha pulegium*, révèle des aberrations morphologiques tels que le blocage de l'exuviation nymphale, la diminution de la taille des larves et des pupes, de plus, autres malformation se manifestent, telles que diminution de la taille des ailes, la perte des deux ailes, et la déformation de la tube digestif. Plusieurs auteurs ont rapporté des aberrations morphologiques induites par des extraits de plantes chez les moustiques. **Soonwera & Phasomkusolsi (2016)** ont noté des anomalies morphologiques chez les larves, les pupes et les adultes d'*Ae. aegypti* et d'*An. dirus* après le traitement des larves L3 et L4 par les HEs de *Cymbopogon citratus* et de *Syzygium aromaticum*. De même, les huiles extraites de *Trigonella foenum-grecum*, *Cyperus esculentus*, *Brassica campestris*, *Boswellia serrata*, *Eruca sativa* et *Carum*

petroselinum provoquent des anomalies morphologiques diverses chez les larves, les pupes et les adultes de *Cx. pipiens* (**Khater, 2013**)



CONCLUSION

CONCLUSION

En raison des problèmes liés à l'utilisation des insecticides chimiques et leur impact nocif sur la santé et l'environnement, le recours à des alternatives naturels remplissant le même rôle des insecticides de synthèse et présentant des avantages écologiques et économiques, s'avère nécessaire.

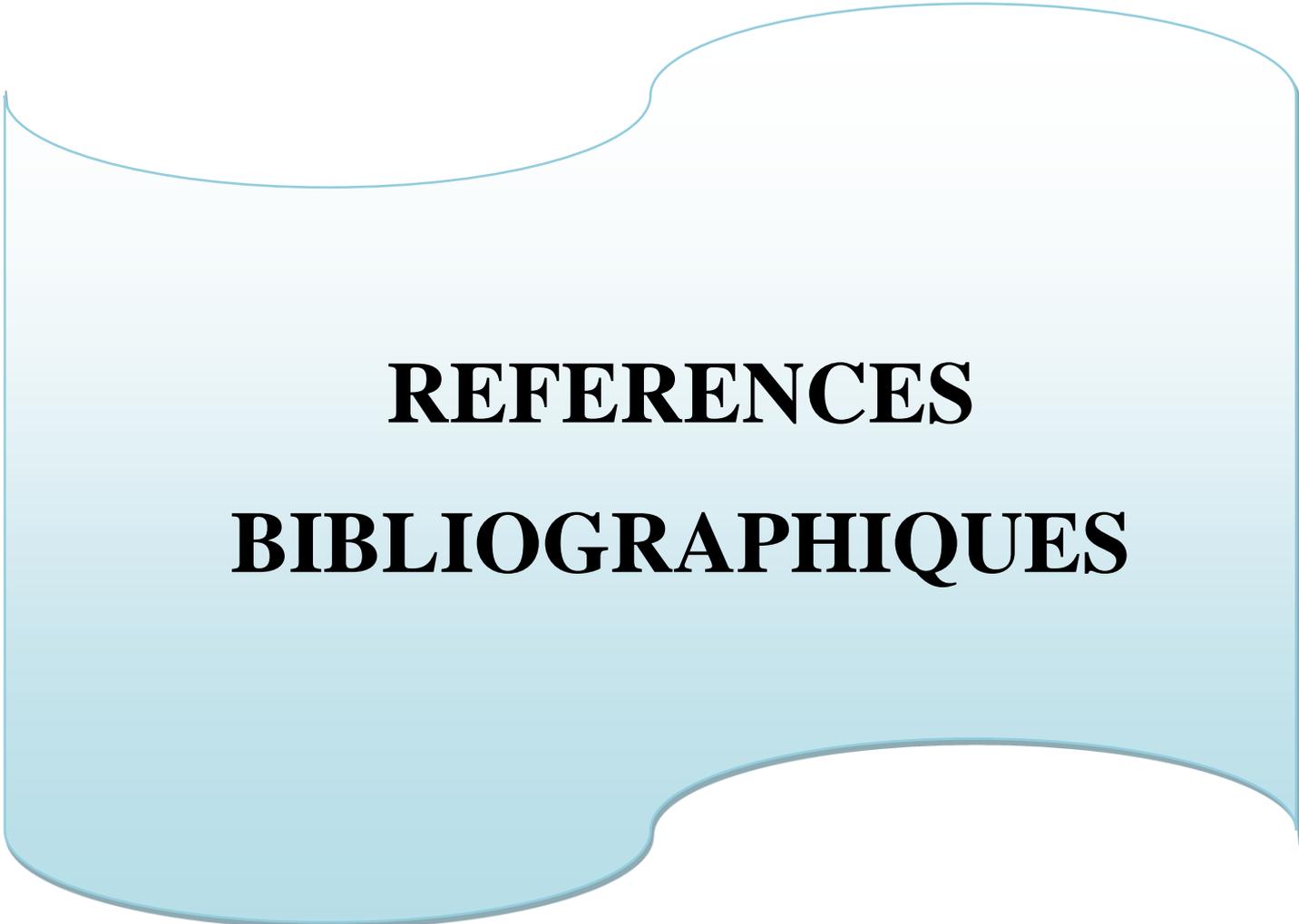
C'est dans ce cadre s'inscrit notre travail, l'expérimentation réalisée nous a permis d'évaluer l'effet de l'huile essentielle extraite de *Mentha pulegium* sur une espèce de moustiques *Culiseta longiareolata*. Plusieurs paramètres ont été étudiés:

- Etude de la durée de développement de stade larvaire (larve 3ème stade nouvellement exuviées) jusqu'à l'émergence des adultes chez les séries témoins et traitées avec une concentration sous létale (CL₂₅) et une concentration létale (CL₅₀)
- Détermination du sexe ratio chez les séries témoins et traitées
- Etude des anomalies morphologiques chez les séries traitées pour cette espèce de moustiques.

L'huile essentielle de *Mentha pulegium* obtenue par hydrodistillation est de couleur jaune claire ayant une odeur agréable et avec un rendement de $(1,56 \pm 0,62)\%$ de la fleur de la plante.

L'application de l'HE de *Mentha pulegium* sur les larves de troisième stade larvaire nouvellement exuviées avec les deux concentrations sous-létale CL₂₅ et CL₅₀, provoque une diminution de la durée de développement des stades larvaires et du stade nymphale comparativement au témoins, aussi l'apparition des anomalies morphologiques telles que le blocage de l'exuviation nymphale, la diminution de la taille des larves, de plus, autres malformations se manifestent, telles que diminution de la taille des ailes, la déformation des deux ailes, et la déformation de la tube digestif.

L'huile essentielle de *Mentha pulegium* présente donc des propriétés insecticides importantes et les résultats obtenus ouvrent des perspectives intéressantes pour son application dans la production des biocides. Aussi, il serait intéressant de compléter cette recherche en évaluant l'effet de l'HE de *Mentha pulegium* sur d'autres mécanismes de résistance.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

A

Abdel H. (2003). « Biosistématique végétale ». INA el Harrach 1_17.

AFNOR.,(2000).Huiles essentielles.Monographies relatives aux huiles essentielles. AFNOR, Paris, pp 23- 26.

Agnihotri V.K., Agarwal S.G., Dhar P.L.,Thappa Baleshwar R.K., Kapahi B.K., Saxena R.K. & Qazi G.N., 2005 : Essential oil composition of *Mentha pulegium* L. growing wild in the north-western Himalayas India. *Flavour Frag. J.* 20: 607–610. Diaz-Maroto M.C., Castillo N., Castro-Vazquez L., Gonzalez-Vinas M.A. & PerezCoello M.S., 2007.Volatile composition and olfactory profile of pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) plants. *Flavour Frag. J.* 22: 114-118.

Ait yousef M., 2006:“ Plantes médicinales de Kabylie”, Edition: IBIS PRESS, Paris, pp: 215-219; ISBN: 978-9961-57-259-7.349p.

Aitken T.H.G., (1954).The culicidae of Sardinia and Corsica (Diptera).Bulletin of entomological research. 45(3): 437-494.

Al-Mekhlafi, F. A., Abutaha, N., Al-Malki, A. M., & Al-Wadaan, M. (2020).Inhibition of the growth and development of mosquito larvae of *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) treated with extract from flower of *Matricaria chamomilla* (Asteraceae).*Entomological Research.* 50(3): 138-145.

Anonyme, 2008.Le moustique.Faune et Flore du Pays: 1-5.

B

Baba Aissa F., 2000: Encyclopédie des plantes utiles, librairie moderne, Rouïba, 368.

Belkou H., Beyoud F., Taleb Bahmed Z. 2005. "Approche de la composition biochimique de la menthe vert (menthe spicata L) dans la région de Ouargla", Mémoire DES, univ Ouargla pp 2,61.

Bellakhdar J. (1984). « 1er colloque international sur les plantes aromatiques et médicinales (Rabat) (Actes) ».Editions maghrébines, Casablanca

Bellakhdar J., 2006. Plantes médicinales au Maghreb et soins de base (Précis de phytothérapie moderne). Le Fenec.

- Belouad A. (1998).** « Plantes médicinales d'Algérie ».Office des publications Universitaires, Algérie, 273 p
- Benayad, N. (2008).** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Université Mohammed V -Agdal. Rabat, 63 p.
- Benazzeddine S M. 2010.** "Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilus Oryzae* (Coleoptera; Curcullionidae) et *Tribolium Confusum* (Coleoptera; Tenebrionidae)".Mémoire de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en sciences agronomiques.Département de zoologie agricole et forestière.École nationale supérieure agronomique El-Harrach Alger. 102p.
- Bercker N., Petric D.,Zgomba M., boase C., D ahl C., Lane J. & Kaiser A.,2003.** mosquitoes and thier control.Ed.Kluwer Academic, New York.498p.
- Biddinger, D., Hull, L., Huang, H., McPheron, B., & Loyer, M. (2006).** Sublethal effects of chronic exposure to tebufenozide on the development, survival, and reproduction of the tufted apple bud moth (Lepidoptera: Tortricidae).Journal of economic entomology. 99(3): 834-842.
- Bouamer A., Bellaghit M et Mollay A. 2004.**"Etude comparative entre l'huile essentielle de la menthe vert et la menthe poivrée de la région de Ouargla"; Mémoire DES Univ. Ouargla, p 2-5; 10; 19; 21-22.
- Bouchra C., Achouri M., Idrissi Hassani LM.et Hmamouchi M., 2003:** Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan Labiatae against *Botrytis cinerea* Pers: Fr. Phytochem. 89: 165-69.
- Boulkenafet F. 2006.** "Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera: Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera: Culicidae) dans la région de Skikda". Présentation pour l'obtention du Diplôme de Magister en entomologie (option application agronomique et médicale). 191p
- BOUZIDI Oulfa (2021).**Efficacité comparée d'une plante médicinale, *Laurus nobilis* à l'égard de deux espèces de moustiques, *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*.thèse de doctorat.université de Tébessa.169p.

Bouzidi, O. (2020). Efficacité comparée d'une plante médicinale, *Laurus nobilis* à l'égard de deux espèces de moustiques, *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*. Thèse de doctorat. Université de Tebessa. 169 pages.

Bremness L., 2001: plantes aromatiques et médicinales. BORDAS, France, 303.

Bruneton, J. (1993). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 2ème édition. Tec & Doc.Paris. 915pages.

Brunhes, J., Rhaim, A., Geoffroy, B., Angel, G. & Hervy, J.P. (1999). Les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne. Logiciel de l'institut de recherche et de développement de Montpellier (France).

Burt S., 2004: Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. *Int. J. Food Microbiol.* 94: 223-253.

C

Chantawee, A. & Soonwera, M. (2018). Larvicidal, pupicidal and oviposition deterrent activities of essential oils from Umbelliferae plants against house fly *Musca domestica*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine.* 11(10): 621-629.

Collin F, 2007: identifier les fleurs du Maroc Atlantique par leur couleur, rabat, p 154.

Crellin, John. (December 2014). "Mentha pulegium.L"

Crosby DG.1966."Natural pest control Agents.Adv".Chem. Ser. (53), p. 1-16.

D

Dahouénon-Ahoussi, E., Sessou, P., Wotto, D.V., Yéhouénon, B., Kinsoudé, E., Kpatinvoh, B., Soumanou, M. & Sohounhloué, D. (2010). Mise au point d'une technologie de production d'une boisson locale «Africa drink» à base d'huiles essentielles de menthe verte et poivrée, Bulletin d'information de la Société Ouest Africaine de Chimie 7 : 39- 53.

Delaquis, P.J., Stanich, K., Girard, B. & Mazza, G. (2002). Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology.* 74:101– 109.

Delille L, 2007: les plantes aromatiques en Algérie, Ed Berti, Alger, 163p.

DJEGHADER N.E.H., BOUDJELIDA H., BOUAZIZ A. & SOLTANI N. 2013.
Biological effects of a benzoylphenylurea derivative (Novaluron) on larvae of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Advances in Applied Science Research*, 4(4):449-456.
www.pelagiaresearchlibrary.com ISSN: 0976-8610 CODEN (USA): AASRFC

Domingues, I. Agra, AR. Monaghan, K. Soares, AM. Nogueira, AJ. (2010).Cholinesterase and glutathione-S-transferase activities in fresh water invertebrates as biomarkers to assess pesticide contamination. *Environ Toxicol Chem*; 29: 5-18.

Dris, D. (2018). Etude de l'activité larvicide des extraits de trois plantes: *Mentha piperita*, *Lavandula dentata* et *Ocimum basilicum* sur les larves de deux espèces de moustiques *Culex pipiens* (Linné) et *Culiseta longiareolata* (Aitken) (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat en sciences. Spécialité: Biologie Animale. Université Badji Mokhtar, Annaba).

E

El-Akhal F., Greche H., OuazzaniChahdi F., Guemmouh R., & El OualiLalami A., 2015.
"Composition chimique et activité larvicide sur *Culex pipiens* d'huile essentielle de *thymus vulgaris* cultivées au Maroc". 6: 214-219.

El-Ghorab AH., 2006: The chemical composition of *Mentha pulegium* L. essential oil from Egypt and its antioxidant activity. *J. Essential oil Bearing Plants*, 9: 183–195.

F

Ferdenache, M., Bezzar-Bendjazia, R., Marion-Poll, F., & Kilani-Morakchi, S. (2019).
Transgenerational effects from single larval exposure to azadirachtin on life history and behavior traits of *Drosophila melanogaster*. *Scientific reports*. 9(1): 1-12.

G

Ganassi, S., Masi, M., Grazioso, P., Evidente, A. & De Cristofaro, A. (2021). Activity of Some Plant and Fungal Metabolites Towards *Aedes Albopictus* (Diptera, Culicidae). *Toxins*. 13 (4) :1-32

Gardès-Albert M., Bonnefont-Rousselot D., Abedinzadeh Z. et Jore D., 2003: Espèces réactives de l'oxygène: Comment l'oxygène peut-il devenir toxique? Mécanismes biochimiques, p 91-96.

Ghosh, A. Chowdhury, N. Chandra, G. (2012). Plant extracts as potential 22. Mosquito larvicides. *Indian J Med Res* .135: 581-98.

Graham, D. H., Holmes, J. L., & Black IV, W. C. (2004). Identification of quantitative trait loci affecting sex determination in the eastern treehole mosquito (*Ochlerotatus triseriatus*). *Journal of Heredity*. 95(1): 35-45. *gratissimum* on mice infected with *Plasmodium berghei*. *Planta medica*. 71 : 20 – 23.

Guenez, R., Tine-Djebbar, F., Tine, S. & Soltani, N. (2018). Larvicidal Efficacy of *Mentha Pulegium* Essential Oil Against *Culex Pipiens* L. And *Aedes Caspius* P. Larvae. *World Journal of Environmental Biosciences*. 7(1):1-7.

H

HADJI, Nadjla (2022). Effet de l'extrait d'une plante aromatique sur une espèce de moustique *Culiseta longiareolata*. Diss. Université de Larbi Tébessi.

Himmi, O. Dakki, M. Trari, B. & EL Agbani, M.A. (1995). Les Culicidae du Maroc, clé d'identification avec données biologiques et écologiques. Travaux Institut Scientifiques, Série Zoologie.

Hyerisam., 2013: Propriétés médicinales de la menthe pouliot. (*Mentha pulegium*.L)

K

Kalemba D. & Kunicka A., 2003: Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*. 10: 813-829.

Khater, H.F. (2013). Bioactivity of Essential Oils as Green Biopesticides: Recent Global Scenario. *Essential Oils II*. Studium Press LLC. 71 pages.

Kimbaris A.C., Siatis N.G., Daferera D.J., Tarantilis P.A., Pappas C.S. et Polissiou M.G., 2006: Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). *Ultrason Sonochem*. 13: 54-60.

Kishore, N. Mishra, BB. Tiwari, VK. Tripathi, V. (2011).A review 1.On natural products with mosquitocidal potentials. In: Opportunity, challenge and scope of natural products in medicinal chemistry. Trivandrum, Kerala: Trans World Publishers, Research Signpost. p. 223-53.

Kokkini S., Handilou E., Karousou R.et Lanaras T., 2002: Variations of pulegone content in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) plants growing wild in Greece. *J. Essent. Oil Res.* 14: 224- 227.

L

Lahrech K., 2010: “Extraction et analyses des huiles essentielles de *Mentha pulegium* l. et de *Saccocalyx satureioides*. Tests d'activités antibactériennes et antifongiques,” Theses, Université d'Oran Es-Senia, Oran.

M

Marriott, P., Shellie, R., Fergeus, J., Ong, R. & Morrison, P. (2000).High resolution essential oil analysis by using comprehensive gas chromatographic methodology. *Flavour and Fragrance Journal.* 15 : 225–239.

Mourad, A. K., Saad, A. S., Esawy, M. M., & Hassan, S. M. (2004). Influence of the nonsteroidal ecdysone agonist, tebufenozide, on certain biological and physiological parameters of the cotton leaf-worm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Noctuidae: Lepidoptera) in Egypt. *Communications in Agricultural & Applied Biological Sciences.* 69(3): 119-139.of five *Ocimum* species from Tropical African Area. *Journal of Essential Oil Research.*18 : 194– 199.

O

Ouakouak H, Chohra M, Denane M (2015) Chemical composition, antioxidant activities of the essential oil of *Mentha pulegium* L, South East of Algeria. *Inter Let Nat Sci* 39: 49-55.

Ouamba, J.M. et al(2006). Variability in the chemical compositions of the essential oils

P

- Paul R., 2009.**Généralités sur les moustiques du littoral méditerranéen français .EID méditerranée (1-11).
- Peterson E.L., 1980.**Alimit cycle interprétation of a mosquito circadian oscillator .J. theor. Biol. 84: (281-310).
- Philogène, B. J.R., Regnault, R. C. & Vincent, C. (2008).** Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale: promesses d'hier et d'aujourd'hui. In
- Poupardin R., 2011.** Interactions gènes –environnements chez les moustiques et leur impact sur la résistance aux insecticides. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'université de Grenoble, Spécialité: Biodiversité, Ecologie et Environnement.275p.

R

- Ramos H., C. & Brunhes J., 2004.**Insecta, Diptera, Culicidae, Uranotaenia.Faune de Madagascar 91.Ed. IRD Édition, CIRAD, MNHN-Paris, Montpellier, 463p.
- Rhodain, F. & Perez, C. (1985).** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Maloine .SA Editeur 27, Rue de l'école médecine 75006, Paris .443.
- Russell, TL. Kay, BH. Skilleter, GA. (2009).**Environmental effects of 3.Mosquito insecticides on saltmarsh invertebrate fauna.Aquat Biol. 6: 77-90

S

- Sâmia, R.R., de Oliveira, R.L., Moscardini, V.F. & Carvalho, G.A. (2005).** Effects of Aqueous Extracts of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) on the Growth and Reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Neotropical Entomology. 45(5): 1-9.
- Santoyo S., Cavero S., Jaime L., Ibanez E. and Senorans F.J. &Reglero G., 2005:** Chemical composition activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil obtained via supercritical fluid extraction.Journal of Food Protection. 68: 790-795.

- Selles, C. (2012).** Valorisation d'une plante médicinale à activité antidiabétique de la région de Tlemcen: *Anacyclus pyrethrum* L. Application de l'extrait aqueux à l'inhibition de corrosion d'un acier doux dans H₂SO₄ 0.5 M. Thèse de Doctorat en sciences, Université abou bekr belkaid, Tlemcen. 219 p.
- Shaalán, E.S., Canyon, D.V., Younes, M.W.F., Abdel-Wahab, H. & Mansour, A. (2005).** Effects of sub-lethal concentrations of synthetic insecticides and *Callitris glaucophylla* extracts on the development of *Aedes aegypti*. *Journal of Vector Ecology*. 30(2): 295-298.
- Shaalán, E.S., Canyon, D., Younes, M.W.F., Abdel-Wahab, H. Mansoura, A.H. (2005).** A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential. *Environ Int* 3: 1149-66.
- Shazad, M., Gupta, K. K., Kayesth, S., & Kumar, S. (2018).** Sublethal effects of ethanol extract of *Ocimum sanctum* on laboratory-bred population of dengue mosquito *Aedes aegypti* L. *Diptera: Culicidae*. *Journal Of Biologic*. 3: 1-7.
- Shoukat, R. F., Freed, S., & Ahmad, K. W. (2016).** Evaluation of binary mixtures of entomogenous fungi and botanicals on biological parameters of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) under laboratory and field conditions. *International Journal of Mosquito Research*. 3: 17-24.
- Smallfield, B. (2001).** Introduction to growing herbs for essential oils, medicinal and culinary purposes. *Crop and Food Research*. 45: 4 pages.
- Soonwera, M. & Phasomkusolsil, S. (2016).** Effect of *Cymbopogon citratus* (lemongrass) and *Syzygium aromaticum* (clove) oils on the morphology and mortality of *Aedes aegypti* and *Anopheles dirus* larvae. *Parasitology Research*. 115: 1691–1703.
- Suh, C. P. C., Orr, D. B., & Van Duyn, J. W. (2000).** Effect of insecticides on *Trichogramma exiguum* (Trichogrammatidae: Hymenoptera) preimaginal development and adult survival. *Journal of Economic Entomology*. 93(3): 577-583.
- Sun, H., Fu, X., Chen, X. & Shi, W.P. (2012).** Toxicity and influences of the alkaloids from *Cynanchum mongolicum* AL. *Ijinski* (Asclepiadaceae) on growth and cuticle components of *Spodoptera litura* Fabricius (Noctuidae) larvae. *Natural Product Research*. 26: 903–912.

T

Tayoub G., Schowb I., Masotti V., Rabier J., Ruzzier M., Viano J. (2006) – Contribution de la microscopie électronique à balayage et photonique à la connaissance de l'anatomie et de la morphologie de *Styrax officinalis* L. C. R. Biologies, 329: p. 712-718.

Tchoumboungang, F., Amvam Zollo, P.H., Dagne, E. & Mekonnen, Y. (2005). In

Tchoumboungang, F., Zollo, P.H.A., Avlessi, F., Alitonou, G.A., Sohounhloue, D.K. &

Teuscher E, Anton R, et Lobestien A, 2005: Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed. Tec.

Tine-Djebar, Fouzia, and Noureddine Soltani (2008). "Activité biologique d'un agoniste non stéroïdien de l'hormone de mue sur *Culiseta longiareolata*: analyses morphométrique, biochimique et énergétique." *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie* 18: 23-34.

Y

Yahyaoui N. 2005. "Extraction, analyse et évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles de *Mentha Spicata* L sur *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera, Bostrychidae) et *Tribolium confusum* (Duv.) (Coleoptera, Tenebrionidae)". Thèse de Magister en sciences agronomiques, option Ecologie, INA, El-Harrach.

Z

Zargari A., 1990: Herbal Medicines. Publication of Tehran University, Iran. pp: 14-18

Zwaving J.H. & Smith, D., 1971: Composition of the essential oil of Austrian *Mentha pulegium*. *Phytochemistry*. 10: 1951-1953.

