



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministere de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-oued  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée et Toxicologie

### THEME

Contribution à l'étude des propriétés insecticides des plantes  
médicinales (*menthe spicata*, *menthe longifolia*) sur la pyral des dattes  
(*Ectomyelois ceratoniae* Zeller)

#### Présenté par :

- ✚ Salah TRIKI
- ✚ Amar RAHMANI
- ✚ Safa BELAID
- ✚ Hadjer BELLABACI

#### Membres du jury :

<b>Présidente</b> : Nourredine BOUALI	MCA	Université d'Eloued
<b>Promoteur</b> : Said TOUATI	MAB	Université d'Eloued
<b>Examineur</b> : Ali Boutlelis DJAHRA	Pr.	Université d'Eloued

Année universitaire : 2024/2025



## **Remerciements**

**Avant toute chose, nous tenons à remercier Dieu Tout-Puissant qui nous a accordé la force et la foi nécessaires pour atteindre cette étape.**

**C'est avec un immense plaisir que nous dédions ces lignes en témoignage de notre gratitude envers toutes celles et ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.**

**Nous souhaitons exprimer notre sincère reconnaissance et notre profonde estime à notre encadreur, Monsieur Touati Saïd, pour avoir accepté de diriger ce projet et pour ses précieuses orientations.**

**Nos vifs remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer notre travail. Leur présence et leurs précieux conseils sont une source d'enrichissement pour nous.**

**Nous tenons également à remercier chaleureusement l'ensemble du personnel des laboratoires de la faculté de biologie pour leur ouverture d'esprit et leur collaboration, ainsi que Monsieur Babaou Mahfoud pour ses conseils et ses éclaircissements.**

**Nous n'oublions pas non plus tous nos professeurs tout au long de notre parcours académique et toutes les personnes qui, de loin ou de près, ont participé à notre cheminement vers cet objectif.**



## **Dédicace**

À mes racines profondes, mes chers parents, qui ont semé mon ambition et l'ont nourrie de leur amour et de leurs prières, leurs Sacrifices éclairant mon chemin.

À mes frères et soeurs chéris, soutien et aide constants dans mes efforts.

À ma précieuse épouse, mon soutien, ma force et mon inspiration de chaque instant.

À mes chers enfants, ma motivation pour toujours m'améliorer.

À mes fidèles amis, compagnons de route et réconfort.

Et à mes vénérables professeurs, dont le savoir et la sagesse m'ont guidé ; sans vous, mon chemin aurait été autre, Un remerciement particulier à mon professeur encadreur pour sa précieuse guidance et son soutien constant.

J'offre ce modeste travail en signe de profonde reconnaissance.

**RAHMANI**

## Dédicaces

À ceux qui furent l'origine de cette histoire, et le souffle du commencement, À ceux dont les corps se sont fatigués pour que mon rêve tienne debout, À ma mère... source de tendresse, et secret de la prière qui jamais ne déçoit, Et à mon père... la montagne derrière laquelle je me suis abrité du tumulte de la vie, Et le soutien qui n'a jamais failli malgré ma fatigue... À vous deux, j'élève le fruit de cet effort, en signe de reconnaissance et de gratitude que les mots ne sauraient exprimer.

À mon compagnon de route, et la moitié de mon âme, À celui dont la présence fut un réconfort, le silence un soutien, et l'encouragement une lumière dissipant mes ténèbres... Mon cher époux, À toi, la gratitude qui sied à la grandeur de ton soutien à mes côtés.

À mes frères et sœurs, Vous êtes le soutien qui ne vacille pas, et la bonne influence qui m'accompagne dans l'absence et la présence, À vous toute mon estime et mon affection sincère.

À mes petites respirations, et les éclats de ma vie, À Lina, Yassine, Youssef, Yasser et Al-Eid... Vous êtes le plus beau sens de ma vie, et la plus grande motivation derrière cette réussite... Je vous dédie ces pages, puissiez-elles être le commencement de ce qui est plus beau encore.

À mes collègues de mémoire de fin d'études, Vous avez partagé avec moi la fatigue, le temps et le rêve... Merci car le chemin fut plus beau en votre compagnie.

Et enfin, à mon professeur encadrant, Celui à qui revient le mérite, après Dieu, de m'avoir guidé et d'avoir façonné ce travail, À vous tout mon respect et ma gratitude, pour le temps, l'effort et le savoir que vous avez prodigués.

---

**BELLABACI**

## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes parents, pour leur soutien inconditionnel, leurs sacrifices et leurs encouragements constants tout au long de mon parcours académique.

À ma famille, source inépuisable d'amour et de motivation.

Votre présence et vos encouragements ont été essentiels à la réalisation de ce travail, À ma chère femme et à ma chère petite-fille, Nour El Yakine.

À mes collègues de mémoire de fin d'études, Vous avez partagé avec moi la fatigue, le temps et le rêve... Merci d'avoir rendu ce parcours plus beau grâce à vous.

À mes professeurs et à notre encadreur, qui ont su éveiller ma curiosité et guider mes pas dans ce domaine de recherche passionnant.

Votre expertise et vos conseils ont été fondamentaux.

À mes amis, qui ont partagé les joies et les défis de ces années d'études.

Votre soutien moral et vos moments de détente ont été précieux.

À tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire par leurs encouragements, leurs conseils ou leur simple présence.

**TRIKI**



## Dédicaces

Au nom de Dieu, le plus gracieux, le plus miséricordieux

Que la paix et les bénédictions soient sur notre maître Muhammad, le meilleur des messagers, ainsi que sur sa famille et ses compagnons, et maintenant, au fait... quiconque dit qu'il peut le faire l'obtiendra. Louange à Dieu pour la bonne fin et la conclusion. Je dédie ce travail à la lampe qui a éclairé mon chemin et à celui dont je porte le nom avec fierté, mon cher père, que tu aies une longue vie, et au sourire de la vie et au secret de l'existence, à celui dont les prières ont été le secret de ma réussite, ma chère mère, que Dieu la protège, et à la lumière de mes yeux et à la joie de mon cœur et au sens de l'amour et de la vie, mon cher fils « Asid », que Dieu te protège pour moi et te bénisse, et à la côte inébranlable qui ne dévie pas de celle dont j'ai été bénie comme soutien jusqu'à la vieillesse, mon cher mari et ses généreux parents, et à mes frères, la fierté, le soutien et les êtres chers, et à tous ceux qui m'ont offert un coup de main et une assistance, et à mes collègues et à mon professeur superviseur et à tous ceux qui nous ont appris une lettre tout au long de notre carrière universitaire... et à moi-même qui a parié sur le succès malgré les circonstances

Et leur dernière supplication sera : « Louange à Dieu, Seigneur des mondes ».

**BELAID SAFA**

## Résumé

Cette étude vise à investiguer le potentiel des huiles essentielles extraites de plantes de menthe comme alternative biologique sûre et efficace pour contrôler la pyrale des dattes, un ravageur majeur qui menace gravement les produits stockés et cause des pertes économiques significatives. Dans un effort pour trouver des solutions respectueuses de la sécurité alimentaire et ne compromettant pas la qualité des produits, une étude expérimentale a été menée pour évaluer l'efficacité de deux espèces de menthe : la menthe à longues feuilles (*Mentha longifolia*) et la menthe verte (*Mentha spicata*), ainsi que leur mélange, en tant qu'insecticides naturels. Les résultats ont montré une efficacité variable entre les espèces de menthe et les méthodes de lutte utilisées. Une très bonne efficacité a été observée par inhalation en utilisant l'huile essentielle de *Mentha longifolia* et le mélange, où les taux de mortalité ont atteint leur pic, avec des effets apparaissant dans les 12 heures. Inversement, l'huile essentielle de *Mentha spicata* a montré une efficacité limitée dans la plupart des méthodes, à l'exception de l'inhalation où le taux de mortalité a atteint son maximum en deux jours, avec des effets débutant après 24 heures, rendant son impact plus lent comparativement à *Mentha longifolia*. Ces découvertes préliminaires indiquent le potentiel prometteur de l'utilisation de l'huile essentielle de *Mentha longifolia* et de son mélange comme alternative biologique efficace et à action rapide pour contrôler la pyrale des dattes par inhalation. Ceci a été approfondi lors d'une expérience en cage en laboratoire, qui a démontré son efficacité comme insectifuge. Bien que *Mentha spicata* été montré une efficacité retardée, elle reste une option potentielle pour le contrôle biologique par inhalation. L'étude souligne l'importance de la poursuite de la recherche pour explorer la composition idéale et les méthodes d'application optimales de ces huiles, dans le but de développer des stratégies de lutte biologique durables et sûres pour le stockage des aliments.

**Mots-clés :** Huiles essentielles, *Mentha longifolia*, *Mentha spicata*, Lutte biologique, Pyrale des datt

## Abstract

This study aims to investigate the potential of essential oils extracted from mint plants as a safe and effective biological alternative for controlling the date moth, a major pest that severely threatens stored products and causes significant economic losses. In an effort to find solutions that are friendly to food safety and do not compromise product quality, an experimental study was conducted to evaluate the efficacy of two mint species: long-leaved mint (*Mentha longifolia*) and spearmint (*Mentha spicata*), as well as their mixture, as natural insecticides. The experiment involved applying the essential oils via inhalation for adult insects and direct contact for larvae, using various concentrations ranging from 100% to 10%. The results showed varying efficacy between the mint species and the control methods used. Very good efficacy was observed through inhalation using *Mentha longifolia* essential oil and the mixture, where mortality rates peaked, with effects appearing within 12 hours. Conversely, *Mentha spicata* essential oil showed limited efficacy in most methods, except for inhalation where the mortality rate peaked within two days, with effects beginning after 24 hours, making its impact slower compared to *Mentha longifolia*. These preliminary findings indicate the promising potential of using *Mentha longifolia* essential oil and its mixture as an effective and fast-acting biological alternative for controlling the date moth via inhalation. This was further explored in a laboratory cage experiment, which demonstrated its efficacy as an insect repellent. Although *Mentha spicata* exhibited a delayed efficacy, it remains a potential option for biological control through inhalation. The study emphasizes the importance of continued research to explore the ideal composition and optimal application methods for these oils, with the goal of developing sustainable and safe biological control strategies for food storage.

**Keywords:** Essential oils, *Mentha longifolia*, *Mentha spicata*, Biological control, Date moth.

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف إمكانية استخدام الزيوت الأساسية المستخلصة من نبات النعناع كبديل بيولوجي آمن وفعال لمكافحة آفة دودة التمر، التي تُعدّ من أخطر الآفات التي تهدد المخزون وتتسبب في خسائر اقتصادية فادحة. سعياً لإيجاد حلول صديقة للصحة الغذائية ولا تُفسد جودة المخزون، تم إجراء عمل تجريبي لتقييم فعالية نوعين من النعناع هما نعناع لونغيفوليا (*Mentha longifolia*) ونعناع اسبيكاتا (*Mentha spicata*)، بالإضافة إلى مزيجهما، كمبيدات حشرية طبيعية. شملت التجربة تطبيق طريقة الاستنشاق للحشرات البالغة والتلامس المباشر لليرقات، باستخدام تراكيز مختلفة من الزيوت الأساسية تتراوح من 10% إلى 100%. أظهرت النتائج فعالية متباينة بين أنواع النعناع وطرق مكافحة المستخدمة. فقد لوحظت فعالية جيدة جداً عن طريق الاستنشاق باستخدام زيت نعناع لونغيفوليا والمزيج، حيث بلغت نسبة الوفيات ذروتها، مع ظهور الأثر خلال 12 ساعة. أما بالنسبة لزيت نعناع اسبيكاتا، فقد أظهرت فعالية ضئيلة في معظم الطرق، باستثناء الاستنشاق الذي وصل فيه معدل الوفيات إلى ذروته خلال يومين، مع بدء ظهور الأثر بعد 24 ساعة، مما يجعله أقل سرعة في التأثير مقارنة بنعناع لونغيفوليا. تشير هذه النتائج الأولية إلى الإمكانيات الواعدة لاستخدام زيت نعناع لونغيفوليا ومزيجه كبديل بيولوجي فعال وسريع التأثير لمكافحة آفة دودة التمر عن طريق الاستنشاق، وهو ما استُكشف في التجربة الاختبارية للقفص الحشري التي أظهرت فعاليته كطارد للحشرات. وعلى الرغم من أن نعناع اسبيكاتا أظهر فعالية متأخرة، فإنه يبقى خياراً محتملاً للمكافحة البيولوجية عن طريق الاستنشاق. تؤكد الدراسة على أهمية مواصلة البحث لاستكشاف التركيبة المثالية وطرق التطبيق الأمثل لهذه الزيوت من أجل تطوير استراتيجيات مكافحة بيولوجية مستدامة وأمنة للمخزون الغذائي.

**الكلمات المفتاحية:** الزيوت الأساسية، نعناع لونغيفوليا، نعناع اسبيكاتا، مكافحة بيولوجية، دودة التمر.

## Liste d'abréviations

Abréviation	Désignation
DMSO	Diméthylsulfoxyde
°C	degré Celsius
G	Gramme
v/v	volume/ volume
HE	Huile essentiel
%	Pourcentage
<i>E. ceratoniae</i>	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>
APG	Angiosperm Phylogeny Group
D1/D2/D3/D4	Doses utilisés (10% ,25%,50%,100%)

## Liste des figures

N°	Intitulé	Page
<b>Figure 01</b>	- Schéma du palmier dattier	<b>06</b>
<b>Figure 02</b>	- Morphologie du fruit et de la graine du dattier	<b>07</b>
<b>Figure 03</b>	- Stades de développement et maturation des dattes	<b>08</b>
<b>Figure 04</b>	- Quelques principales variétés de dattes produites dans le Sahara algérien. A, Dattes de basse qualité ; B, Dattes de haute qualité	09
<b>Figure 05</b>	- oeuf d' <i>E.ceratoniae</i> Zeller	13
<b>Figure 06</b>	- Larve d' <i>E.ceratoniae</i> Zeller	14
<b>Figure 07</b>	- Chrysalide d' <i>E. ceratoniae</i>	14
<b>Figure 08</b>	- Adulte d' <i>E.ceratoniae</i> Zeller	15
<b>Figure 09</b>	- cycle biologique d' <i>E.ceratoniae</i> Zeller	15
<b>Figure 10</b>	- Dégâts d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> Zeller sur Deglet Nour	17
<b>Figure 11</b>	<i>Mentha spicata</i>	28
<b>Figure 12</b>	<i>Mentha longifolia</i>	28
<b>Figure13</b>	Substances actives des feuilles et des tiges de menthe	30
<b>Figure14</b>	Représentation schématique d'un extracteur de soxhlet	31
<b>Figure15</b>	Schéma du dispositif de l'hydrodistillation du type Clevenger utilisé	33
<b>Figure16</b>	Schéma méthode entraînement à la vapeur d'eau	34
<b>Figure17</b>	Schéma illustrant L'hydrodiffusion	34
<b>Figure18</b>	Schéma du montage de l'extraction par les solvants volatils	35
<b>Figure19</b>	Schéma du montage de l'extraction par CO2 supercritique	36
<b>Figure20</b>	Schéma du montage de l'extraction par micro-onde	37
<b>Figure21</b>	Situation géographique de la région du Souf	42
<b>Figure22</b>	Adultes de pyrale des dattes	43
<b>Figure23</b>	Larves de pyrale des dattes	43
<b>Figure24</b>	l'étuve de séchage	44
<b>Figure25</b>	l'appareil de Clevenger	44
<b>Figure26</b>	l'Huile Essentielle de menthe	45
<b>Figure27</b>	Préparation des solutions et émulsions des huiles essentielles	46
<b>Figure28</b>	Technique d'inhalation (Adultes)	47
<b>Figure29</b>	Technique de contact direct (Larves)	48
<b>Figure 30</b>	Cage entomologique pour l'effet attractif ou répulsif	48
<b>Figure 31</b>	L'évaluation de la mortalité des larves par contact	54
<b>Figure 32</b>	l'évaluation de la mortalité des adultes par L'inhalation	55

<b>Figure 33</b>	Les effets de contact de l'huile de <i>v. Spicatta</i> pour la mortalité des larves de la pyrale de la datte après 24 heures.	57
<b>Figure 34</b>	Les effets de contact de l'huile de <i>v. Longifolia</i> pour la mortalité des larves de la pyrale de la datte après 24 heures.	58
<b>Figure 35</b>	Les effets de contact de l'huile de Menthe mixte : ( <i>v. Spicatta</i> ) x ( <i>v. Longifolia</i> ) pour la mortalité des larves de la pyrale de la datte après 24 heures	58
<b>Figure 36</b>	Effet par inhalation d'huile de ( <i>v. Spicatta</i> ) sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes après 24 heures.	59
<b>Figure 37</b>	Effet par inhalation d'huile de ( <i>v. Longifolia</i> ) sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes après 24 heures	60
<b>Figure 38</b>	Effet par inhalation d'huile de (Menthe mixte) sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes après 24 heures	60
<b>Figure 39</b>	Effet de la D1 de l'huile ( <i>v. Spicatta</i> ), sur la mortalité des larves de la pyrale des dattes traitées par contact en fonction du temps.	62
<b>Figure 40</b>	Effet de la D3 de l'huile ( <i>v. Spicatta</i> ), sur la mortalité des larves de la pyrale des dattes traitées par contact en fonction du temps.	62
<b>Figure 41</b>	Effet de la D1 de l'huile ( <i>v. Longifolia</i> ), sur la mortalité des larves de la pyrale des dattes traitées par contact en fonction du temps.	62
<b>Figure 42</b>	Effet de la D3 de l'huile ( <i>v. Longifolia</i> ), sur la mortalité des larves de la pyrale des dattes traitées par contact en fonction du temps.	63
<b>Figure 43</b>	Effet de la D1 de l'huile (Menthe mixte), sur la mortalité des larves de la pyrale des dattes traitées par contact en fonction du temps	63
<b>Figure44</b>	Effet de la D3 de l'huile (Menthe mixte), sur la mortalité des larves de la pyrale des dattes traitées par contact en fonction du temps	63
<b>Figure 45</b>	Effet de la D1 de l'huile ( <i>v. Spicatta</i> ), sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes traitées par inhalation en fonction du temps.	64
<b>Figure 46</b>	Effet de la D3 de l'huile ( <i>v. Spicatta</i> ), sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes traitées par inhalation en fonction du temps.	65
<b>Figure 47</b>	Effet de la D1 de l'huile ( <i>v. Longifolia</i> ), sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes traitées par inhalation en fonction du temps	65
<b>Figure 48</b>	Effet de la D3 de l'huile ( <i>v. Longifolia</i> ), sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes traitées par inhalation en fonction du temps	65
<b>Figure 49</b>	Effet de la D1 de l'huile (Menthe mixte), sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes traitées par inhalation en fonction du temps	66
<b>Figure 50</b>	Effet de la D3 de l'huile (Menthe mixte), sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes traitées par inhalation en fonction du temps	66

## Liste des tableaux

N°	Intitulé	Page
<b>Tableau 01</b>	Les différentes espèces de menthe forment un genre ( <i>Mentha</i> ).	27
<b>Tableau 02</b>	Composition de l'huile de menthe	37
<b>Tableau 03</b>	Doses utilisées dans le test de contact et inhalation pour l'huile essentielle de menthe.	45
<b>Tableau 04</b>	Les dilutions utilisées dans le traitement.	46
<b>Tableau 05</b>	Table de transformation des pourcentages en probit	51
<b>Tableau 06</b>	Évaluation de la mortalité cumulative des larves par contact	53
<b>Tableau 07</b>	Mortalité cumulée des adultes par inhalation de l'huile essentielle de menthe.	55
<b>Tableau 08</b>	Calcul de DL50 et DL90 correspondants aux 24 heures d'observation chez les larves de la pyrale des dattes traitées par l'huile de v. Sp.	57
<b>Tableau 09</b>	Calcul de DL50 et DL90 correspondants aux 24 heures d'observation chez les larves de la pyrale des dattes traitées par l'huile de v. <i>Longifolia</i>	57
<b>Tableau 10</b>	Calcul de DL50 et DL90 correspondants aux 24 heures d'observation chez les larves de la pyrale des dattes traitées par l'huile de v. mixte	58
<b>Tableau 11</b>	Calcul de DL50 et DL90 correspondants aux 24 heures d'observation chez les adultes de la pyrale des dattes traitées par l'huile de v. <i>Spicatta</i>	59
<b>Tableau 12</b>	: Calcul de DL50 et DL90 correspondants aux 24 heures d'observation chez les adultes de la pyrale des dattes traitées par l'huile de v. <i>Longifolia</i>	59
<b>Tableau 13.</b>	: Calcul de DL50 et DL90 correspondants aux 24 heures d'observation chez les adultes de la pyrale des dattes traitées par l'huile de mixte	60
<b>Tableau 14.</b>	: Calcul de TL50 et TL90 correspondant aux doses D1 (100 µL/ml) et D3 (500 µL/ml) pour les larves de la pyrale des dattes traitées par l'huile de deux variétés de menthe (v. <i>Spicatta</i> ), (v. <i>Longifolia</i> ) et les deux variétés (mixte)	61
<b>Tableau 15</b>	Calcul de TL50 et TL90 correspondant aux doses D <sub>1</sub> (100 µL/ml) et D <sub>3</sub> (500 µL/ml) pour les adultes de la pyrale des dattes traitées par l'huile de deux variétés de menthe (v. <i>Spicatta</i> ), (v. <i>Longifolia</i> ) et les deux variétés mixte	64

# Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste d'abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 1

*Synthèse bibliographique*

*Chapitre I : Palmiers dattiers et pyrale des dattes*

**I.1/ Généralités sur le palmier dattier *Phoenix dactylifera* ..... 5**

**I.1.1/ Caractéristiques et taxonomie du palmier dattier..... 5**

**I.1.2/ Classification des dattiers..... 6**

**I.2/ Le palmier dattier ..... 7**

**I.2.1/ Description des dattes..... 7**

**I.2.2/ Phénologie des dattes..... 7**

**I.2.3/ Classification des dates..... 8**

**I.2.4/ Variétés des dattes..... 8**

**I.2.5/ Conservation des dates..... 9**

**I.3/ Importance du palmier dattier..... 9**

**I.3.1/ Mondiale..... 10**

**I.3.2/ En Algérie..... 11**

**I.3.3/ Dans la wilaya d'El Oued..... 11**

**I.4/ Principaux ennemis des dattiers ..... 11**

**I.5/ Ravageur du palmier dattier (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller)..... 12**

**I.5.1/ Historique..... 12**

**I.5.2/ Généralités sur la pyrale des dattiers (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller)..... 12**

<b>I.5.3/ Systématique.....</b>	<b>12</b>
<b>I.5.4/ Plantes hôtes.....</b>	<b>12</b>
<b>I.5.5/ Morphologie et Description.....</b>	<b>13</b>
<b>I.5.5-A / Oeuf .....</b>	<b>13</b>
<b>I.5.5-B/ Larve .....</b>	<b>13</b>
<b>I.5.5-D/Papillon adulte .....</b>	<b>14</b>
<b>I.5.6/Cycle biologique.....</b>	<b>15</b>
<b>I.5.7/ Caractéristiques biologiques.....</b>	<b>16</b>
<b>I.5.7-A. Accouplement.....</b>	<b>16</b>
<b>I.5.7-B. Ponte .....</b>	<b>16</b>
<b>I.5.7-C/ Eclosion .....</b>	<b>16</b>
<b>I.5.8/Dommages.....</b>	<b>17</b>
<b>I. 5.9/Méthodes de lutte.....</b>	<b>17</b>
<b>I. 5.10. Moyens de lutte.....</b>	<b>18</b>
<b>I. 5.10.1. Lutte chimique .....</b>	<b>18</b>
<b>I. 5.10.2. Lutte biologique .....</b>	<b>18</b>
<b>I. 5.10.3. Lutte physique.....</b>	<b>19</b>
<b>I. 5.10.4. Lutte microbiologique .....</b>	<b>19</b>

## ***Chapitre II : Lutte biologique***

<b>II. 1/Définition.....</b>	<b>21</b>
<b>II.2 / Historique .....</b>	<b>21</b>
<b>II.3/ Biopesticides .....</b>	<b>21</b>
<b>II.4 / Types des Biopesticides.....</b>	<b>22</b>
<b>II.4.1. Bio insecticides .....</b>	<b>22</b>
<b>II.4.2. Bio herbicides .....</b>	<b>22</b>
<b>II.5. Mode d'action des biopesticides d'origine végétale .....</b>	<b>22</b>
<b>II.5.1. Mécanismes biologiques.....</b>	<b>22</b>
<b>II.5.2. Utilisation des Biopesticides insecticide et herbicides en Algérie.....</b>	<b>23</b>

## ***Chapitre III : Plante étudiée (Menthe)***

<b>III-1/ La menthe en general.....</b>	<b>25</b>
---	-----------

<b>III.1.1 / Description de la menthe .....</b>	<b>25</b>
<b>III.1.2 / Classification .....</b>	<b>26</b>
<b>III.1.2.1 Classification classique .....</b>	<b>26</b>
<b>III.1.2.2. Classification phylogénétique (APG II) .....</b>	<b>26</b>
<b>III.1.3 .1. Les deux espèces étudiées .....</b>	<b>28</b>
<b>III.1.3 .1. A / Menthe verte (<i>Mentha spicata</i>).....</b>	<b>28</b>
<b>III.1.3 .1. B / Menthe <i>longifolia</i> 'Buddleia' .....</b>	<b>28</b>
<b>III.1.4 / Importance et utilisations de la menthe .....</b>	<b>29</b>
<b>III.1.5 / Importance et utilisations des feuilles et des tiges de menthe .....</b>	<b>29</b>
<b>III.1.6 / Substances actives des feuilles et des tiges de menthe.....</b>	<b>29</b>
<b>III.1.7/ Caractéristiques physiques des feuilles et des tiges de menthe.....</b>	<b>30</b>
<b>III.1.8/ Caractéristiques chimiques de la menthe .....</b>	<b>30</b>
<b>III.1.9/ Extraction d'huile végétale et Technique d'extraction .....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.9.1. Extraction par Soxhlet.....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.9.2. Hydrodistillation .....</b>	<b>32</b>
<b>III.1.9.3. Entraînement à la vapeur d'eau .....</b>	<b>33</b>
<b>III.1.9.4. L'hydrodiffusion .....</b>	<b>34</b>
<b>III.1.9.5. Autres procédés .....</b>	<b>35</b>
<b>III.1.9.5.1. L'extraction par les solvants volatils.....</b>	<b>35</b>
<b>III.1.9.5.2. Extraction au CO2 supercritique .....</b>	<b>36</b>
<b>III.1.10/ Constituants de l'huile de menthe.....</b>	<b>37</b>
<b>III.1.11/ Informations générales sur l'huile végétale brute .....</b>	<b>38</b>
<b>III.1.12/ Utilisation de l'huile de menthe.....</b>	<b>38</b>
<b>III.1.13/ Techniques d'extraction de l'huile de menthe .....</b>	<b>38</b>
<b>III.1.14/ Toxicité de l'huile de menthe.....</b>	<b>38</b>
<b>III.1.15/ Propriétés insecticides de l'huile de menthe .....</b>	<b>40</b>
<b>III.1.16/ Conservation de l'huile essentielle de menthe .....</b>	<b>40</b>

## ***Chapitre IV : Partie Expérimentale***

<b>IV.1.1 / Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>43</b>
<b>IV.1.2 / Matériel utilisé.....</b>	<b>44</b>
<b>IV.1.2.1 / Équipement de laboratoire .....</b>	<b>44</b>
<b>IV.1.2.2 / Matériels animales .....</b>	<b>44</b>
<b>IV.1.3/ Matériel végétal.....</b>	<b>45</b>
<b>IV.1.4/ Méthodes expérimentales.....</b>	<b>45</b>
<b>IV.1.4.1/ Étapes d'extraction de l'huile essentielle de menthe.....</b>	<b>45</b>
<b>IV.1.4.2/ Calcul du rendement .....</b>	<b>46</b>
<b>IV.1.5/ Test de l'activité insecticide de l'huile essentielle de menthe.....</b>	<b>46</b>
<b>IV.1.6/ Effet attractif ou répulsif des huiles essentielles de menthe sur les pyrales des dattes (adultes) .....</b>	<b>49</b>
<b>IV.1.7 / Évaluation de la mortalité des larves de la pyrale des dattes par effet de contact.....</b>	<b>50</b>
<b>IV.1.8/ Évaluation de la mortalité des adultes par inhalation.....</b>	<b>50</b>
<b>IV.2. Analyse des résultats .....</b>	<b>50</b>
<b>IV .2.1/ Calcul de la mortalité observée et corrigée.....</b>	<b>50</b>
<b>IV .2.2 / Calcul des doses et des temps létaux.....</b>	<b>50</b>
<b>IV .2.2.1/ Détermination des doses létales DL50 et DL90 .....</b>	<b>51</b>
<b>IV .2.2.2/ Détermination des temps létaux TL50 et TL90.....</b>	<b>51</b>

## ***Chapitre V : Résultats et discussion***

<b>V .1/ Estimation du rendement : .....</b>	<b>54</b>
<b>V .2/ Test de l'activité insecticide de l'huile essentielle de menthe.....</b>	<b>54</b>
<b>V.2.1/ Effet des doses d'huile végétale de menthe sur les larves d'E. Ceratoniae Zeller.....</b>	<b>54</b>
<b>V.2. 2 / Évaluation de la mortalité cumulative des adultes de la pyrale des dattes traités par inhalation avec l'huile de menthe.....</b>	<b>55</b>
<b>V.2.3. Évaluation d'Effet répulsif des huiles essentielles de menthe sur les pyrales des dattes (adultes).....</b>	<b>57</b>
<b>V .3 Calcul des DL50 et DL90 et TL 50 et TL90 :.....</b>	<b>57</b>
<b>V .3.1. Calcul des DL50 et DL90.....</b>	<b>57</b>

V .3.1.1. Les larves.....	57
V .3.1.2. Les adultes.....	60
<b>V .3.2. Calcul des TL50 et TL90.....</b>	<b>62</b>
V .3.2.1. Les larves.....	62
V .3.2.2. Les adultes.....	65
<b>V.4/ Discussion générale.....</b>	<b>67</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>70</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>73</b>

# *Introduction générale*

## **Introduction générale**

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) est une espèce végétale d'une importance économique et nutritionnelle capitale dans les régions arides et semi-arides (**Al-Shahib et Marshall, 2003**), particulièrement en Algérie où il est cultivé depuis des millénaires (**Bouguedoura, 1991**).

La datte, en tant qu'aliment de base et ressource économique vitale, est malheureusement soumise à des menaces importantes de la part de divers ravageurs. Parmi eux, la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae*), également connue sous le nom de fausse teigne des dattes, représente une préoccupation majeure (**Djerbi, 1994**).

Cette chenille polyphage, stade larvaire d'un petit papillon nocturne, cause des dégâts considérables aux dattes, tant sur l'arbre en maturation qu'après récolte durant le stockage, se manifestant par des galeries et une souillure des fruits, entraînant ainsi une dépréciation qualitative et quantitative significative (**Benaddoun, 1987**).

Ces pertes sont particulièrement ressenties dans des zones clés comme la région d'Oued Souf, réputée pour sa production abondante de dattes de haute qualité et où cette activité représente une source de revenus principale pour les habitants.

Face aux pertes économiques et à la diminution de la qualité nutritionnelle induites par ce ravageur, et dans le contexte d'une prise de conscience mondiale croissante envers des pratiques agricoles et alimentaires durables et sûres, l'intérêt pour des alternatives naturelles aux insecticides chimiques traditionnels s'intensifie. C'est dans ce cadre que la lutte biologique, s'appuyant sur l'utilisation d'agents naturels pour limiter la propagation des ravageurs et leurs dommages, émerge comme une stratégie prometteuse (**Bensadoun et al., 2020**).

Parmi ces alternatives, les huiles essentielles extraites de plantes aromatiques et médicinales suscitent un intérêt particulier en raison de leurs propriétés insecticides potentielles et de leurs effets moins préjudiciables sur l'environnement et la santé humaine (**Belaidi et Kouider Djelloul, 2021**).

Le genre *Mentha* (menthe) est reconnu pour sa richesse en huiles essentielles aux arômes puissants et aux propriétés biologiques variées, et de nombreuses études ont déjà mis en évidence leur potentiel dans la lutte contre un large éventail de ravageurs entomologiques (**Adouane, 2023**).

## ***Introduction générale***

---

Notre étude se propose d'évaluer l'efficacité des huiles essentielles extraites de deux espèces spécifiques de menthe, à savoir *Mentha longifolia* (menthe à longues feuilles) et *Mentha spicata* (menthe verte), ainsi que de leur mélange, en tant qu'agents de lutte biologique potentiels contre la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae*) qui menace les stocks dans des régions comme Oued Souf.

La recherche examinera l'efficacité de ces huiles essentielles appliquées selon différentes méthodes, dans le but de contribuer au développement de stratégies alternatives de gestion des ravageurs dans la culture du palmier dattier, favorisant ainsi une approche plus durable et respectueuse de l'environnement pour préserver la qualité et la quantité des stocks de dattes dans cette région vitale.

Le présent travail est structuré en deux grandes parties, visant à offrir une approche exhaustive du sujet : une partie théorique posera les bases fondamentales nécessaires à la compréhension de notre problématique, se déclinant en trois chapitres (le palmier dattier et la pyrale des dattes, la lutte biologique, et la plante étudiée - Menthe) ; et une partie pratique décrira et analysera les expérimentations menées, s'organisant en deux sections principales (la partie expérimentale détaillant les protocoles et méthodes, et les résultats et discussion présentant les données obtenues et leur interprétation). L'ensemble de ces travaux sera finalement synthétisé dans une conclusion générale, offrant une vue d'ensemble des principales découvertes et ouvrant des perspectives pour de futures recherches.

# *Synthèse bibliographique*

# ***Chapitre I :***

## *Palmiers dattiers et pyrale des dattes*

## I.1/ Généralités sur le palmier dattier *Phoenix dactylifera* :

En 1734, Linné a établi la nomenclature *Phoenix dactylifera* et fourni une description morphologique exhaustive de cette espèce. De plus, divers auteurs (Munier, 1973 ; Lunde, 1978 ; Djerbi, 1994 ; Ferry, 1994 ; Peyron, 2000 ; Zaid et al., 2002) ont analysé la signification de *Phoenix dactylifera*. Sur le plan étymologique, le terme "Phœnix" trouve son origine dans le nom grec du dattier, que les Grecs associaient à l'arbre des Phéniciens.

Quant à "dactylifera", il provient du latin "dactylus", lui-même dérivé du grec "dactylis", signifiant doigt, en référence à la forme du fruit. Les recherches d'**Aoudah-Ibrahim (2011)** ont mis en lumière que les termes "dactylis" ou "Datte" trouvent leur origine dans les mots hébraïques "Daguel" ou "Dachel", dont la signification est "doigts". Bien que sa culture remonte à l'Antiquité, aucune trace fossile de *Phoenix* n'a été découverte à ce jour dans les régions où le palmier dattier est actuellement cultivé.

Le palmier dattier est une plante des régions arides et sahariennes. Il est cultivé au Moyen-Orient, en Afrique du Nord, dans une partie du centre et du Sud d'Amérique, au Sud d'Europe, en Inde et au Pakistan (**Al-shahib et Marshall, 2003**). Le palmier dattier se caractérise par son fruit, doté d'un intérêt alimentaire et médicinal. La datte est intégrée dans l'alimentation humaine quotidienne depuis des milliers d'années et constitue un des éléments essentiels du régime alimentaire des populations sahariennes. Le palmier dattier représente la culture prédominante des régions arides et semi-arides (**Mohammed et al., 1996**). Figurant parmi les espèces fruitières cultivées depuis l'Antiquité la plus reculée (FERNAND et al., 1995), il exerce une influence significative sur la vie économique et sociale des populations de ces zones.

En Algérie, le palmier dattier se concentre dans les régions situées au sud de l'Atlas saharien (**Bouguedoura, 1991**). Le patrimoine phoenicicole algérien comprend plus de 11 millions de palmiers, répartis sur neuf wilayas sahariennes : Biskra, El-Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Béchar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf (**Belguedj, 2007**). Le palmier dattier est également présent dans d'autres wilayas situées dans des zones de transition entre la steppe et le Sahara, considérées comme "marginales" par rapport aux palmeraies sahariennes : Naama, El Bayadh, Laghouat et Djelfa (**Belguedj, 2007**).

### I.1.1/ Caractéristiques et taxonomie du palmier dattier

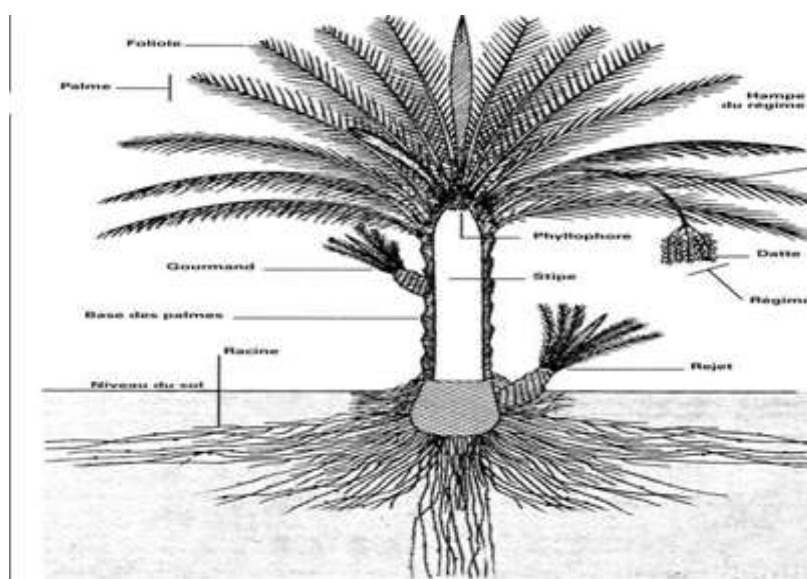
Le nom scientifique du palmier dattier, *Phoenix dactylifera* L., tire son origine du mot "Phoenix", qui désignait le dattier chez les Phéniciens, et de "dactylifera", dérivé du grec "dactulos" signifiant doigt, en référence à la forme du fruit (**Djerbi, 1994**).

*Phoenix dactylifera* est une espèce dioïque, monocotylédone, appartenant à la famille des Arecaceae. La classification du palmier dattier dans le règne végétal est rappelée ci-dessous selon Mallhi *et al.* (2014).

### I.1.2/ Classification des dattiers

C'est Linné qui a nommé le palmier dattier *Phoenix dactylifera* en 1734.

Sur le plan botanique, le dattier est une plante angiosperme monocotylédone appartenant à la famille des Arecaceae (désignée ainsi depuis 1832), anciennement appelée Palmaceae (1789) (Bouguedoura, 1991). Cette famille, l'une des plus étudiées en systématique parmi les plantes tropicales, comprend 200 genres et environ 2700 espèces, subdivisées en six sous-familles (Idder, 2008), Le schéma général du palmier dattier est illustré dans la (Figure 01).



**Figure 01** - Schéma du palmier dattier (Munier, 1973)

Le genre *Phoenix* comprend au minimum douze espèces, la plus célèbre étant *dactylifera*, dont les fruits, les dattes, constituent un produit d'un commerce international significatif (Espiard, 2002). La classification du palmier dattier, selon Munier (1973) est comme suit :

- **Règne** : Plantae
- **Sous-règne** : Tracheobionta
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Liliopsida
- **Sous-classe** : Arecidae
- **Ordre** : Arecales
- **Famille** : Arecacea
- **Genre** : *Phoenix*
- **Espèce** : *Phoenix dactylifera* L.

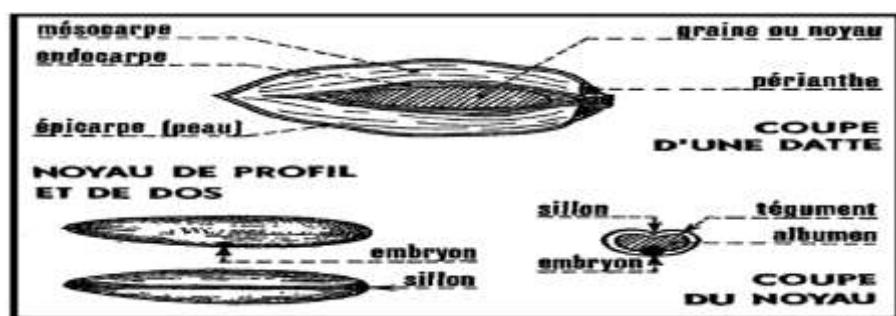
## I.2/ Le palmier dattier

### I.2.1/ Description des dattes

La datte, fruit du palmier dattier, est une baie qui présente une forme allongée ou arrondie. Sa structure comprend un noyau de consistance dure, enveloppé par la chair. La partie comestible de la datte, appelée chair ou pulpe (**Ben mbarek et Deboub, 2015**) est constituée de :

- Un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau.
- Un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et est de couleur soutenue.
- Un endocarpe de teinte plus claire et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau (**Belaroussi, 2019**).

La taille des dattes est très variable, allant de 2 à 8 cm de longueur, et leur poids oscille entre 2 et 8 grammes en fonction des variétés. Leur couleur présente un large spectre, allant du blanc jaunâtre au noir, en passant par des teintes ambrées, rouges et brunes plus ou moins foncées (**NOUI, 2007**), Ces caractéristiques morphologiques du fruit et de la graine du dattier sont détaillées dans la (**Figure 02**).

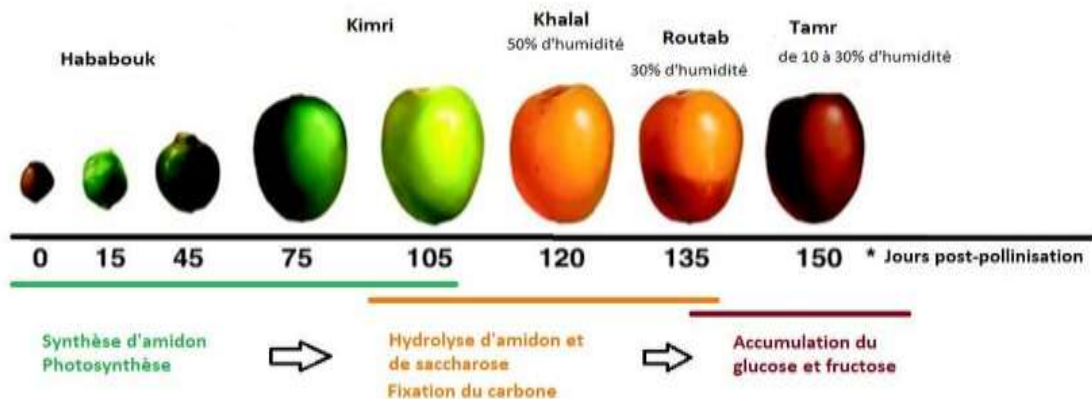


**Figure 02-** Morphologie du fruit et de la graine du dattier (**Munier, 1973**)

### I.2.2/ Phénologie des dattes

Le cycle phénologique du palmier dattier débute avec la sortie des spathes, une phase qui signale la période de floraison de l'arbre. Ce stade se caractérise par l'apparition et la croissance des spathes jusqu'à leur plein développement. La seconde étape est l'ouverture des spathes, qui se manifeste par leur éclosion après avoir atteint leur développement normal. Ce signe distinctif annonce l'imminence de la pollinisation, qui est réalisée dès que les spathes atteignent leur réceptivité.

Généralement, un délai spécifique s'écoule entre l'ouverture des spathes et la fécondation (**Amorsi, 1975**). Selon l'Institut International des Ressources Phytogénétiques I.P.G.R.I (2005), Le palmier dattier issu de rejet, connaît quatre phases de développement, Les différents stades de développement et de maturation des dattes sont clairement illustrés dans la (**Fig 03**)



**Fig 03-** Stades de développement et maturation des dattes (Al-Mssallem *et al.*, 2013).

Phase I : rejet non encore productif (0 à 2 ans).

Phase II : jeune (3 à 10 ans).

Phase III : adulte (11 à 60 ans).

Phase IV : vieux (> 60 ans).

### I.2.3/ Classification des dates

La classification la plus courante des dattes repose sur leur consistance. On distingue principalement trois grandes catégories (Berrabeh et Bennour, 2018) :

- **Dattes molles** : taux d'humidité supérieur ou égal à 30%, elles sont à base de sucres invertis (fructose, glucose), exemple : Ghars
- **Dattes demi molles** : de 20 à 30% d'humidité, elles occupent une position Intermédiaire à l'exception de la "Deglet Nour", datte à base de saccharose par excellence (Difli et Fattouche, 2019).
- **Dattes sèches** : dures, avec moins de 20% d'humidité, riche en saccharose. Elles ont une texture farineuse, exemple : Degla Beida (Touati, 2019).

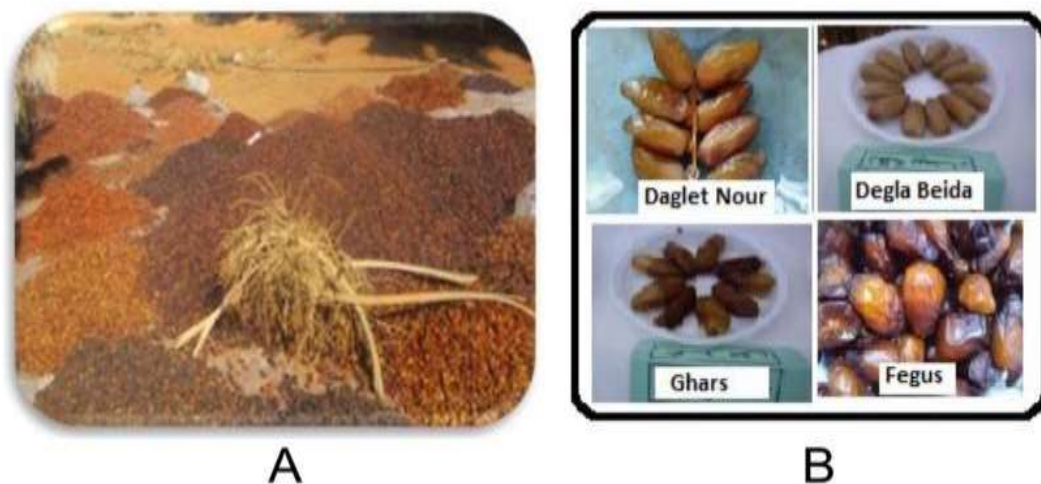
### I.2.4/ Variétés des dattes

Les variétés de dattes sont extrêmement diversifiées et se distinguent par leur saveur, leur consistance, leur forme, leur couleur, leur poids et leurs dimensions (Noui, 2007).

En Algérie, les principales variétés cultivées incluent la Deglet Nour, qui constitue le cultivar le plus abondant dans toutes les palmeraies du Sud-Est algérien (SAYAH, 2018) et représente la variété commerciale par excellence.

La Deglet Nour est une datte semi-molle, largement considérée comme la meilleure variété en raison de son apparence, de son onctuosité et de sa saveur. À pleine maturité, elle arbore une couleur brune ambrée avec un épicarpe lisse, légèrement plissé et brillant, tandis que son mésocarpe présente une texture fine et légèrement fibreuse (Noui, 2007).

En contraste, les variétés communes, telles que Ghars, Degla Beida et Mech-Degla (Noui, 2007), revêtent une importance économique moindre par rapport à la Deglet Nour, bien qu'elles soient parmi les plus répandues, La (Fig 04) présente quelques-unes des principales variétés de dattes produites dans le Sahara algérien, distinguant les dattes de basse qualité (A) et de haute qualité (B).



**Fig 04-** Quelques principales variétés de dattes produites dans le Sahara algérien. A, Dattes de basse qualité ; B, Dattes de haute qualité. (Boulal et Khelafi, 2019).

### I.2.5/ Conservation des dates

L'être humain a initialement développé le séchage comme première méthode de conservation, qui a ensuite été complétée par le salage. Par la suite, des techniques de conservation par le sucre, le vinaigre et l'ajout d'additifs ont émergé. Plus récemment, la conservation par la chaleur et, grâce aux avancées technologiques significatives, par le froid, ont fait leur apparition. Étant donné la sensibilité de la variété Deglet Nour à l'altération et sa mauvaise conservation sur les lieux de production, les opérateurs nationaux sont confrontés à des difficultés majeures.

La FAO a estimé les pertes de cette variété à plus de 6 %. Avec une production de 430 000 tonnes, cela représente une perte de 25 800 tonnes. Au prix de 90 DA le kilogramme, cette perte se traduit par un manque à gagner de 2 322 millions de DA. Cette altération est d'autant plus significative que les conditions de stockage et d'entreposage ne sont pas appropriées (Leraillez, 1952). Le stockage des dattes prêtes à la vente permet d'étaler et de régulariser leur commercialisation. Les essais de conservation par le froid ont permis de définir les températures de conservation des dattes Deglet-Nour, stabilisées et complètement mûres.

### I.3/ Importance du palmier dattier

Le palmier dattier constitue une ressource écologique, économique et sociale d'une importance capitale pour de nombreux pays des zones arides, qui figurent parmi les plus défavorisées de la planète. Cette espèce se développe principalement dans les régions arides et semi-arides du globe, et le Sahara algérien est reconnue comme une zone de culture privilégiée pour le palmier dattier (**Ministère de l'agriculture algérienne, 2019**).

Environ 54% sont de la variété Deglet Nour, 28% sont des dattes sèches et les 18% restants sont des dattes molles. En comparaison avec la campagne précédente, la production globale de dattes a enregistré un taux de croissance positif de 3%. Cette augmentation est due à la Deglet Nour et aux dattes sèches, qui ont connu des croissances respectives de 5% et 4% (**O.N.S, 2017**). Le palmier dattier joue un rôle de catalyseur, stimulant et facilitant diverses activités agricoles, industrielles et commerciales dans les régions phoenicicoles (**Benali et al., 2005**).

### **I.3.1/ Mondiale**

À l'échelle mondiale, la superficie consacrée à la culture du palmier dattier a connu une augmentation, passant de 7 570 764 hectares en 1994 à 10 353 159 hectares en 2016. Parallèlement, et sur la même période, la production a progressé de 4 569 532 tonnes à 8 460 443 tonnes (**FAOSTAT, 2018**). On estime à 100 millions le nombre de palmiers dattiers à travers le monde, répartis dans une trentaine de pays. L'Afrique en compte environ 32,5 millions (notamment en Algérie, Égypte, Libye, Mali, Mauritanie, Niger, Soudan, Tchad et Tunisie), l'Asie en abrite 60 millions, l'Amérique 600 000, l'Europe 320 000 et l'Australie 30 000 (**Djerbi, 1994**). La production mondiale de dattes, bien que variable, revêt une importance économique considérable (**Aberlenc-Bertossi, 2012**). On estime à plus de 100 millions le nombre de palmiers dattiers à travers le globe.

La répartition géographique révèle que l'Asie occupe la première place avec 60 millions de palmiers (notamment en Arabie Saoudite, Bahreïn, Émirats Arabes Unis, Iran, Irak, Koweït, Oman, Pakistan, Turkménistan et Yémen), suivie de l'Afrique avec 32,5 millions de palmiers (Algérie, Égypte, Libye, Mali, Maroc, Mauritanie, Niger, Somalie, Soudan, Tchad et Tunisie). Les principaux pays producteurs de dattes se situent au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. La production mondiale de dattes est évaluée à 7,30 millions de tonnes, dont environ 70% proviennent des pays arabes, avec des quantités plus modestes produites en Espagne, au Mexique, au Yémen et en Palestine. L'Égypte se positionne comme le premier producteur mondial, avec environ 1 470 000 tonnes, représentant 18,5% de la production mondiale (**FAO, 2013**).

### I.3.2/ En Algérie

L'Algérie est un pays phoenicicole important. Selon les statistiques de 2015 du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, le palmier dattier couvre une superficie d'environ 167 000 hectares, avec un nombre de palmiers estimé à plus de 18,6 millions d'unités et une production de dattes, toutes variétés confondues, de près de 990 000 tonnes.

En termes de production, l'Algérie se classe au troisième rang mondial avec 1 029 596 tonnes, derrière l'Égypte et l'Iran (FAO STAT, 2018). En Algérie, le palmier dattier est implanté dans diverses oasis réparties à travers le sud du pays, notamment l'Oued Souf, la cuvette d'Ouargla, les Zibans, le Mzab, le Touat, le Gourara, le Tidikelt et la Saoura (Ministère de l'agriculture algérienne, 2019).

Cette culture contribue significativement à l'amélioration des conditions de vie des populations de ces régions. En effet, le palmier dattier constitue une source de produits variés, générant annuellement des dattes, des palmes, des régimes, etc. La datte représente traditionnellement un aliment de base pour les habitants du sud, tout en étant un produit commercial important pour l'économie locale.

### I.3.3/ Dans la wilaya d'El Oued

Pour les habitants de l'Oued Souf, le palmier dattier constitue la principale source de revenus et de subsistance, représentant une espèce parfaitement adaptée aux conditions environnementales locales. Les diverses configurations des plantations forment une structure agraire d'une originalité remarquable et jouent un rôle essentiel de régulateur écologique. La palmeraie représente une occupation spatiale qui témoigne d'un ancien territoire phoenicicole, où les acteurs sont les dépositaires de traditions agricoles uniques (Senoussi, 2000).

La production totale de dattes dans la wilaya d'El Oued fluctue d'une année à l'autre. Durant la saison 2023/2024, elle a été estimée à plus de 1,2 million de quintaux (120 000 tonnes), toutes variétés confondues, dont plus de 728 000 quintaux étaient de la variété Deglet Nour.

### I.4/ Principaux ennemis des dattiers

Selon Munier (1973), le palmier dattier est malheureusement confronté à plusieurs contraintes majeures, notamment les maladies et les ravageurs. Parmi ceux-ci figurent le Bayoud ou fusariose (causée par *Fusarium oxysporum*), la pourriture des inflorescences ou Khamedj (*Mauginiella scaettae*), l'acariose due au Boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus*), le ravageur du rachis ou Bouguassas (*Apatemonachus*), la pyrale de la datte (*Ectomyelois ceratoniae*) et la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi*). Ces ennemis et maladies

engendrent des pertes de production considérables et peuvent même conduire à la disparition de certaines variétés (Dakhia et al., 2013).

## **I.5/ Ravageur du palmier dattier (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller)**

### **I.5.1/ Historique**

La pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae*) est reconnue comme le ravageur le plus redoutable de ce fruit et constitue un obstacle majeur à son exportation (Idder-Ighili, 2008 ; Idder, 2011).

### **I.5.2/ Généralités sur la pyrale des dattiers (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller)**

*Ectomyelois ceratoniae* Zeller, communément appelé le ver de la datte, est un lépidoptère présent dans toutes les régions productrices de dattes. Selon Doumandji (1981), cette espèce présente deux zones principales de multiplication en Algérie : une bande littorale de 40 à 80 km de large s'étendant sur près de 1000 km, et l'ensemble des oasis. Il infeste les dattes directement sur le palmier dans les champs, et sa prolifération se poursuit ensuite dans les entrepôts (Munier, 1973 et Djerbi, 1996).

### **I.5.3/ Systématique**

La pyrale des dattes est une espèce nuisible car elle vit sur le fruit mur ou proche de la maturité auquel elle cause des dégâts considérables (Balachowsky, 1972).

- **Embranchement** : Arthropoda
- **Sous embranchement** : Mandibulata
- **Classe** : Insecta
- **Ordre** : Lépidoptera
- **Famille** : Pyralidae
- **Sous famille** : Physcitinae
- **Genre** : *Ectomyelois*
- **Espèce** : *Ectomyelois ceratoniae*.

### **I.5.4/ Plantes hôtes**

*Ectomyelois ceratoniae* Zeller est une espèce phytophage très diversifiée. Selon Doumandji (1981), elle est recensée sur 49 espèces de plantes hôtes à travers le monde, dont 32 en Algérie, avec une concentration de 25 espèces dans la région de la Mitidja. En Algérie, les hôtes principaux et les plus importants sont le Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), le Néflier du Japon (*Eriobotrya japonica*), l'Oranger (*Citrus sinensis* L.), le Grenadier (*Punica granatum* L.) et le Palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Viennent ensuite, de manière secondaire, le Cassier (*Acacia farnesiana* L.) et le R'Tem (*Retama bovei* L.). Des plantes telles que l'Amandier (*Prunus amygdalus* L.), l'Abricotier (*Prunus armeniaca* L.) et le figuier (*Ficus carica* L.) sont signalées comme hôtes occasionnels.

### I.5.5/ Morphologie et Description

#### I.5.5-A / Oeuf

L'œuf possède une forme oblongue dont la dimension la plus grande est de 0.8 mm. Blanc au début, il acquiert une coloration rose au bout de 24 heures. Il est entouré par une cuticule translucide. Sa surface présente un aspect réticulé (**Doumandji, 1981**). **Le Berre (1978)**, rapporte qu'il y a un léger aplatissement qui peut se manifester au niveau de la zone d'adhérence au substrat, La morphologie caractéristique de l'œuf d'*E. ceratoniae* Zeller est illustrée à la (**Fig 05**).



**Fig 05:** Oeuf d'*E.ceratoniae* Zeller (**Ben salah,2016**)

#### I.5.5-B/ Larve

Les larves de ce ravageur sont éruciformes, arborant une couleur rose ou blanc jaunâtre, avec une tête brune. La coloration du corps varie en fonction du type de fruit infesté (**Doumandji, 1981**). Leur croissance s'effectue par des mues successives, entraînant une augmentation de la longueur des chenilles. Selon **Le Berre (1978)**, leur longueur atteint 18 mm pour une largeur allant de 0,1 à 3 mm. Doumandji (1981) précise qu'au dernier stade larvaire, la chenille peut mesurer entre 12 et 15 mm de long et avoir un diamètre de 1 à 1,5 mm. Le corps de la chenille d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller est segmenté en 12 parties, en plus du segment céphalique (**Le Berre, 1978**), La (**Fig 06**) illustre la larve d'*E. ceratoniae* Zeller.



**Fig 06-** Larve d'*E.ceratoniae* Zeller (**Somia Torki, 2023**)

### I.5.5-C/ Nymphe

Elle mesure environ 8 mm de longueur et possède un corps de forme cylindro-conique (**Doumandji, 1981**). Son enveloppe chitineuse de couleur brune testacée est entourée par un fourreau de soie lâche tissé par la chenille avant sa mue nymphale. La chrysalide est orientée de telle façon que sa partie céphalique se trouve au contact d'un orifice ménagé par la larve dans la paroi du fruit avant sa mue et par lequel sortira l'imago (**Le Berre, 1978**), La (**Fig 07**) illustre la Chrysalide d'*E. Ceratoniae*.



**Fig 07-** Chrysalide d'*E. Ceratoniae* (**Nouari Mebarka, 2014**)

### I.5.5-D/Papillon adulte

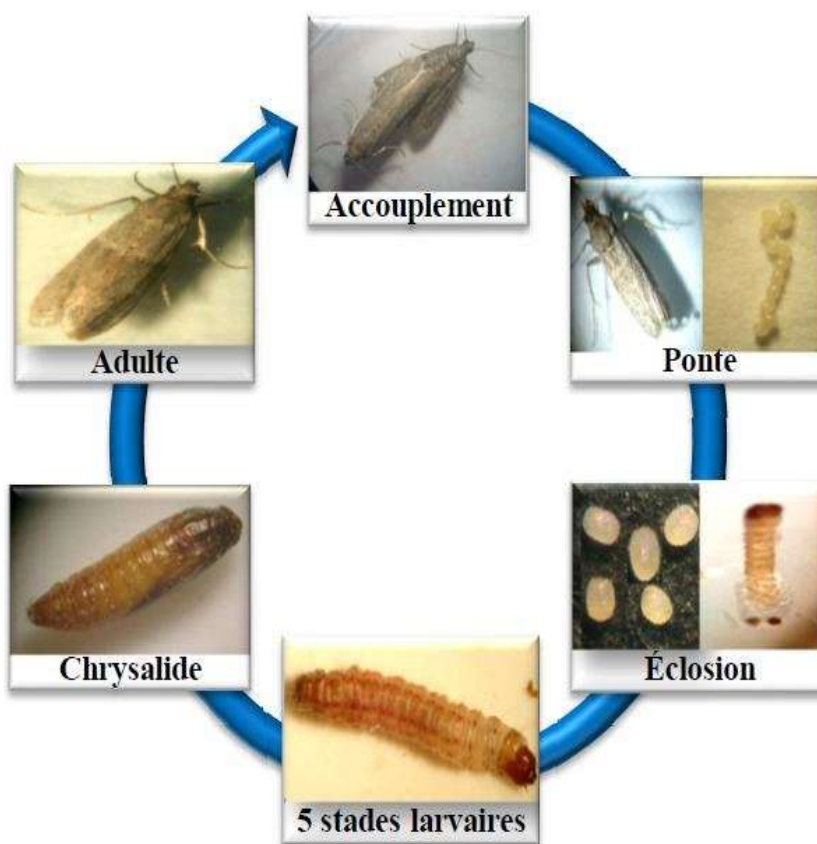
C'est un papillon de 6 à 14 mm de longueur et d'une envergure de 24 à 26 mm. Dans l'ensemble, les mâles sont plus petits que les femelles (9.32 mm contre 10.35 mm). Sa face dorsale présente une coloration qui varie du blanc crème au gris foncé avec des mouchetures sombres plus ou moins marquées sur les ailes antérieures. La face inférieure et les pattes sont de couleur claire (blanc ou gris uniforme). Les ailes sont bordées de longues soies claires à leur partie postérieure. Les antennes sont semblables dans les deux sexes et sont constituées de segments filiformes. L'œil composé est de grande dimension. Il est fortement bombé, très sombre ou noir, La morphologie de l'adulte d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller est représentée à la (**Fig 08**).



**Fig 08.** Adulte d'*E.ceratoniae* Zeller (oroginale 2025)

### I.5.6/Cycle biologique

L'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller est un microlépidoptère dont le cycle biologique se déroule en plusieurs stades : œuf, chenille, nymphe et adulte (**figure 9**). Selon **Gothilf (1969)**, l'émergence des adultes se produit durant la première partie de la nuit. Les papillons s'accouplent en extérieur ou même à l'intérieur des lieux où ils sont nés, sans nécessairement avoir besoin de voler au préalable. La copulation est un processus relativement long, pouvant durer plusieurs heures (**Wertheimer, 1958**). Une femelle pond en moyenne entre 60 et 120 œufs, qui éclosent trois à quatre jours après la ponte (**Le Berre, 1978**). Le cycle biologique complet d'*E. ceratoniae* Zeller est schématisé dans la (**Fig 09**).



**Fig09-** Cycle biologique d'*E.ceratoniae* Zeller (**Mehaoua, 2014**)

D'après **Wertheimer (1958)**, la jeune chenille, immédiatement après l'éclosion, recherche un abri et de la nourriture. Elle perce des orifices et creuse une galerie, se logeant entre la pulpe et le noyau. Cette entrée, de petite dimension, est obstruée par un réseau soyeux blanchâtre. La croissance larvaire s'effectue par des mues successives et sa durée, influencée par la température ambiante, varie de six semaines à huit mois (**Vilardibo, 1975**).

Une fois sa taille maximale atteinte, le fruit infesté est fortement endommagé, sa pulpe étant remplacée par des excréments, des fils de soie et les exuvies des différentes mues. La chenille

au dernier stade tisse un cocon soyeux et se transforme en nymphe, dont la tête est toujours orientée vers l'orifice situé au niveau du pédoncule, lequel est operculé par de la soie. Ainsi, lors de l'émergence, le papillon ne nécessite qu'un léger effort pour s'échapper (**Doumandji-Mitiche, 1977**).

Selon Lepigre (1963), la nymphose a une durée variable. L'imago qui en résulte à une durée de vie de trois à cinq jours, période durant laquelle il s'accouple et pond. Il est extrêmement rare de trouver deux larves d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller dans la même datte, un phénomène attribué au cannibalisme caractéristique de cette espèce (**Le Berre, 1978**).

### **I.5.7/ Caractéristiques biologiques**

#### **I.5.7-A. Accouplement**

Les papillons s'accouplent en plein air ou même à l'intérieur de l'espace où ils ont émergé. Ils peuvent se rencontrer et s'unir dans un espace confiné de très petite taille, sans qu'un vol préalable soit nécessaire. La copulation est relativement longue et peut durer plusieurs heures (**Wertheimer, 1958**). Selon Le Berre (1978), les différentes étapes du comportement reproducteur d'*E. ceratoniae* Zeller sont encore mal connues et n'ont pas fait l'objet de descriptions détaillées.

Le comportement reproducteur, essentiel à la survie de l'espèce, prime sur les autres activités de l'insecte. D'après Wertheimer (1958), la posture de réceptivité sexuelle de la femelle se caractérise par des ailes écartées et un abdomen relevé.

#### **I.5.7-B. Ponte**

Les papillons semblent privilégier les dattes arrivées à maturité pour la ponte, car le fruit en fin de développement constitue probablement un milieu nutritif plus adapté aux besoins du ravageur (**Idder et al, 2009**). La ponte débute environ 24 heures après l'accouplement et s'étale sur une longue période de la vie de la femelle. Ainsi, les activités de ponte occupent jusqu'à 60 % de la durée de vie de l'imago, et le rythme de ponte diminue progressivement au cours de cette période (**Le Berre, 1978**).

**Wertheimer (1958)** a observé que les femelles pondent entre 60 et 100 œufs dans les 24 à 26 heures suivant la copulation, tandis que **Dhouibi (1982)** a montré qu'une femelle peut pondre jusqu'à 215 œufs en conditions contrôlées. *E. ceratoniae* Zeller préfère déposer ses œufs sur des surfaces rugueuses. Les œufs sont pondus isolément ou en petits groupes (amas) au cours des déplacements de la femelle.

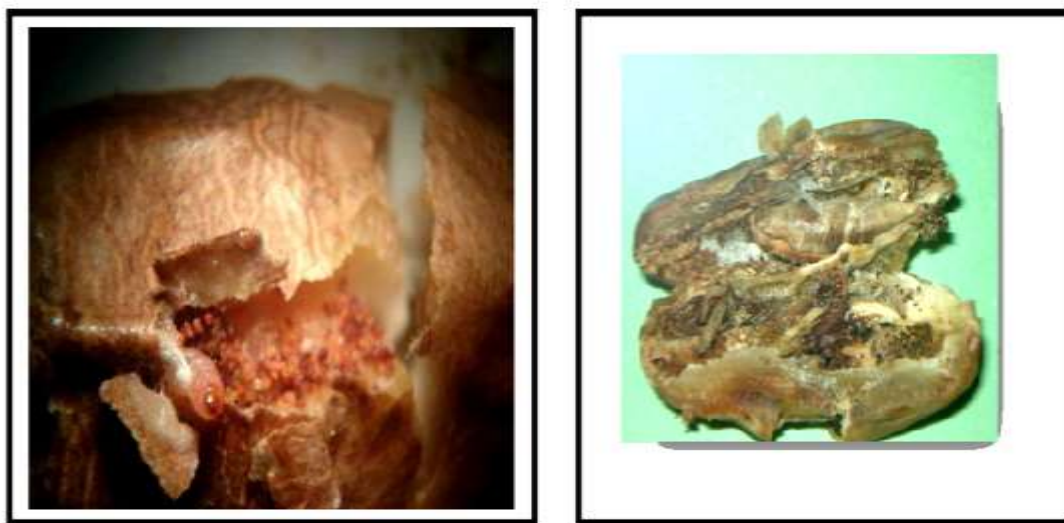
#### **I.5.7-C/ Eclosion**

Les œufs éclosent trois à quatre jours après la ponte, donnant naissance à des chenilles du 1er stade larvaire, outre ces chenilles dans la datte et creusent une galerie jusqu'à la cavité du noyau (**Vilardibo, 1975**).

### I.5.8/Dommages

Depuis plusieurs décennies, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller figure parmi les principaux ravageurs causant des dommages considérables aux dattes. **Wertheimer (1958)** rapporte un taux d'attaque supérieur à 10%, pouvant atteindre 30% en Afrique du Nord.

Selon **Munier (1973)**, le pourcentage de fruits véreux à la récolte oscille entre 8 et 10%, mais cette proportion peut s'élever jusqu'à 80%. **Doumandji-Mitiche (1985)** indique qu'au sol, le taux de fruits attaqués est de 42,5% à Ouargla, et qu'il augmente jusqu'à 64,7% dans les lieux de stockage. D'après **Benaddoun (1987)**, le taux d'infestation atteint 27% pour la variété Deglet Nour, tandis que **Raache (1990)** a signalé un taux d'attaque de 67,50% pour cette même variété, La (**Fig 10**) illustre les dégâts typiques causés par *Ectomyelois ceratoniae* sur la variété Deglet Nour.



**Fig10-** Dégâts d'*Ectomyelois ceratoniae* sur Deglet Nour (**Hadjeb Ayoub, 2012**).

### I. 5.9/Méthodes de lutte

Aujourd'hui, l'agriculture s'appuie sur cinq approches principales pour la protection des cultures contre les ravageurs : la lutte chimique, la lutte biologique, la lutte physique, le contrôle génétique et le contrôle cultural. Les termes "lutte" et "contrôle" désignent respectivement des stratégies de thérapie et de prophylaxie visant à maîtriser les ennemis des cultures (**Dore et al., 2006**).

À l'exception du contrôle génétique, toutes les autres méthodes de lutte sont employées dans le but de limiter le développement des populations d'*Ectomyelois ceratoniae*. La lutte culturale contre la pyrale de la datte englobe toutes les techniques dont le mode d'action principal n'implique aucun processus biologique ou biochimique (**Dore et al., 2006**). Elle repose sur l'entretien et la gestion de la palmeraie et du palmier dattier, notamment par la collecte et l'élimination des fruits abandonnés et infestés présents sur l'arbre (cornaf, couronne, cœur) et au sol, ainsi que par le nettoyage des lieux de stockage des résidus des récoltes antérieures. L'ensachage des régimes est une technique de plus en plus répandue, qui permet de réduire significativement l'infestation des dattes par les populations d'*E. ceratoniae* Zeller (**Ben Othman et al, 1996 ; Bouka et al, 2001**).

### **I. 5.10. Moyens de lutte**

#### **I. 5.10.1. Lutte chimique**

Diverses molécules chimiques ont été employées pour lutter contre ce ravageur. Lepigre (1961) avait recommandé un traitement à base de DDT à 10%, affichant une efficacité de 67%, mais cette méthode entraînait la fermentation de l'insecticide dans les dattes molles. Ce produit chimique a été interdit dans les années 1970. **Toutain (1972)** a suggéré l'utilisation de fumigants dans les entrepôts, mais cette approche n'a pas démontré une grande efficacité et laissait les cadavres d'insectes à l'intérieur des dattes.

En Tunisie, **Dhoubi (1989)** a préconisé l'emploi d'autres insecticides tels que le Malathion à 2%, le Parathion à 1,25% et le Phosalone à 4%, qui ont donné des résultats satisfaisants. **Knipling (1962)**, cité par **Dridi et al. (2000)**, a proposé une méthode de lutte chimique basée sur l'utilisation de chimiostérilisants induisant une stérilisation totale des mâles. Généralement, la période d'intervention avec des insecticides chimiques se situe entre juillet-août et septembre (au stade Bser, proche de la récolte), avec trois traitements dont les deux premiers peuvent être combinés (contre le Boufaroua et *Ectomyelois*). Il est important de souligner qu'aucun produit chimique n'est accepté par les pays importateurs de dattes.

#### **I. 5.10.2. Lutte biologique**

La lutte biologique apparaît comme l'approche la plus prometteuse et a connu un développement significatif, notamment en Europe et dans certains pays asiatiques comme le Japon (**Fremy, 2000**). Cette méthode consiste à éliminer les insectes nuisibles en utilisant leurs ennemis naturels (**Doumandji-Mitiche, 1983**). **Doumandji (1981)** a recensé une liste de prédateurs et de parasites d'*Ectomyelois ceratoniae*. Parmi les espèces les plus utilisées en lutte biologique figurent des hyménoptères tels que *Trichogramma brassicae* et *Habrobracon*

*hebetor* Say. **Dhoubi et Jemmazi (1996)** ont mené des essais en Tunisie pour contrôler la pyrale des dattes en entrepôt en introduisant des populations de parasitoïdes (*Habrobracon hebetor*). Des tentatives de lâchers de *Trichogramma embryophagum* ont également été entreprises dans la palmeraie d'Ouargla par **Idder (1984)**. Les résultats obtenus sont encourageants, avec des taux de parasitisme des œufs d'*Ectomyelois ceratoniae* par les trichogrammes atteignant jusqu'à 45,3% (**Idder, 2009**).

### **I. 5.10.3. Lutte physique**

L'application de rayonnements gamma peut induire la mort ou la stérilité chez *Ectomyelois ceratoniae*. L'irradiation entraîne la stérilisation des mâles, tout en préservant leur capacité d'activité sexuelle. L'accouplement avec ces mâles conduit les femelles à produire des pontes non viables (**Benaddoun, 1987 ; Dridi et al., 2000**).

### **I. 5.10.4. Lutte microbiologique**

L'utilisation de microorganisme contre les déprédateurs est, aussi, une forme de lutte biologique, dont la pratique est encore peu répondue, le genre *Bacillus ento<mopathogène*. En effet, l'espèce *Bacillus thuringiensis* (Bt) a été le premier microorganisme homologué dans le monde comme biopesticide commercial (**Chaufaux, 1994**).

***Chapitre II :***  
*Lutte biologique*

## II. 1/Définition

La lutte biologique consiste en l'utilisation par l'être humain d'ennemis naturels, tels que des prédateurs, des parasitoïdes ou des agents pathogènes, dans le but de maîtriser les populations d'espèces nuisibles et de les maintenir sous un seuil de nuisance. Lorsque l'ennemi employé est un animal, le plus souvent un insecte, on parle de lutte à l'aide d'entomophages, qui peuvent être des prédateurs ou des parasitoïdes. Si l'ennemi utilisé est un microorganisme, il s'agit de lutte microbiologique (**Dajoz, 2003**), une définition adoptée par l'Organisation Internationale de Lutte Biologique (**OILB**) (**Suty, 2010**).

L'objectif principal de la lutte biologique est de réduire l'emploi de produits chimiques tels que les pesticides, les fongicides et les herbicides en agriculture, en encourageant l'utilisation d'ennemis naturels, appelés auxiliaires, pour la protection des cultures (**Tayeh, 2013**).

## II.2 / Historique

En Algérie, les premières tentatives de lutte biologique contre ce ravageur ont débuté dans les années 1980, ciblant les vergers d'agrumes (**Doumandji-Mitiche, 1983**) et les palmeraies d'Ouargla (**Idder, 1984**) grâce à l'introduction de *Trichogramma embryophagum*. La recherche d'ennemis naturels d'origine animale se poursuit actuellement avec l'emploi de *T. embryophagum* (**Idder et al., 2009 b**) ainsi que d'autres auxiliaires tels que *Phanerotoma flavitestacea* et *Bracon hebetor* (**Bensalah et Ouakid, 2015**). Ces deux derniers auxiliaires peuvent être utilisés conjointement, le premier en plein champ et le second durant la période de stockage (**Dehliz et al., 2016**).

Le concept de la lutte biologique a évolué avec le temps et englobe désormais, dans sa définition actuelle, toutes les méthodes non chimiques de contrôle des ravageurs. Parmi celles-ci figurent l'utilisation de microorganismes entomopathogènes ou de produits dérivés de ces microorganismes, tels que les virus, les bactéries ou les champignons. L'application de la bactérie *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* contre la pyrale des dattes, à une dose de 5 litres par hectare, a démontré des résultats prometteurs (**Dhouibi, 1989**). De plus, divers essais menés ces dernières années en Algérie ont révélé que cette bactérie a significativement réduit l'infestation dans les palmeraies du Ziban (**Zouioueche et Rahim, 2008 ; Bensalah, 2015**).

## II.3/ Biopesticides

Les biopesticides, des substances dérivées de sources biologiques telles que des microorganismes, des composés naturels ou des extraits de plantes, sont employés en

agriculture pour la gestion des ravageurs, des maladies et des cultures (**Thiaw et Sembene, 2011**).

Contrairement aux pesticides chimiques, les biopesticides agissent par des mécanismes biologiques spécifiques, proposant une approche plus respectueuse de l'environnement et de la santé humaine (**Larkem, 2021**). Parmi les stratégies de lutte biologique, les biopesticides occupent une position privilégiée en raison de leur aptitude à la production de masse nécessaire à l'industrie et de leur facilité d'application à l'aide de pulvérisateurs conventionnels, ce qui favorise leur adoption par les agriculteurs. Les biopesticides peuvent être formulés à base de bactéries, de champignons, de virus, de nématodes et d'extraits de plantes (**Vincent, 1998**). Parmi ces bio-insecticides, on peut citer l'azadirachtine, *Bacillus thuringiensis*, et divers extraits de plantes toxiques, entre autres.

## **II.4 / Types des Biopesticides**

### **II.4.1. Bio insecticides :**

Les bio-insecticides sont des produits issus de matières naturelles telles que les microorganismes, les extraits de plantes ou les substances minérales, employés pour la maîtrise des ravageurs des cultures et autres insectes nuisibles. Ils sont perçus comme étant plus respectueux de l'environnement et de la santé humaine que les insecticides chimiques classiques, en raison de leur moindre toxicité envers les organismes non ciblés et de leur dégradation plus rapide dans le milieu naturel (**Zongo et al., 2023**).

### **II.4.2. Bio herbicides :**

Les bioherbicides sont des agents de gestion des mauvaises herbes issus de sources naturelles, comme des microorganismes ou des extraits végétaux. Contrairement aux herbicides chimiques, leur objectif est de contrôler les plantes adventices tout en réduisant au minimum les effets sur l'environnement et la santé humaine. Ils agissent en perturbant le métabolisme ou la croissance des mauvaises herbes ciblées, offrant ainsi une alternative plus écologique aux herbicides de synthèse (**Zongo et al., 2023**).

## **II.5. Mode d'action des biopesticides d'origine végétale**

### **II.5.1. Mécanismes biologiques**

#### **A. Répulsion par des extraits végétaux**

- Extraits Végétaux : Les huiles essentielles, extraits de plantes, sont utilisés pour leur action répulsive ou insecticide, perturbant le comportement des organismes nuisibles.

**B. Inhibition des processus biologiques critiques**

- Interférence avec le Métabolisme : Certains biopesticides agissent en inhibant des processus métaboliques spécifiques, compromettant la croissance, la reproduction ou l'alimentation des organismes nuisibles. **(Saouli 2020)**.

**C. La spécificité d'action des biopesticides insecticide et herbicide**

- Mécanismes Moléculaires de Spécificité : Exploitation de mécanismes moléculaires spécifiques pour cibler les organismes nuisibles.
- Sélectivité et Impact sur les Organismes Non Ciblés : Évaluation des risques pour les organismes non ciblés et préservation de la biodiversité.
- Avantages Écologiques de la Sélectivité : Contribution à la préservation de la biodiversité et de l'équilibre écologique.
- Défis liés à la Spécificité : Conditions optimales d'application et mécanismes de reconnaissance.
- Adaptabilité des Biopesticides : Capacité à s'adapter aux évolutions des populations d'organismes nuisibles.

**II.5.2. Utilisation des Biopesticides insecticide et herbicides en Algérie**

L'Algérie a également montré un intérêt croissant pour les biopesticides en tant qu'alternative aux pesticides chimiques. Des efforts sont déployés pour encourager l'adoption et le développement de ces produits, en mettant l'accent sur leur efficacité et leur sécurité. Cependant, l'Algérie fait face à des défis spécifiques, tels que la sensibilisation des agriculteurs, l'accès aux technologies appropriées et la disponibilité de produits de qualité. **(Deravel, Krier, et Jacques 2014)**.

## ***Chapitre III :***

*Plante étudiée (Menthe)*

### III-1/ La menthe en general

#### III.1.1 / Description de la menthe

Les menthes prospèrent dans un sol léger et humide, préférant l'ombre pour leurs racines et le soleil pour leurs tiges. Ces herbes vivaces se distinguent par une tige de section carrée, des feuilles persistantes, opposées et dentées, ainsi que par de longs stolons souterrains qui favorisent la propagation de nouvelles pousses aux alentours, assurant une expansion continue. Elles dégagent un parfum intense en raison de leur richesse en huile essentielle. Leur hauteur varie de quelques centimètres à près d'un mètre, selon l'espèce. Durant l'été, leurs fleurs, regroupées en épis ronds ou allongés de couleur lilas, blanche ou rose, attirent les abeilles (**Anton, 2005**).

Les feuilles et somites fleuries des menthes étaient utilisés dans des buts thérapeutiques au 16ème et 17ème siècle, Elle aurait des vertus digestives, carminatives, antiseptiques, toniques et stimulantes. Elle participerait à l'équilibre digestif et améliorerait le tonus général, actuellement elles sont employées dans plusieurs domaines. Si les menthes sont aisément identifiables grâce à leur odeur si particulière, leur distinction s'avère complexe en raison des formes intermédiaires d'origine hybride qui les relie (**Benayad, 2008**). Elles comprennent 18 espèces et environ 11 hybrides, qui se subdivisent en sous-espèces, formes, variétés, sous-variétés, cultivars et sélections (**Sutour, 2010**).

La menthe, appartenant au genre *Mentha*, fait partie de la famille des Labiées ou Lamiacées, l'une des plus importantes du règne végétal avec plus de 200 genres et 3500 espèces (**Talahagcha, 2008**). Originaires d'Europe et d'Asie, les menthes ont suivi les courants migratoires et se sont répandues sur presque tous les continents, atteignant l'Amérique du Nord, l'Australie et le Japon. L'Algérie, de par sa situation géographique, bénéficie de divers facteurs pédogénétiques et de fortes variations climatiques, auxquels s'ajoutent des ressources hydriques favorables au développement de cultures intensives de menthe (**Boukhatem, 2010**).

La menthe est une plante rampante dont les tiges quadrangulaires ascendantes peuvent atteindre 1,20 mètre de hauteur. Elle porte des feuilles de forme arrondie à allongée, généralement d'un beau vert souvent ridé, et qui dégagent une forte odeur caractéristique de "menthe", facilement identifiable. Les nombreuses espèces du genre *Mentha* sont toutes odorantes et possèdent des feuilles dentées. Leurs petites fleurs, de couleur rose violacé ou blanche, sont disposées en épis ou en capitules terminaux, ou encore en verticilles axillaires. Les fleurs qui se développent en grappes à l'aisselle des feuilles sont de couleur rose.

### III.1.2 / Classification

La famille des Lamiacées présente une distribution cosmopolite et des caractéristiques morphologiques distinctives. Jussieu a nommé cette famille en 1789, et la classification de la majorité de ses sous-familles a été établie par Bentham en 1876, puis révisée par Briquet en 1895. La classification de Briquet a longtemps été la plus largement adoptée pour cette famille de plantes. En 1992, 21 genres appartenant auparavant aux Verbénacées ont été transférés aux Lamiacées. (Saoudi *et al*, 2021)

#### III.1.2.1 Classification classique :

Les menthes sont classées comme suite :

- **Embranchement** : Spermaphytes (plantes à graines)
- **Sous embranchement** : Angiospermes (plantes à ovaire clos)
- **Classe** : Dicotylédones
- **Sous-classe** : Gamopétales (pétales soudés)
- **Famille** : Lamiacées (Lamiaceae)

#### III.1.2.2. Classification phylogénétique (APG II) :

Les découvertes récentes en biologie moléculaire et le développement de la systématique moléculaire, basés sur l'analyse des séquences génomiques, ont profondément modifié les classifications traditionnelles et ont conduit à la proposition d'une nouvelle classification ordinale des plantes en 1998 (APG, 1998).

- **Règne** : Plantae
- **Classe** : Angiospermes ou Magnoliophyta
- **Sous classe** : Eu dicotylédone Supérieures gamopétales : Astérides
- **Ordre** : Lamiales
- **Famille** : Lamiaceae

La classification du genre *Mentha* L. (Menthe) illustre l'évolution des systèmes de classification botanique. Traditionnellement, et selon la classification proposée par **Quezel et Santa (1963)**, *Mentha* était placé comme suit :

- **Règne (Règne)** : Plantae (Plantes)
- **Embranchement (Embranchement)** : Spermatophyta (Spermaphytes) - Plantes à graines
- **Classe (Classe)** : Dicotyledonae (Dicotylédones)
- **Ordre (Ordre)** : Lamiales
- **Famille (Famille)** : Lamiaceae (Lamiacées)
- **Genre (Genre)** : *Mentha*

### III.1.3. Les différentes espèces de menthe

Les différentes espèces de menthe forment un genre (*Mentha*). Il existe environ 70 espèces, dont les plus connues sont présentées dans le **tableau 01. (Benssaoud et Lalia, 2019)**

**Tableau 01 :** Les différentes espèces de menthe forment un genre (*Mentha*).

Nom scientifique	Nom commun (Anglais)	Nom commun (Français)
<i>M. aquatica</i> L	Water mint	Menthe aquatique
<i>M. piperita</i> 'Lavandula'	Lavender mint	Menthe lavande
<i>M. arvensis</i> L.	Corn mint, field mint, ginger mint, wild mint	Menthe des champs, menthe sauvage, menthe poivrée du Japon
<i>M. canadensis</i> L	American wild mint, Canada mint, Chinese mint, East Asian wild mint, Japanese mint, Sakhalin mint	Menthe du Canada, menthe chinoise, menthe japonaise, menthe de Sakhaline, menthe sauvage d'Amérique
<i>M. longifolia</i> L.	Himalayan silver mint, horsemint	Menthe à longues feuilles, menthe chevaline
<i>M. piperita</i> L.	Peppermint	Menthe poivrée
<i>M. piperita</i> f. <i>citrate</i>	Bergamot mint, eau de cologne mint, orange mint	Menthe bergamote, menthe eau de Cologne, menthe orange
<i>M. pulegium</i>	Mosquito plant, pennyroyal mint, Pennyrile, pudding grass, squaw mint	Menthe pouliot, herbe aux puces
<i>M. spicata</i> L.	Garden mint, homegrown mint, lamb mint, mackerel mint, spearmint	Menthe verte, menthe douce, menthe en épi
<i>M. suaveolens</i>	Apple mint, pineapple mint, round-leafed mint, woolly mint	Menthe pomme, menthe ananas, menthe à feuilles rondes, menthe duveteuse
<i>M. suaveolens</i> 'Variegata'	Pineapple mint	Menthe ananas panachée
<i>M. x piperita</i> f. <i>citrate</i> 'Chocolate'	Chocolate mint	Menthe chocolat

**III.1.3 .1. Les deux espèces étudiées :**

**III.1.3 .1. A / Menthe verte (*Mentha spicata*) :** Originare d'Afrique du Nord, utilisée pour le thé à la Menthe. D'origine hybride probable (*M. longifolia* x *M. suaveolens*), est une herbacée vivace (25-75 cm) à tiges quadrangulaires ramifiées et feuilles lancéolées subsessiles (3-5 x 1-2 cm), cultivée principalement aux USA, Angleterre, Pays-Bas et Afrique du Nord (Algérie, Maroc) pour usage horticole et industriel. Tolérante à l'ombre, peu exigeante quant au sol, elle se propage par stolons souterrains, La **Fig 11** illustre la *Mentha spicata* (**Benazzouz Amina et al .2012**) .



**Fig11- *Mentha spicata* (Photo originale)**

**III.1.3 .1. B / Menthe longifolia 'Buddleia' :**

*Mentha longifolia* : herbacée vivace (30-180 cm), rhizomes rampants, tiges quadrangulaires pubescentes, feuilles sessiles/pétiolées variables, marge serreté-dentée. Inflorescences spiciformes (3-5 cm), fleurs rose-lilas (4-5 mm), étamines incluses, nucules alvéolées ovoïdes. Hygrophile, vaste distribution (Caucase, Europe, Méditerranée, Asie), propagation invasive, attire pollinisateurs. Écologie variée : plaines-montagnes humides/semi-humides (Arménie, Azerbaïdjan), forêts montagnardes (Géorgie), floraison estivale-automnale, fructification automnale. Adaptable à diverses niches écologiques, La Fig 12 illustre la *Mentha longifolia* (**Mouloud & Djellaoui, 2020**)



**Fig12- *Mentha longifolia* (Photo originale)**

### III.1.4 / Importance et utilisations de la menthe

La menthe (*Mentha spp.*) constitue une ressource végétale de premier plan aux applications diversifiées, impactant de multiples aspects de la vie humaine. La menthe est une plante très prisée dans divers domaines, notamment l'industrie alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Son huile essentielle est utilisée pour aromatiser des boissons, des bonbons, des dentifrices, ainsi que dans la production de produits de soins personnels en raison de ses propriétés rafraîchissantes et antiseptiques.

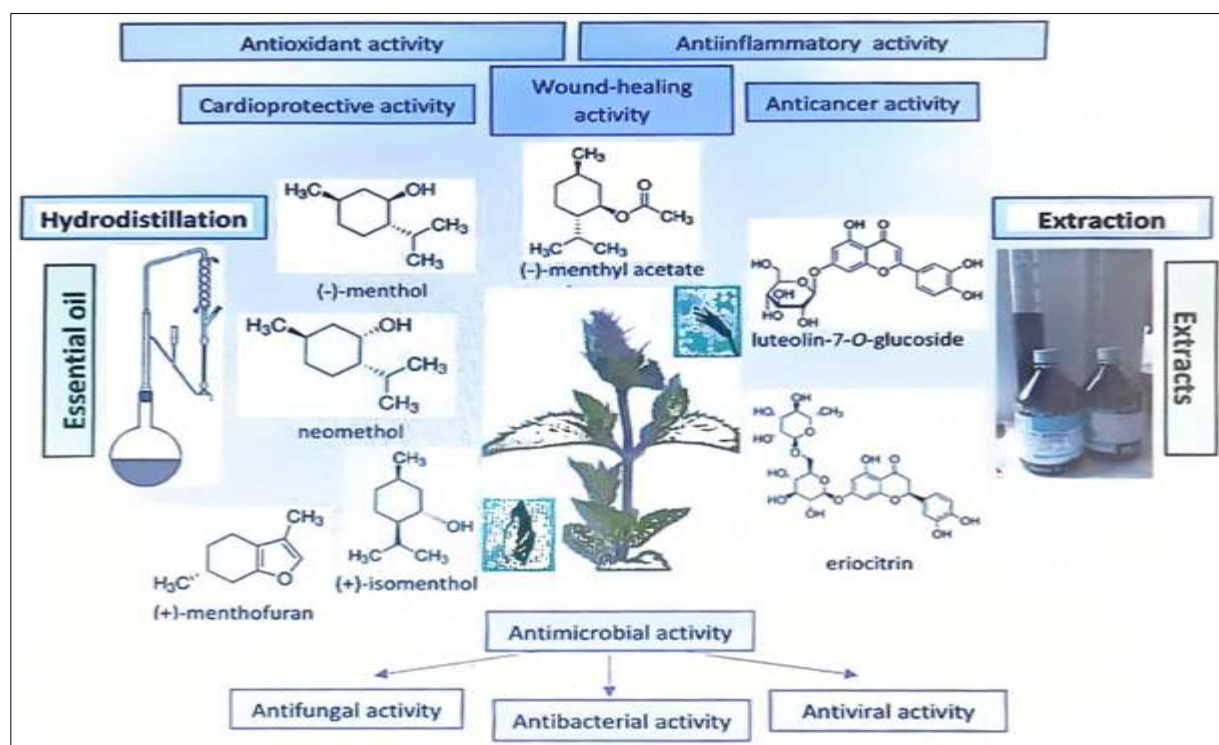
En phytothérapie, la menthe est utilisée pour traiter une variété de troubles, notamment les douleurs digestives, les nausées et les troubles respiratoires. Elle possède également des propriétés antispasmodiques, antivirales et antibactériennes, ce qui en fait une plante essentielle pour les remèdes naturels. En agriculture, l'huile essentielle de menthe est utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles grâce à ses propriétés répulsives et insecticides. Elle est particulièrement efficace contre des insectes comme les pucerons, les mouches et les mites, y compris la pyrale des dattes. (Geneviève Frachon · 1990)

### III.1.5 / Importance et utilisations des feuilles et des tiges de menthe

Les feuilles et tiges de menthe sont la source principale des huiles essentielles. Elles contiennent divers composés bioactifs, dont le menthol, le menthone et l'acétate de menthyle, qui sont responsables de leurs propriétés insecticides, antifongiques et antimicrobiennes. En plus de leurs usages médicaux et aromatiques, les feuilles et tiges de menthe peuvent être séchées et utilisées dans la fabrication de thés, d'infusions et d'extraits. Elles sont également utilisées dans les compositions cosmétiques pour leurs effets rafraîchissants et apaisants. Les extraits des feuilles de menthe ont également été étudiés pour leurs effets antioxydants, contribuant à la lutte contre les radicaux libres dans l'organisme humain. (Ernest Small ,2001)

### III.1.6 / Substances actives des feuilles et des tiges de menthe

Les feuilles et tiges de menthe contiennent principalement des huiles essentielles, dont les principaux composants sont le menthol, la menthone et le citronellol. Ces substances sont responsables des propriétés insecticides de la plante. Le menthol, en particulier, est un terpène monoterpénique qui confère à la menthe son effet répulsif contre de nombreux insectes. Il agit en perturbant les récepteurs sensoriels des insectes, les désorientant et les repoussant. La menthone, un autre composé majeur, possède également des propriétés insecticides, en agissant de manière synergique avec le menthol pour améliorer l'efficacité de la plante contre les ravageurs, La **Figure 13** illustre ces substances actives présentes dans les feuilles et les tiges de menthe. (Hudzn, 2023).



**Figure 13** Substances actives des feuilles et des tiges de menthe (Hudz, N *et al*, 2023).

### III.1.7/ Caractéristiques physiques des feuilles et des tiges de menthe

Les feuilles de menthe sont généralement de forme ovale à oblongue, avec des bords dentelés et une texture légèrement rugueuse. Elles sont d'un vert vif et dégagent une forte odeur aromatique lorsqu'elles sont froissées. Les tiges de menthe, quant à elles, sont carrées, ce qui les distingue des autres plantes de la famille des Lamiacées. Les feuilles ont une surface légèrement poilue, ce qui peut aider à la rétention d'huile essentielle. Ces caractéristiques physiques sont essentielles pour l'extraction de l'huile de menthe, car elles permettent une concentration maximale des composés bioactifs. (L. Marcq ,1863)

### III.1.8/ Caractéristiques chimiques de la menthe

La composition chimique de la menthe varie en fonction de son espèce et de son environnement de culture. Les composés majeurs dans l'huile essentielle de menthe comprennent le menthol, la menthone, l'isomenthone, et des traces d'autres terpénoïdes. Le menthol, qui constitue environ 40 à 60 % de l'huile essentielle, est le principal composé responsable des propriétés insecticides et médicinales de la menthe. Ce composé est utilisé dans de nombreuses applications, allant des traitements contre les douleurs musculaires aux répulsifs contre les insectes. La qualité de l'huile essentielle de menthe dépend largement de la méthode d'extraction et des conditions de culture, ce qui influence directement l'efficacité de l'huile dans diverses applications, y compris l'agriculture. (Eric delande, 2021)

### III.1.9/ Extraction d'huile végétale et Technique d'extraction

L'huile essentielle de menthe est généralement extraite par distillation à la vapeur d'eau des parties aériennes de la plante, notamment les feuilles et les tiges. Ce procédé permet de séparer les huiles essentielles volatiles des autres composants de la plante. La distillation à la vapeur est la méthode la plus couramment utilisée car elle préserve la pureté des composés volatils et permet d'obtenir une huile essentielle de haute qualité. Cette méthode garantit également une extraction efficace des principes actifs. Diverses méthodes sont employées pour l'extraction des essences végétales.

En général, le type de matériel végétal à traiter déterminera la méthode d'extraction des huiles essentielles (graines, feuilles, ramilles), le rendement en huile étant fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées. (Bouras M., 2018). Il existe plusieurs techniques d'extraction les plus importantes peuvent être mentionné comme suit :

#### III.1.9.1. Extraction par Soxhlet

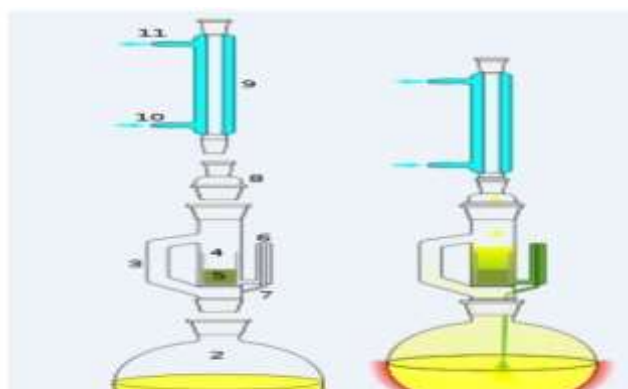
L'extracteur de Soxhlet est un dispositif spécifiquement élaboré pour réaliser une extraction continue de composés d'un solide à l'aide d'un solvant liquide. Le solvant, utilisé en quantité de cinq à dix fois supérieure à celle de l'échantillon solide à traiter, est chauffé jusqu'à ébullition.

Les vapeurs ainsi produites sont ensuite condensées grâce à un réfrigérant à boules et retombent dans la chambre d'extraction, où l'échantillon solide est contenu dans une cartouche en papier filtre épais. L'interaction entre le solvant et le solide à extraire se poursuit pendant la phase de remplissage de la chambre. Lorsque le niveau du solvant atteint un seuil prédéfini, un mécanisme de siphon se déclenche, vidant la chambre et ramenant le solvant chargé de la substance dissoute dans le ballon de chauffage. Ce cycle d'extraction peut être répété un certain nombre de fois, en fonction de la vitesse à laquelle le composé cible se dissout dans le solvant. (Bouras M., 2018).

La figure (14) présente une représentation schématique d'un extracteur de Soxhlet.

Le montage soxhlet se compose de :

- 1- Agitateur magnétique
- 2- Ballon à col rotatif
- 3- Retour de distillation (tube d'adduction)
- 4- Corps en verre
- 5- Filtre
- 6- Haut du siphon
- 7- Sortie du siphon
- 8- Adaptateur d'expansion
- 9- Condenseur
- 10- Entrée de l'eau de refroidissement
- 11- Sortie de l'eau de refroidissement



**Figure 14** Représentation schématique d'un extracteur de soxhlet (Bouras M., 2018)

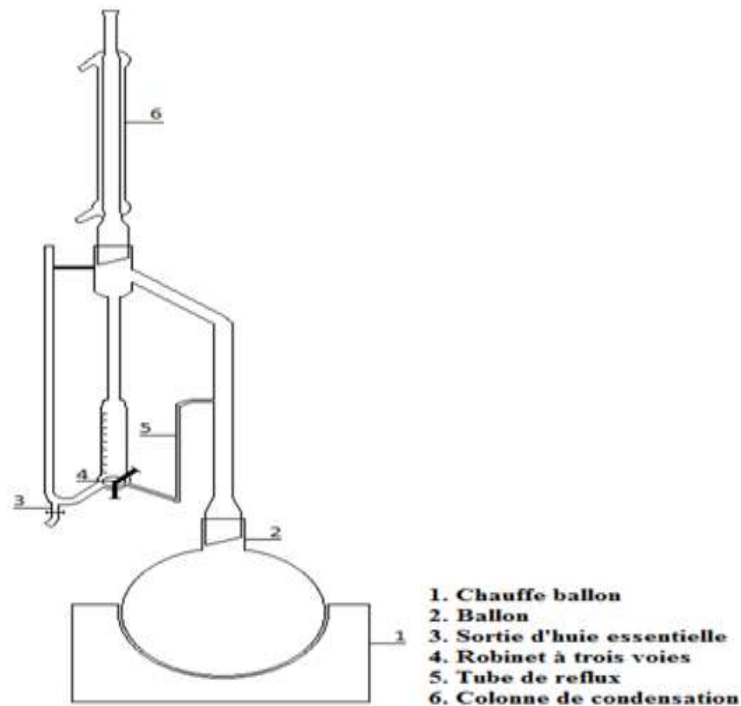
### III.1.9.2. Hydrodistillation :

La distillation à l'eau, également appelée hydrodistillation à pression atmosphérique, est la méthode d'extraction la plus ancienne, la plus simple à mettre en œuvre et la plus répandue. Cette technique consiste à immerger la matière végétale dans de l'eau en ébullition, assurant un contact direct entre les deux. L'appareil le plus couramment utilisé pour l'hydrodistillation est celui initialement décrit par Clevenger en 1928, qui a ensuite fait l'objet de diverses améliorations.

Une des modifications notables a été apportée par Cocking et Middleton en 1935, dont le dispositif a par la suite été intégré à la Pharmacopée Européenne et à plusieurs autres pharmacopées. Cet appareil se compose d'un ballon à fond rond où sont introduits la matière végétale et l'eau. Le ballon est connecté à un condenseur vertical se terminant par un tube gradué, permettant la décantation et la mesure volumétrique de l'huile essentielle.

La partie inférieure de ce tube est équipée d'une vanne à trois voies. Cette vanne permet soit de renvoyer l'eau condensée vers le ballon, créant ainsi un circuit fermé pour un fonctionnement continu, soit de diriger l'eau vers l'extérieur afin de séparer et de recueillir l'huile essentielle une fois le processus de distillation terminé. L'opération peut s'effectuer avec ou sans recyclage de la phase aqueuse obtenue lors de la décantation. Le principe de recyclage est communément appelé cohobage, et le système est dénommé cohobe. L'hydrodistillation est une technique d'extraction couramment employée dans les laboratoires de recherche, surtout pour obtenir de faibles quantités d'huiles essentielles à partir de matières végétales.

Ces extraits sont principalement destinés à des fins d'analyse et d'identification, ainsi qu'à la détermination de la concentration en huile essentielle des plantes aromatiques et médicinales avant leur utilisation à plus grande échelle. Cependant, l'application industrielle de cette méthode reste largement traditionnelle, avec un intérêt limité pour le contrôle et l'optimisation du processus par les industriels. (Bouras M., 2018). La **Figure 15** illustre le schéma du dispositif d'hydrodistillation de type Clevenger utilisé.

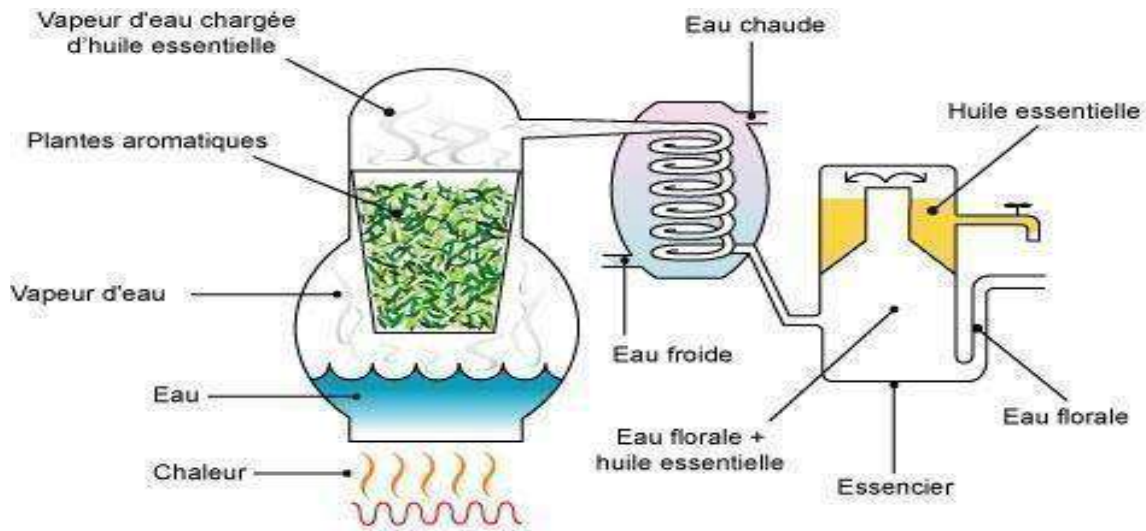


**Figure 15 :** Schéma du dispositif de l'hydrodistillation du type Clevenger utilisé (Bouras M., 2018).

### III.1.9.3. Entraînement à la vapeur d'eau :

La distillation par entraînement à la vapeur constitue l'une des méthodes standardisées pour l'obtention des huiles essentielles. Dans ce procédé d'extraction, la matière végétale est disposée dans l'alambic sur une grille perforée, positionnée à une certaine hauteur au-dessus du fond contenant l'eau. Ainsi, la plante est exposée à la vapeur d'eau saturée, mais n'entre pas en contact direct avec l'eau bouillante. La vapeur d'eau entraîne l'éclatement de nombreuses glandes présentes dans la plante, libérant ainsi leurs composés aromatiques.

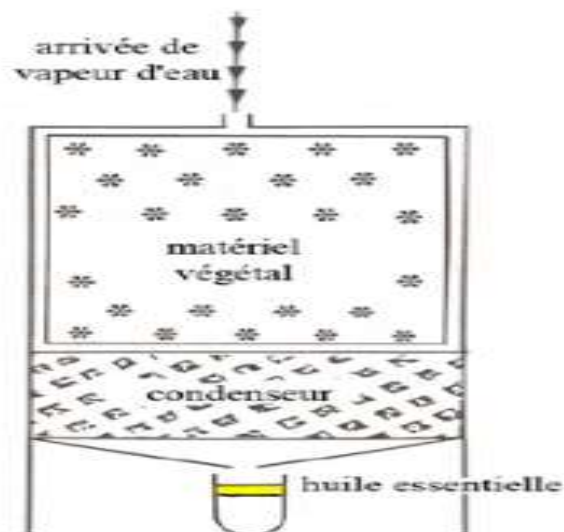
Les huiles essentielles se dispersent à travers le tissu végétal pour se mélanger à la vapeur d'eau qui circule autour. Ces vapeurs, chargées en composés volatils, sont ensuite refroidies et condensées. En raison de leur différence de densité, l'huile essentielle et l'eau se séparent en deux phases distinctes, permettant finalement la récupération de l'huile essentielle (Belaidi *et al*, 2021). La figure 16 illustre schématiquement la méthode d'entraînement à la vapeur d'eau.



**Figure 16-** Méthode entrainement à la vapeur d'eau (BELAIDI et al ,2021)

#### III.1.9.4. L'hydrodiffusion :

L'hydrodiffusion se présente comme une variante de l'entraînement à la vapeur. Contrairement à cette dernière, le flux de vapeur n'est plus ascendant mais descendant, comme illustré à la Figure 15. Cette technique tire parti de l'action osmotique de la vapeur d'eau. Son principe repose sur l'utilisation de la gravité pour libérer et condenser le mélange "vapeur d'eau - huile essentielle" dispersé au sein de la matière végétale. Tout comme l'entraînement à la vapeur d'eau, l'hydrodiffusion offre l'avantage de l'absence d'hydrolyse. De surcroît, elle permet une économie d'énergie grâce à la réduction de la durée de la distillation et, par conséquent, à une diminution de la consommation de vapeur. (BELAIDI et al ,2021). Le schéma illustrant l'hydrodiffusion est présenté dans la figure 17.



**Figure 17-** Schéma illustrant L'hydrodiffusion (BELAIDI et al ,2021).

### III.1.9.5. Autres procédés :

D'autres procédés sont utilisés le plus souvent pour les plantes délicates qui ne supportent pas la chaleur :

#### III.1.9.5.1. L'extraction par les solvants volatils

La méthode d'extraction "classique" par solvant implique l'introduction d'un solvant volatil (tel que l'hexane ou l'éthanol) et de la matière végétale à traiter dans un extracteur. Des lavages répétés permettent au solvant de se charger en molécules aromatiques, avant d'être dirigé vers un concentrateur où il est distillé à pression atmosphérique. Le produit résultant est désigné sous le terme de "concrète". Cette concrète peut ensuite être mélangée avec de l'alcool, filtrée et refroidie afin d'éliminer les cires végétales. Une dernière étape de concentration permet d'obtenir l'"absolue".

Généralement, cette technique offre des rendements supérieurs à la distillation et prévient l'effet hydrolysant de l'eau ou de la vapeur d'eau. Néanmoins, l'utilisation de solvants organiques peut engendrer des risques de formation d'artefacts et de contamination de l'échantillon par des impuretés potentiellement difficiles à éliminer. Le solvant sélectionné doit non seulement être autorisé, mais également présenter une certaine stabilité face à la chaleur, à la lumière et à l'oxygène. Sa température d'ébullition est de préférence basse pour faciliter son élimination, et il ne doit pas réagir chimiquement avec l'extrait. Parmi les solvants couramment utilisés figurent l'hexane, le méthanol, l'éthanol, l'éther de pétrole ou encore le dichlorométhane. Toutefois, l'extraction par solvant a connu des améliorations notables au cours des dernières décennies. (Belaidi et al ,2021)). La figure 18 présente le schéma du montage de l'extraction par les solvants volatils.

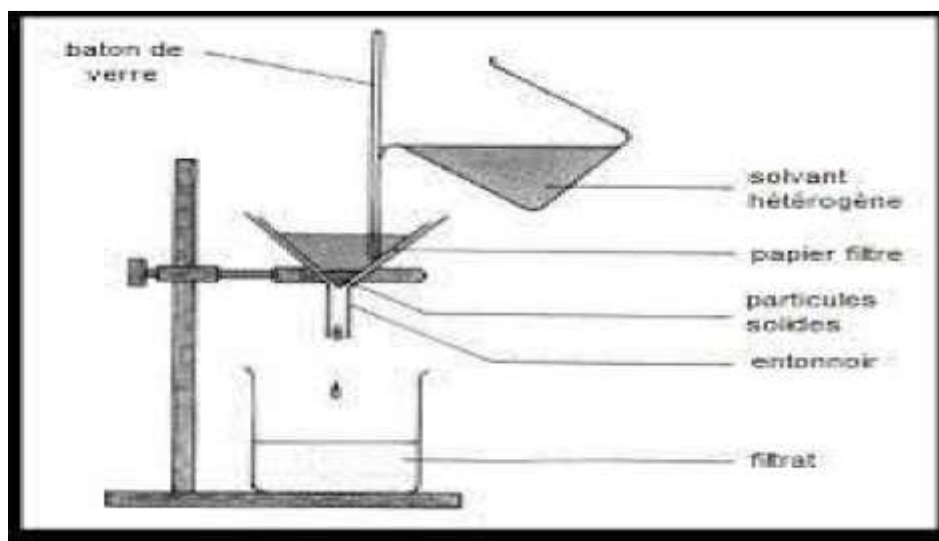


Figure 18- Schéma du montage de l'extraction par les solvants volatils. (Belaidi et al, 2021)

### III.1.9.5.2. Extraction au CO<sub>2</sub> supercritique

L'originalité de cette technique repose sur le solvant utilisé : il s'agit du CO<sub>2</sub> en phase supercritique. L'extraction consiste à comprimer le dioxyde de carbone à des pressions et à des températures au-delà de son point critique (P=72.8 bars et T= 31.1°C). A l'état supercritique, le CO<sub>2</sub> n'est ni liquide, ni gazeux, et cela lui confère un excellent pouvoir d'extraction, modulable à volonté en jouant sur la température de mise en œuvre. Les fluides supercritiques comme le CO<sub>2</sub> sont de bons solvants à l'état supercritique, et de mauvais solvants à l'état gazeux (Peron L., 1992). La figure 19 présente le schéma du montage de l'extraction par CO<sub>2</sub> supercritique

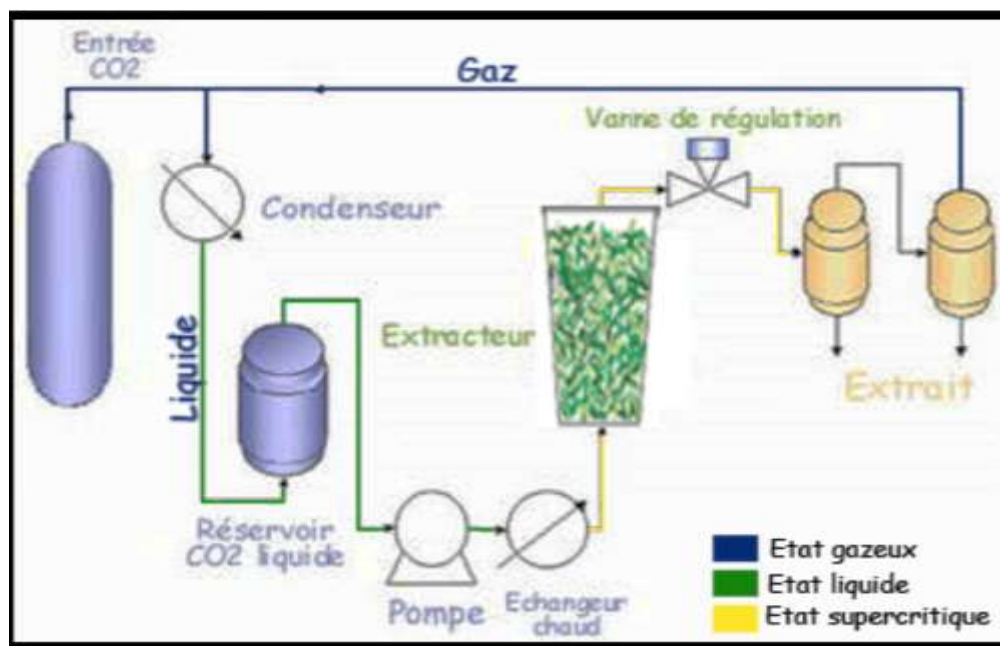


Figure 19- Schéma du montage de l'extraction par CO<sub>2</sub> supercritique (Belaidi et al ,2021)

### III.1.9.5.3. L'extraction par micro-ondes

Au début des années 1990, une technique novatrice, l'hydrodistillation par micro-ondes sous vide (illustrée à la figure 20), a fait son apparition. Ce procédé repose sur le chauffage de la matrice végétale par micro-ondes au sein d'une enceinte close où la pression est réduite de manière séquentielle. Les composés volatils sont alors entraînés par la vapeur d'eau naturellement présente dans la plante. Leur récupération s'effectue ensuite par les étapes classiques de condensation, de refroidissement et de décantation (Zenasni., 2014). Le schéma du montage de l'extraction par micro-ondes est illustré dans la figure 20.

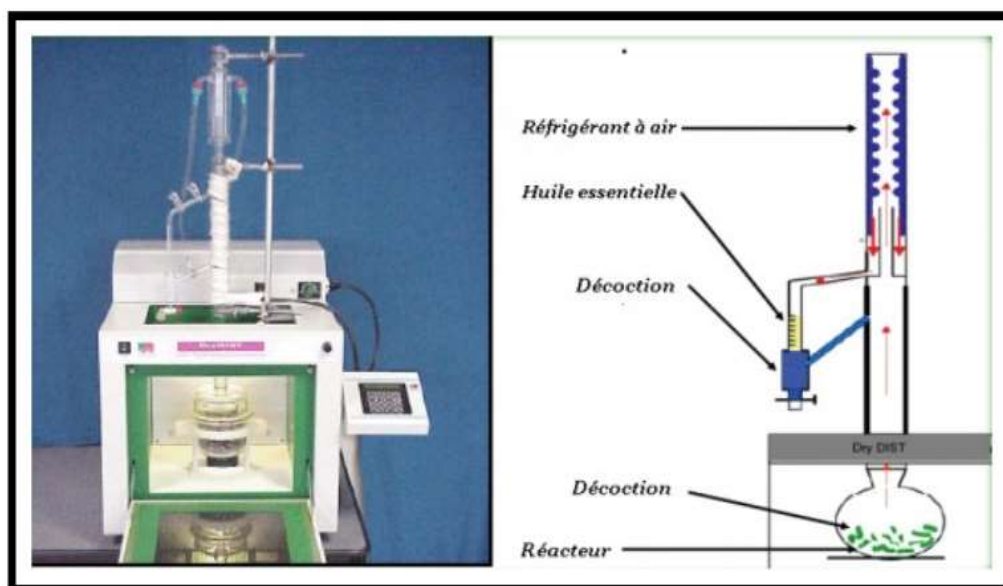


Figure 20- Schéma du montage de l'extraction par micro-onde (Belaidi *et al*, 2021).

### III.1.10/ Constituants de l'huile de menthe

Les principaux constituants de l'huile essentielle de menthe comprennent le menthol, la menthone, et l'isomenthone. Ces composés sont responsables des propriétés anti-inflammatoires, antispasmodiques, et surtout insecticides de l'huile. En fonction de l'espèce de menthe, la proportion de ces constituants peut varier, ce qui peut influencer l'efficacité de l'huile dans des applications spécifiques comme le contrôle des insectes nuisibles. La composition détaillée de l'huile de menthe est présentée dans le tableau 02.

Tableau 02 : Composition de l'huile de menthe (Li, J *et al*. 2011).

Compound	Retention time (min)	Relative contents (%)
$\alpha$ -Pinene	4.383	1.72
$\beta$ -Pinene	5.017	1.17
3-Octanol	5.150	1.5
Limonene	5.717	0.9
Eucalyptol	5.792	0.3
Isopulegol	7.575	1.5
Menthone	7.692	15.98
Isomenthone	7.842	7.89
Neomenthol	7.900	5.96
Menthol	8.017	48.44
<i>p</i> -Menth-1-en-8-ol	8.283	0.63
<i>n</i> -Valeric acid <i>cis</i> -3-hexenyl ester	8.767	0.3
Pulegone	8.958	1.29
2-Cyclohexen-1-one	9.033	1.55
1-Decanol	9.200	0.49
Menthyl acetate	9.642	3.17
$\gamma$ -Elemene	11.150	0.41
Caryophyllene	11.683	0.44
Caryophyllene oxide	13.900	0.54

### **III.1.11/ Informations générales sur l'huile végétale brute**

L'huile essentielle brute de menthe est une huile volatile, limpide et de couleur claire, avec une forte odeur caractéristique. Elle est obtenue par distillation des parties aériennes de la plante. La pureté de l'huile essentielle est déterminée par la méthode d'extraction et les conditions de culture de la menthe. Cette huile est utilisée non seulement en agriculture pour sa fonction insecticide, mais également dans l'industrie cosmétique et pharmaceutique pour ses effets bénéfiques sur la peau et son pouvoir antiseptique.

### **III.1.12/ Utilisation de l'huile de menthe**

L'huile de menthe est utilisée dans divers domaines, notamment l'agriculture, la médecine et les produits de consommation. Dans l'agriculture, elle est utilisée comme biopesticide naturel contre une variété de ravageurs, notamment la pyrale des dattes et les pucerons. En médecine, l'huile de menthe est utilisée pour traiter des affections comme les douleurs musculaires, les maux de tête, les troubles digestifs, ainsi que pour ses effets apaisants et anti-inflammatoires. Elle est également couramment utilisée dans les produits cosmétiques pour ses propriétés rafraîchissantes. (Lyudmila Ananieva, 2017)

### **III.1.13/ Techniques d'extraction de l'huile de menthe**

Les principales techniques d'extraction de l'huile de menthe comprennent la distillation à la vapeur d'eau, l'extraction par solvant, et la pression à froid. La distillation à la vapeur est la méthode la plus courante, car elle permet de récupérer l'huile essentielle sans endommager les composés volatils. L'extraction par solvant est également utilisée dans certaines situations, mais elle peut laisser des résidus chimiques dans l'huile, ce qui peut affecter sa qualité. La pression à froid est utilisée pour extraire les huiles des graines de certaines variétés de menthe, mais cette méthode est moins courante que la distillation.

### **III.1.14/ Toxicité de l'huile de menthe**

Il est crucial de noter que les huiles essentielles ne sont pas des produits anodins. Comme tous les produits naturels, leur origine naturelle ne garantit pas leur innocuité pour l'organisme. Cet aspect est d'autant plus pertinent que leur popularité croissante s'accompagne d'une généralisation de leur usage, notamment dans le cadre de nouvelles pratiques thérapeutiques comme l'aromathérapie. La toxicité des huiles essentielles est principalement déterminée par leur composition chimique complexe et la diversité de leurs molécules. (Benazzouz Amina *et al*, 2012)

**• Toxicité liée à la durée d'exposition :****○ Toxicité aiguë par voie orale :** Se manifeste rapidement après l'ingestion d'huile essentielle.

La DL50 (dose létale 50) est un indicateur de la toxicité aiguë par voie orale, représentant la dose d'huile essentielle capable de tuer 50% d'une population testée dans des conditions expérimentales définies. Elle est exprimée en masse de substance active par masse d'individu (g/kg). Une DL50 faible indique une toxicité élevée.

**○ Toxicité aiguë par voie dermique :** Il s'agit de l'effet néfaste survenant rapidement après l'application cutanée d'une dose unique de la substance testée. La DL50 dermique est la dose unique d'une substance qui, appliquée sur la peau, provoque la mort de 50% des animaux traités. Elle est exprimée en poids de substance par unité de poids d'animal (mg/kg).**○ Toxicité chronique :** Elle est évaluée par la dose tolérée maximum (DMT) et concerne les effets secondaires observés sur l'ensemble de l'organisme, quelle que soit la voie d'administration, lors d'une utilisation répétée d'huiles

Essentielles à des doses inférieures à celles induisant une toxicité aiguë.

**• Toxicité liée aux organes:****○ Hépatotoxicité :** Les phénols sont parmi les principales molécules responsables de la toxicité hépatique, car ils peuvent altérer les cellules du foie. La pulégone est également connue pour sa toxicité hépatique. La dose ingérée et la durée d'exposition sont des facteurs importants. Les personnes souffrant de pathologies hépatiques doivent éviter les huiles essentielles riches en phénols.**○ Néphrotoxicité :** Les reins peuvent métaboliser certains composants des huiles essentielles en métabolites électrophiles potentiellement toxiques. Les monoterpènes (notamment l'alpha-pinène) peuvent endommager les reins, en particulier lors d'une consommation prolongée d'huile essentielle.**○ Neurotoxicité :** Les huiles essentielles riches en cétones, notamment en thuyone, en camphre et en pinocamphone, sont neurotoxiques. Les cétones sont des molécules très actives et potentiellement toxiques, nécessitant une utilisation prudente et étant à éviter chez les personnes neurologiquement fragiles (par exemple, les personnes âgées).**○ Cancérogénicité :** Certaines huiles essentielles contiennent des composés capables d'induire la formation de cancers, comme les dérivés d'allylbenzènes ou de propénylbenzènes (safrole, estragole,  $\beta$ -asarone, méthyl-eugénol).

- **Toxicité dermique** : Certaines huiles essentielles peuvent être dangereuses en application cutanée en raison de leur pouvoir irritant (huiles riches en thymol ou en carvacrol), allergène (huiles riches en cinnamaldéhyde) ou phototoxique (huiles d'agrumes contenant des furocoumarines).

### III.1.15/ Propriétés insecticides de l'huile de menthe

L'efficacité insecticide des huiles essentielles a été prouvée contre les ravageurs des produits stockés, que ce soit par contact direct, ingestion ou inhalation de leurs vapeurs. De nombreuses recherches se sont concentrées sur l'optimisation des méthodes d'application de ces plantes afin de maximiser leur action insecticide (**Isman, 1994**). L'huile de menthe, en particulier l'huile essentielle de menthe poivrée, est reconnue pour ses propriétés insecticides et répulsives contre divers insectes (**Isman, 2000**). Cette action est principalement attribuée à sa richesse en composés tels que le menthol et la menthone, ainsi qu'à d'autres monoterpènes (**Burt, 2004**).

Les composants de l'huile de menthe peuvent perturber le fonctionnement du système nerveux des insectes, entraînant potentiellement leur paralysie et leur mort (**Isman, 2000**). Certains composés peuvent bloquer l'activité de l'acétylcholinestérase, une enzyme vitale pour la transmission des signaux nerveux chez les insectes (**Tripathi et al., 2000**). Les molécules liposolubles de l'huile essentielle peuvent désorganiser la structure et la fonction des membranes cellulaires des insectes (**Shaaya et al., 1997**).

Des travaux de recherche se sont penchés précisément sur la capacité insecticide des huiles essentielles extraites de diverses espèces de menthe, telles que *Mentha spicata* et *Mentha pulegium*, dans la lutte contre la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae*) (**El-Shafie et al., 2003; Adouane, 2023**). Les résultats de ces études indiquent que l'huile de menthe pourrait représenter une option alternative prometteuse aux insecticides conventionnels pour la protection des dattes.

### III.1.16/ Conservation de l'huile essentielle de menthe

Les huiles essentielles doivent être conservées dans des contenants métalliques propres et secs en métaux inoxydables (aluminium ou acier) ou en verre coloré conservés à une température froide (4 °C) à l'abri de la lumière et de l'air. Il faut éviter, d'une part, de mettre très peu d'huile essentielle dans le flacon et, d'autre part d'utiliser des emballages et des bouchons en matière plastique qui peuvent être sensibles au contenu. (**A. Ben Ramdane et al, 2019**).

Pour éviter les erreurs, il est préférable de les conserver dans leur emballage d'origine (avec la notice), et de les garder bien rebouchées (elles sont oxydables et volatiles) et debout (pour éviter que les huiles ne "rongent" le bec compte-gouttes et le bouchon,

qui sont en plastique). Bien conservées, vos huiles essentielles peuvent durer environ 5 ans (seulement 3ans pour les essences d'agrumes ; un peu moins, soit 2 ans pour les huiles essentielles issues d'aiguilles de conifères, comme le pin sylvestre).

*Chapitre IV :*  
*Partie Expérimentale*

## IV.1. Matériel et méthodes

### IV.1.1 / Présentation de la zone d'étude

La région du Souf (Eoued), localisée entre 33° et 34° de latitude Nord et 6° et 8° de longitude Est, se situe dans la partie nord-est de l'Algérie, précisément sur les marges septentrionales de l'Erg Oriental. Elle est délimitée à l'ouest par la traînée des chotts de l'Oued Righ, au nord par les chotts Merouane, Melrhir et Rharsa, et à l'est par l'étendue du chott tunisien El-Djerid. Sa limite méridionale coïncide avec l'extension du Grand Erg Oriental (Fig. 21).

La région du Souf est caractérisée par un climat de type saharien, manifestant une amplitude thermique significative tant sur une échelle diurne que saisonnière. Cette zone est reconnue pour ses étés à forte intensité thermique, comparables à ceux observés dans les régions centrales du Sahara. Les précipitations y sont faibles (moyenne pluviométrique annuelle inférieure à 60 mm) et présentent une distribution temporelle irrégulière, avec des variations intermensuelles et interannuelles notables. De plus, la région est soumise à un régime de vents forts et constants, dont l'influence est exacerbée par la faible rugosité du sol, l'absence de relief significatif et la rareté du couvert végétal. (Berra *et al*, 2023).

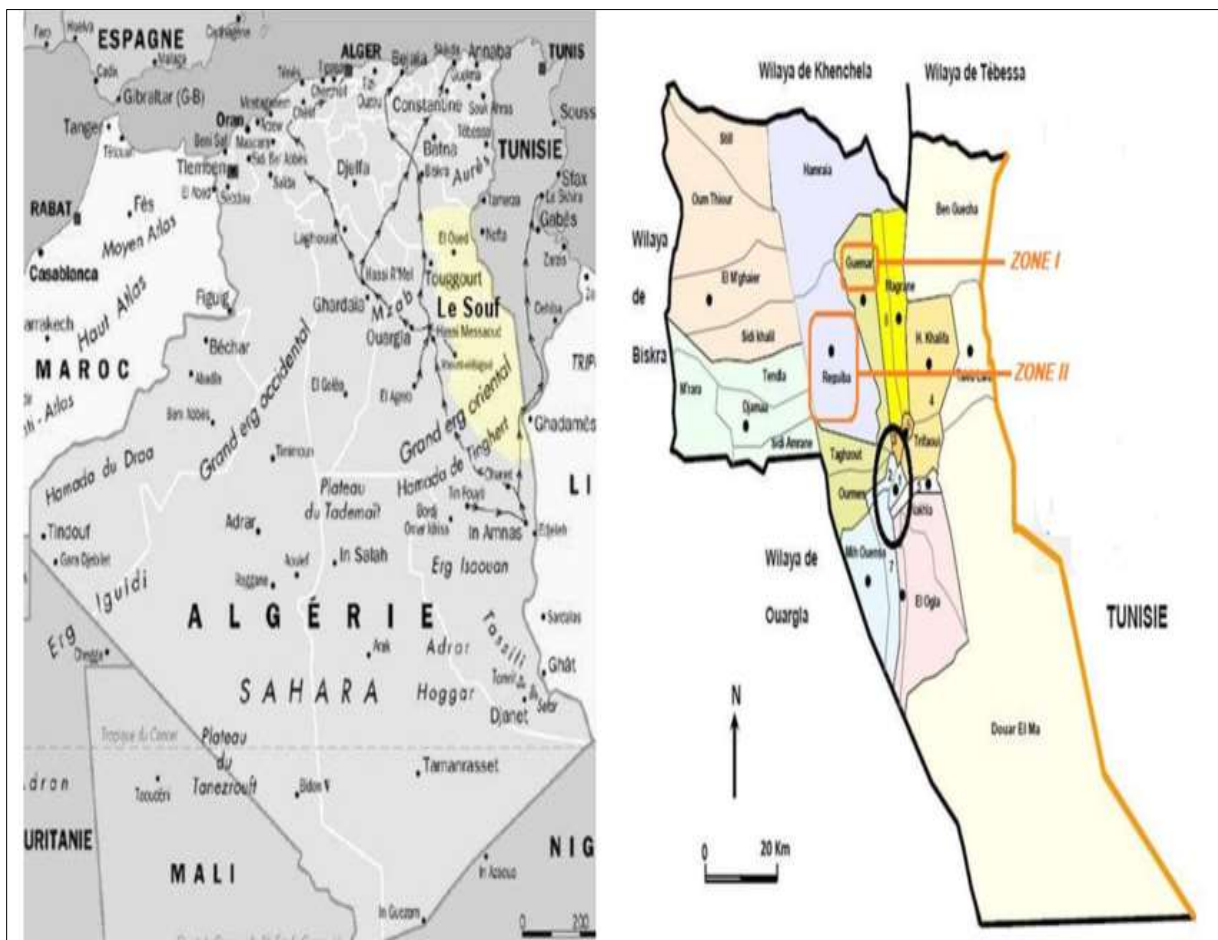


Fig 21- : Carte géographique de la région d'Eloued (Djouhri, *et al*. 2023).

## IV.1.2 / Matériel utilisé

La recherche a été menée au laboratoire du département des sciences de la nature et de la vie de l'université Hamma Lakhdar à El Oued. Notre objectif était d'évaluer l'effet insecticide de l'huile de menthe sur la pyrale de datte (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller).

L'équipement employé pour l'expérience est le suivant :

### IV.1.2.1 / Équipement de laboratoire

Le dispositif appliqué au traitement de la pyrale de datte en laboratoire comprend les éléments suivants : Bêchers (différentes tailles) ; Boîtes de Pétri (en plastique) ; Flacons (divers usages et matériaux) ; Ballon à fond rond en verre (2000 ml) ; Entonnoir ; micropipettes ; Pincettes ; Papier filtre ; L'étuve de séchage ; Eau distillée ; DMSO ; ethanol.

### IV.1.2.2 / Matériels animales :

Un échantillonnage des ravageurs des dattes stockées dans la wilaya d'El Oued a été réalisé dans le cadre de l'évaluation pratique de l'efficacité de l'insecticide étudié. Cet échantillon comprenait : 200 larves (fig.23) de pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller) et 200 adultes (fig.22).

Les pyrales ont été prélevées dans des entrepôts de dattes de la wilaya d'El Oued, ciblant les deux variétés prédominantes dans la région : Deglet Nour et Deglet Beida. Suite à leur collecte, les échantillons ont été transférés au laboratoire où des conditions environnementales contrôlées ont été mises en place pour assurer leur maintien en vie.

Ces conditions incluaient la mise à disposition d'une source nutritive appropriée (constituée du même type de datte que celui d'origine des échantillons) et une aération adéquate.

Ces échantillons ont ensuite été utilisés comme matériel biologique pour évaluer l'effet de différentes concentrations de l'insecticide étudié, en comparaison avec un groupe témoin non exposé.



**Fig 22 :** Adulte de pyrale des dattes (originale 2025)



**Fig 23 :** Larves des dattes (originale 2025)

### IV.1.3/ Matériel végétal

Le matériel végétal étudié est constitué des parties aériennes de deux espèces de la famille des Lamiacées (*Mentha spicata* et *Mentha longifolia*), récoltées dans la région d'El Oued (Algérie). Une partie du matériel a été achetée sur le marché local et une autre prélevée directement dans des vergers cultivés. L'identification des deux espèces a été confirmée par monsieur Ghemmam Amara Djilani, Professeur au département de biologie de l'Université d'El Oued.

### IV.1.4/ Méthodes expérimentales

#### IV.1.4.1/ Étapes d'extraction de l'huile essentielle de menthe

##### Protocole d'extraction d'huile essentielle de *Mentha longifolia* et *Mentha Spicata*

#### 1. Collecte et préparation du matériel végétal :

Les parties aériennes comprenant les feuilles et les tiges. La masse fraîche estimée était d'environ 600 grammes pour chaque espèce. Après la collecte, le matériel a été soigneusement nettoyé à l'eau pour éliminer les saletés et la poussière, puis égoutté avant l'étape de séchage.

#### 2. Séchage du Matériel Végétal à l'Étuve :

Le matériel végétal propre a été étalé en fines couches dans une étuve à air forcé, maintenue à une température maximale de 43 °C (Fig. 24). Le séchage a été poursuivi jusqu'à une diminution notable de la teneur en eau, attestée par la fragilité des échantillons au toucher, pour une durée de deux à trois jours maximum.

La masse du matériel végétal séché a été significativement inférieure à

La masse fraîche. Les quantités obtenues après séchage étaient de 240 g de 190 g pour *Mentha longifolia*.



**Fig-24** : l'étuve de séchage (originale 2025)

#### 3. Extraction par l'Appareil de Clevenger

Une masse de 100 grammes (g) de matériel végétal séché et grossièrement coupé a été introduite dans le ballon de distillation d'un appareil de Clevenger d'une capacité de 2 litres pour chaque espèce. (Fig 25), 1.2 litre d'eau distillée a été ajouté au ballon de distillation. Le ballon a été chauffé pour initier une ébullition douce et continue, et la distillation a été maintenue pendant une durée de 1 à 3 heures, En veillant à maintenir une température adéquate du condenseur afin d'optimiser le rendement du processus.



**Fig 25** : l'appareil de Clevenger (originale 2025)

L'accumulation d'huile essentielle dans le tube gradué de l'appareil de Clevenger a été surveillée, avec la partie graduée recouverte de papier aluminium pour la protéger de la lumière.

#### 4. L'Huile essentielle :

Après la distillation, l'huile essentielle a été laissée se séparer de l'hydrolat dans l'appareil de Clevenger. L'extraction de la couche supérieure d'huile essentielle a été réalisée avec précaution par soutirage de l'excès d'eau sous-jacente, et ce jusqu'à l'apparition de la première goutte d'huile. L'huile récupérée a ensuite été transférée dans un flacon en verre opaque. La masse de l'huile essentielle a été déterminée par pesée du flacon vide, puis du flacon contenant l'huile.

La différence correspondant à la masse de l'huile extraite, exprimée en grammes (g). (Fig 26)



**Fig 26 :** Huile essentielle de menthe

Le processus d'extraction a été répété pour chaque espèce végétale, en veillant à nettoyer l'appareil avec de l'éthanol liquide lors du changement d'espèce afin d'éviter toute contamination croisée.

#### IV.1.4.2/ Calcul du rendement :

Le rendement en huile essentielle a été déterminé pour chaque espèce de menthe conformément à la formule suivante : (Mouloud Ferdous et Djellaoui Fella, 2019).

$$\text{Rendement (\%)} = \text{Masse d'huile extraite (g)} / \text{Masse de matière végétale sèche (g)} \times 100$$

#### IV.1.5/ Test de l'activité insecticide de l'huile essentielle de menthe sur la pyrale

L'étude cible *Ectomyelois ceratoniae* Zeller, un ravageur majeur des dattes stockées, afin d'évaluer le potentiel insecticide des huiles essentielles de deux espèces de menthe (*Mentha spicata* et *Mentha longifolia*) et de leur mélange. L'approche expérimentale distingue deux voies d'exposition : l'inhalation des vapeurs pour les adultes et le contact direct pour les larves (tab. 03).

**Tableau 03 :** Doses utilisées dans le test de contact et inhalation pour l'huile essentiel de menthe.

Doses	D1	D2	D3	D4
µl/ml	100	250	500	1000

On a préparé des dosages variés à partir d'une solution d'huile essentielle de menthe (*Mentha spicata* et *Mentha longifolia*) et de leur mélange avec une solution de DMSO (Diméthyl sulfoxyde) un solvant chimique, ou on a obtenu des concentrations de 10%, 25%, 50% et 100%.

**Matériel et Méthodes :****1. les insectes du teste :**

- **Larves** : Des larves au stade larvaire indéterminé d'*E. ceratoniae* Zeller ont été sélectionnées et réparties aléatoirement en groupes homogènes de quatre individus par boîte de Petri (n=4 par réplicat, deux réplicats par traitement).
- **Adultes (Papillons)** : Des adultes d'*E. ceratoniae* Zeller ont été collectés et répartis aléatoirement en groupes homogènes de cinq individus par flacon (n=5 par réplicat, deux réplicats par traitement).

**2. Préparation des huiles essentielles (HE) et des solutions :**

Les huiles essentielles pures de *Mentha spicata* et *Mentha longifolia* ont été utilisées. Un mélange a été préparé à partir de volumes égaux des deux huiles et homogénéisé. Les dilutions suivantes ont été préparées (tab. 04) :

**Tableau 04** : Les dilutions utilisées dans le traitement.

Les Solutions	Volume d'HE %	Volume diluant % (DMSO)
Solution 50%	50%	50%
Solution 25%	25%	75%
Solution 10%	10%	90%
Solution 100%	100%	00%

Huiles essentielles pures de *Mentha spicata* et *Mentha longifolia*. Un mélange des deux huiles a été préparé par combinaison de volumes égaux et homogénéisé. (Fig. 27). Les dilutions suivantes ont été préparées.



**Fig 27** : Préparation des solutions et émulsions des huiles essentielles (**originale 2025**)

- **Solutions pour l'inhalation (Adultes)** : Des solutions aux concentrations de 100%, 50%, 25% et 10% (v/v) ont été préparées par dilution sérielle de l'huile essentielle pure (ou du mélange) dans du Diméthylsulfoxyde (DMSO) de qualité analytique.
- Les dilutions ont été ajustées pour obtenir un volume approprié exprimé en microlitres pour l'imprégnation du support.

- **Solutions pour le contact direct (Larves) :** Des solutions aux concentrations de 100%, 50%, 25% et 10% (v/v) ont été préparées par dilution sérielle de l'huile essentielle pure (ou du mélange) dans du (DMSO) de qualité analytique.

### 3. Procédures Expérimentales :

- **Inhalation (Adultes) :** Cinq individus adultes d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller sont placés par flacon hermétique de 100 mL. Les huiles essentielles (*Mentha spicata*, *Mentha longifolia*, mélange) ou le solvant (DMSO) sont appliqués sur un coton suspendu. Deux flacons (réplicats) sont utilisés pour chaque concentration testée (100%, 50%, 25%, 10%) de chaque huile et du mélange. Deux groupes de contrôle sont également inclus : un groupe non traité et un groupe traité avec le DMSO à 100%, chacun avec deux réplicats de cinq individus (figure. 28). La mortalité est observée et enregistrée à intervalles définis pour évaluer l'efficacité.



**Fig 28 :** Technique d'inhalation (Adultes) (originale 2025)

- **Contact direct (Larves) :** L'activité insecticide par contact direct sur les larves d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller est évaluée en plaçant 4 larves par boîte de Petri. 100  $\mu$ L des solutions d'huiles essentielles (*Mentha spicata*, *Mentha longifolia*, mélange) ou du solvant (DMSO) sont uniformément répartis sur un papier filtre recouvrant la surface interne de la boîte (fig.29). Deux réplicats sont utilisés pour chaque condition testée aux concentrations de 100%, 50%, 25% et 10%. Deux groupes de contrôle sont inclus : un groupe non traité et un groupe traité avec le DMSO à 100%, chacun avec deux réplicats de 4 larves. La mortalité des larves est observée et enregistrée à des intervalles de temps définis.



**Fig 29 :** Technique contact direct (Larves) (originale 2025)

#### 4. Conditions Expérimentales :

Les unités expérimentales (flacons et boîtes de Petri) ont été incubées dans des conditions environnementales contrôlées, incluant une température maintenue à  $28 \pm 1$  °C, humidité relative régulée à  $70 \pm 5$  %, une ventilation adéquate pour le renouvellement de l'air, et un apport nutritif.

#### IV.1.6/ Effet attractif ou répulsif des huiles essentielles de menthe sur les pyrales des dattes (adultes) :

Dans ce test basé sur le comportement, considéré comme une continuation de la méthode d'inhalation et visant à mieux simuler les conditions réelles, l'effet odorant de l'huile essentielle de *Mentha longifolia* et d'un mélange a été évalué sur des adultes d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller placés dans une cage entomologique.

Pour réaliser l'expérience, 15 papillons adultes ont été placés dans une cage entomologique fermée de 0,25 mètre cube. Deux points de test opposés ont été mis en place avec des dattes : d'un côté, des dattes traitées avec des morceaux de coton imprégnés de 250 microlitres d'huile essentielle (comprenant l'huile essentielle de *Mentha longifolia* et le mélange, chacun testé à deux concentrations : 10 % et 25 %) ; de l'autre, des dattes témoins non traitées ont été placées à titre de comparaison (figure. 30). L'expérience a été menée pendant 48 heures, dans le but d'observer et d'analyser les mouvements et les réponses comportementales des papillons au cours du temps, afin de déterminer les éventuels effets répulsifs des huiles essentielles et du mélange testé.



**Fig 30 :** Cage entomologique (originale 2025)

### IV.1.7 / Évaluation de la mortalité des larves de la pyrale des dattes par effet de contact

Dans le cadre du premier protocole expérimental insecticide, l'évaluation de l'activité par contact direct des huiles essentielles de *Mentha longifolia*, *Mentha spicata*, et de leur mélange sur la mortalité des larves d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (pyrale des dattes) est réalisée.

La mortalité larvaire est enregistrée à 1, 12, 24, 48 et 72 heures post-exposition sous conditions environnementales contrôlées. Le suivi des groupes témoins est inclus pour la comparaison des résultats et en même temps, le groupe traité par le DMSO (diméthylsulfoxyde) doit être surveillé. Cette méthode permet de quantifier l'efficacité des différents traitements.

### IV.1.8/ Évaluation de la mortalité des adultes par inhalation

L'étude évalue l'activité insecticide par inhalation des huiles essentielles de *Mentha longifolia*, *Mentha spicata*, et de leur mélange sur les adultes d'*Ectomyelois ceratoniae*. Des lots d'adultes sont exposés aux vapeurs des huiles essentielles (10 % à 100 % dans DMSO) en enceintes confinées, Des témoins non traité sont inclus.

La mortalité est observée à 1, 12, 24, 48 et 72 heures post-exposition sous conditions contrôlées pour quantifier l'efficacité.

## IV.2. Analyse des résultats :

Cette section présente l'analyse des données de mortalité obtenues suite à l'exposition des larves et des adultes d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller aux huiles essentielles de *Mentha longifolia*, *Mentha spicata*, et de leur mélange, par différentes voies d'application (contact, inhalation). L'objectif est de quantifier l'effet insecticide des huiles en déterminant la mortalité observée et corrigée, ainsi que les doses et les temps létaux caractéristiques.

### IV .2.1/ Calcul de la mortalité observée et corrigée

Pour chaque traitement (huile essentielle, concentration, voie d'exposition) et pour chaque point temporel d'évaluation (24h, 48h, 72h pour les larves ; 24h, 48h pour les adultes), la mortalité observée a été calculée en déterminant le pourcentage d'insectes morts par rapport au nombre total d'insectes initialement exposés dans chaque réplicat. La formule utilisée est la suivante : (Oudjana Aicha et al, 2022).

$$\text{Mortalité observée (\%)} = (\text{Nombre d'insectes morts} / \text{Nombre total d'insectes exposés}) \times 100$$

Afin de tenir compte de la mortalité naturelle ou des effets potentiels des témoins (solvant seul), la mortalité corrigée a été calculée en utilisant la formule d'Abbott :

**Mortalité corrigée (%)** = [(Mortalité observée dans le traitement (%) - Mortalité observée dans le témoin (%)) / (100 - Mortalité observée dans le témoin (%))] × 100

## IV .2.2 / Calcul des doses et des temps létaux

Afin de quantifier de manière plus précise l'activité insecticide des huiles essentielles, des analyses statistiques de type **probit** ont été réalisées sur les données de mortalité corrigée. Ces analyses permettent d'estimer les doses létales (DL) et les temps létaux (TL) nécessaires pour induire un certain niveau de mortalité au sein de la population d'insectes testée (**Oudjana Aicha et al., 2022**). Les valeurs des doses et des temps létaux sont déduites à partir des droites de régression établies entre les probits proportionnels et le logarithme des doses ou du temps d'exposition.

### IV .2.2.1/ Détermination des doses létales DL50 et DL90

Les doses létales 50 (DL50) et 90 (DL90), correspondant aux concentrations nécessaires pour provoquer la mortalité de 50 % et 90 % des larves par contact, ont été déterminées à l'aide d'une analyse probit appliquée aux pourcentages de mortalité corrigés en fonction du logarithme des concentrations utilisées (**Oudjana Aicha et al., 2022**). Pour garantir la robustesse et la fiabilité de ces estimations, des logiciels statistiques spécialisés ont été employés en complément de l'utilisation du logiciel **Excel**, permettant d'obtenir des résultats cohérents et encourageants.

### IV .2.2.2/ Détermination des temps létaux TL50 et TL90

Les temps létaux 50 (TL50) et 90 (TL90), représentant le délai nécessaire pour induire respectivement la mort de 50 % et 90 % de la population testée, ont été estimés par régression probit du pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme du temps d'exposition, pour l'effet par inhalation chez les adultes et par contact chez les larves (**Oudjana Aicha et al., 2022**). La conversion des pourcentages de mortalité en valeurs probit est présentée dans le **Tableau 05**. L'établissement des droites de régression de type  $Y = ax + b$  (avec **Y** le probit de mortalité corrigée et **x** le logarithme de la dose ou du temps) a été effectué à l'aide d'**Excel** et du test de **Kruskal-Wallis** (**Hamidi, 2014**). De plus, l'utilisation de logiciels statistiques spécialisés a permis d'affiner ces calculs et de valider la précision des valeurs DL50, DL90, TL50 et TL90, lesquelles ont démontré une efficacité prometteuse des huiles essentielles étudiées.

**Tableau 05** : Table de transformation des pourcentages en probit (Hamidi et al, 2014)

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.25	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
40	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
50	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33
—	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
99	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.65	7.75	7.88	8.09

# *Chapitre V :*

## *Résultats et discussion*

## V .1/ Estimation du rendement :

- À partir de 240 g de matière sèche de *Mentha spicata*, une masse de 3 g d'huile essentielle pure a été obtenue.
- À partir de 190 g de *Mentha longifolia*, une masse de 3.09 g d'huile essentielle pure a été obtenue.

Calcul du rendement pour chaque espèce :

### 1. *Mentha spicata* :

$$\text{Rendement (\%)} = (3 \text{ g} / 240 \text{ g}) \times 100 = 1.25 \%$$

### 2. *Mentha longifolia* :

$$\text{Rendement (\%)} = (3.09 \text{ g} / 190 \text{ g}) \times 100 \approx 1.63 \%$$

L'hydrodistillation a révélé des rendements de 1.25 % pour *Mentha spicata* et 1.63 % pour *Mentha longifolia* (récolte février-mars). Pour *M. spicata*, ce rendement s'inscrit dans la variabilité algérienne (0.33 % - 2.16 %) et est légèrement supérieur aux 0.93 % (Moussaoui, 2019) et 0.75-0.81 % (Saidani & Chibane, 2021). Concernant *M. longifolia*, le rendement excède les 1.2 % rapportés pour le Hoggar (Mouloud & Djellaoui, 2020).

Ces variations suggèrent une influence des conditions locales sur l'accumulation d'huile, tout en restant comparables au potentiel national des espèces.

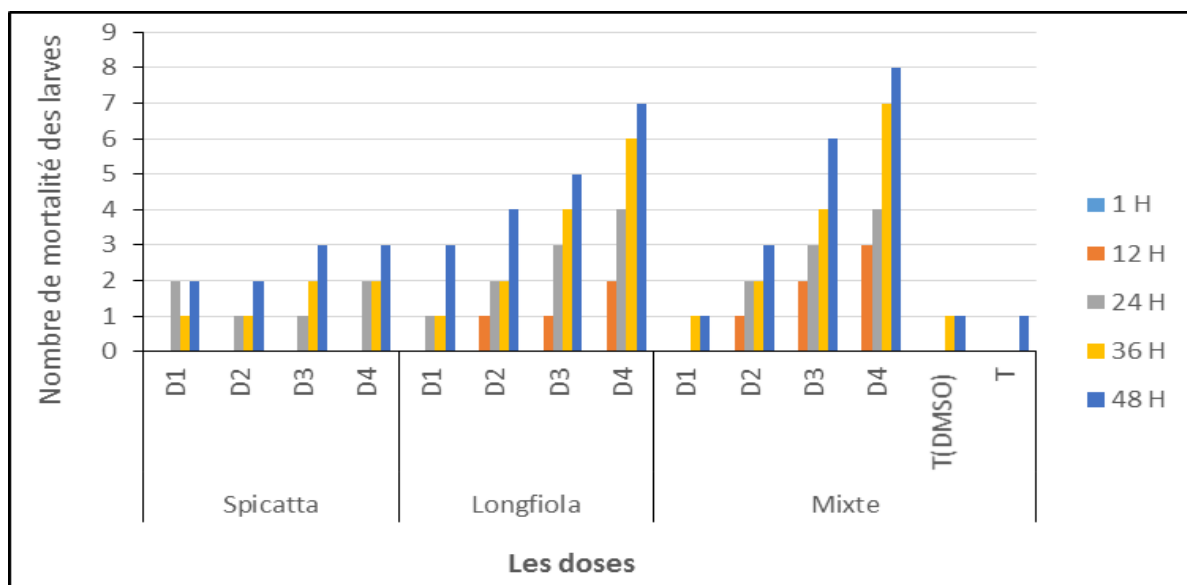
## V .2/ Test de l'activité insecticide de l'huile essentielle de menthe

### V.2.1/ Effet des doses d'huile végétale de menthe sur les larves d'*E. Ceratoniae* Zeller

Cette étude évalue l'efficacité potentielle de l'huile de menthe (*Mentha spicata*, *Mentha longifolia*) et leur mélange en différentes concentrations, comme insecticide contre les larves d'*Ectomyelois ceratoniae*, les bio essais mesurent la mortalité cumulative des larves exposées à l'huile de menthe par contact, Les résultats sont détaillés dans le tableau et le graphique ci-dessous (Tab. 06) et la (fig .31).

**Tableau 06** : Évaluation de la mortalité cumulative des larves par contact.

Traitemen t	<i>M.Spicata</i>				<i>M.Longfiola</i>				Mixte				T (DMSO)	T
	D1	D2	D 3	D4	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4		
1 H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 H	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	2	3	0	0
24 H	2	1	1	2	1	2	3	4	0	2	3	4	0	0
36 H	1	1	2	2	1	2	4	6	1	2	4	7	1	0
48 H	2	2	3	3	3	4	5	7	1	3	6	8	1	1



**Fig 31** : L'évaluation de la mortalité des larves par contact

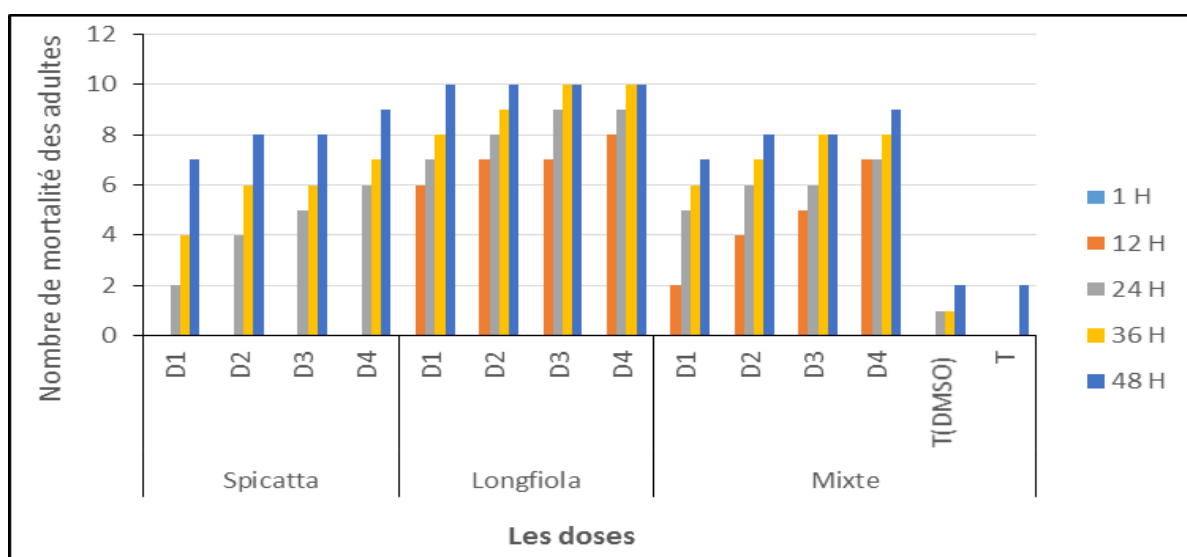
La variété *Mentha spicata* a montré une bioactivité modérée, avec une faible mortalité observée jusqu'à 48 heures, ce qui reste comparable aux tendances observées par **Bhir et Guennoui (2020)** pour *Citrullus colocynthis*, où une mortalité modeste (35 %) apparaît dès 24 heures pour les faibles doses et augmente pour atteindre 100 % aux doses supérieures après 96 heures d'exposition. En revanche, *Mentha longifolia* a affiché une activité insecticide de contact plus marquée, avec une mortalité croissante à la concentration de 100 %, atteignant 7 morts sur 8 larves après 48 h, tandis que l'efficacité diminuait aux concentrations plus faibles. Le mélange des deux huiles a produit un effet intermédiaire entre *M. spicata* et *M. longifolia*, avec une mortalité maximale de 8 sur 8 à 48 h. Le solvant DMSO et le témoin négatif n'ont causé aucune mortalité, confirmant que l'effet observé est exclusivement dû aux huiles testées. Dans l'ensemble, *Mentha longifolia* se distingue par une efficacité supérieure et un mode d'action progressif nécessitant un temps d'exposition prolongé, tout comme *Citrullus colocynthis* selon **Bhir et Guennoui (2020)**, ce qui souligne le potentiel prometteur de *Mentha longifolia* comme insecticide naturel, et l'importance de recherches complémentaires pour optimiser son usage.

#### **V.2. 2 / Évaluation de la mortalité cumulative des adultes de la pyrale des dattes traités par inhalation avec l'huile de menthe**

L'étude évalue l'efficacité insecticide par inhalation de l'huile essentielle de menthe (*Mentha spicata*, *Mentha longifolia*) et leur mélange en différentes concentrations contre les adultes de la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller) (Tab .07) et la (fig.32). Les résultats sont détaillés dans le tableau et le graphique ci-dessous.

**Tableau 07** : Mortalité cumulée des adultes par inhalation de l'huile essentielle de menthe.

Traitement	<i>M.Spicata</i>				<i>M.Longifolia</i>				Mixte				T(DMSO)	T
	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4		
<b>1 H</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>12 H</b>	0	0	0	0	6	7	7	8	2	4	5	7	0	0
<b>24 H</b>	2	4	5	6	7	8	9	9	5	6	6	7	1	0
<b>36 H</b>	4	6	6	7	8	9	10	10	6	7	8	8	1	0
<b>48 H</b>	7	8	8	9	10	10	10	10	7	8	8	9	2	2

**Fig 32.** Évaluation de la mortalité des adultes par inhalation

Les données du tableau révèlent un effet insecticide des huiles essentielles testées qui dépend clairement du temps et de la concentration, avec des différences notables entre les espèces. Les groupes traités avec (DMSO) et les témoins, montrent une mortalité minimale, indiquant que le solvant et la mortalité naturelle ne contribuent pas de manière significative aux effets observés.

*Mentha longifolia* présente l'activité insecticide la plus forte, avec une mortalité augmentant à la fois avec la concentration et le temps d'exposition. À la concentration la plus élevée (D1), la mortalité atteint 100% à 48 heures, démontrant son puissant effet larvicide.

*M. Spicata* montre un effet moins prononcé, avec des taux de mortalité plus faibles à toutes les concentrations et tous les points temporels.

Le traitement Mixte démontre un niveau intermédiaire d'activité insecticide, se situant généralement entre celui de *M. Longifolia* et de *M. Spicata*. L'augmentation de la mortalité au

fil du temps observé dans les traitements *M. Longifolia* et Mixte suggère un effet toxique cumulatif.

Dans l'ensemble, *M. Longifolia* semble être l'insecticide le plus efficace contre les adultes dans cette étude.

### **V.2.3. Évaluation d'Effet répulsif des huiles essentielles de menthe sur les pyrales des dattes (adultes)**

Observations comportementales de la pyrale de la datte face à l'huile essentielle de menthe à feuilles longues *Mentha longifolia*. Dans le cadre d'une évaluation de l'efficacité de l'huile essentielle de menthe à feuilles longues (seule ou en mélange) comme répulsif ou attractif pour la pyrale de la datte, (Adulte) par inhalation, des observations comportementales distinctes ont été enregistrées à deux concentrations différentes. À une concentration de 10%, une dispersion comportementale des insectes a été notée pendant la première heure, oscillant entre répulsion et indifférence. Les insectes se sont dispersés à divers endroits de la cage, y compris sur les échantillons traités, sans changement de comportement au fil du temps. Le jour suivant, les insectes ont retrouvé un comportement normal de coexistence, suggérant l'absence d'effet persistant à cette concentration.

En contraste, la concentration de 25% a provoqué une répulsion totale et immédiate des insectes vers l'extrémité opposée de l'échantillon non traité dès les premières minutes, comportement qui a persisté tout au long de la période d'observation initiale. Plus significativement, le deuxième jour, on a constaté la mort de toutes les pyrales de la datte adultes, soulignant une efficacité insecticide ou hautement répulsive de cette concentration

## **V .3 Calcul des DL50 et DL90 et TL 50 et TL90 :**

### **V .3.1. Calcul des DL50 et DL90**

Les valeurs de DL50-90 ont été déterminées à partir de l'équation de régression basée sur les transformations des moyennes de mortalité cumulées sur 24 heures de l'observation en probit, et des doses en logarithmes, pour les différents traitements à l'huile végétale des deux variétés de menthe (*M. Spicata*), (*M. Longifolia*) et leur mélange (mixte).

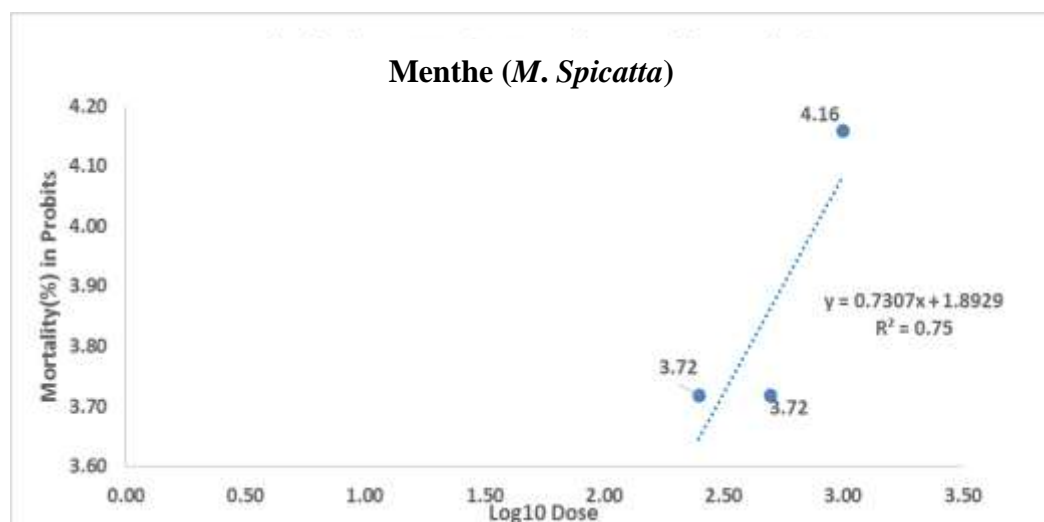
#### **V .3.1.1. Les larves**

- *Mentha spicata*

Le tableau (**tab .08**) présente les logarithmes décimaux des doses de l'huile végétale de menthe (*M. Spicata*) et les probits des taux moyens de mortalité cumulée en 24 heures chez les larves de la pyrale des dattes. Nous avons fait sortir les droites de régression présentées dans la figure qui suivent (**fig .33**).

**Tableau 08** : Calcul de DL50 et DL90 correspondants aux 24 heures d'observation chez les larves de la pyrale des dattes traitées par l'huile de *M. Spicatta*.

Temps	Equation Y	DL50 $\mu\text{l/ml}$	DL90 $\mu\text{l/ml}$
24H	$y=0,7307x+1,8929$	Nd	Nd



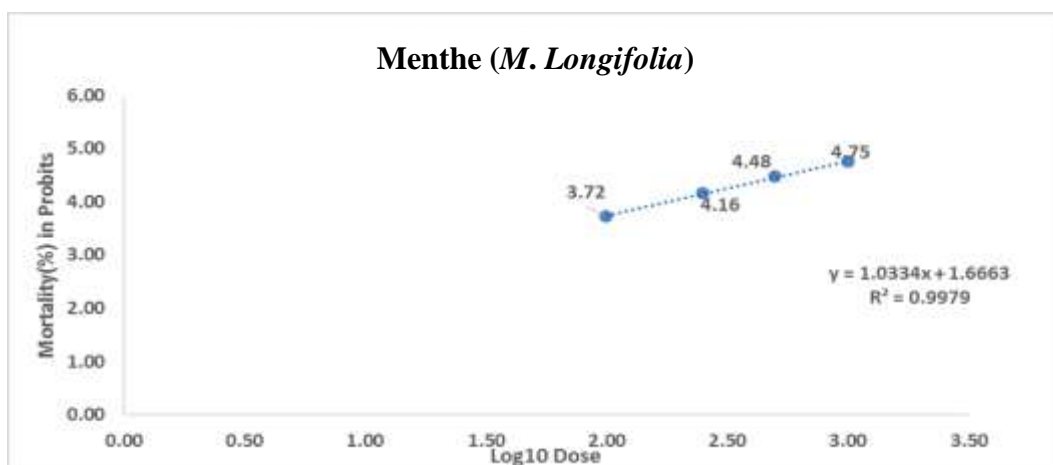
**Figure 33** : Les effets de contact de l'huile de *M. Spicatta* pour la mortalité des larves de la pyrale de la datte après 24 heures.

La droite de régression de la figure nous a permis de faire sortir la DL50 et la DL90 chez les larves traitées par l'huile végétale de menthe (*M. Spicatta*.), ainsi que l'analyse en probit (**Tab 08.**) montre que la DL50 et la DL 90 enregistrés après 24 heures de traitement sont, non déterminés.

- *Mentha Longfiola*

**Tableau 09** : Calcul de DL50 et DL90 correspondants aux 24 heures d'observation chez les larves de la pyrale des dattes traitées par l'huile de *M. Longfiola*

Temps	Equation Y	DL50 $\mu\text{l/ml}$	DL90 $\mu\text{l/ml}$
24H	$y=1,0334x+1,6663$	182,623	312,761



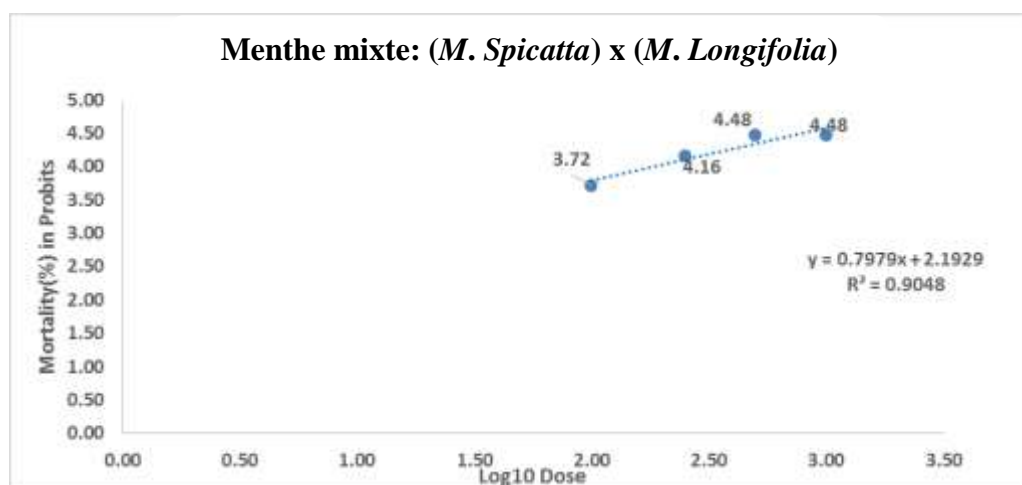
**Figure 34 :** Les effets de contact de l'huile de *M. Longifolia* pour la mortalité des larves de la pyrale de la dattes après 24 heures.

La droite de régression de la (**figure .34**) nous a permis de faire sortir la DL50 et la DL90 chez les larves traitées par l'huile végétale de menthe (*M. Longifolia.*), ainsi que l'analyse en probit (**Tab 09.**) montre que la DL50 enregistré après 24 heures de traitement est de 182,623 ul/ml, alors que la DL 90 est de 312,761 ul/ml.

- **Menthe mixte**

**Tableau 10 :** Calcul de DL50 et DL90 correspondants aux 24 heures d'observation chez les larves de la pyrale des dattes traitées par l'huile de v. mixte

Temps	Equation Y	DL50 µl/ml	DL90 µl/ml
24H	$y=0,7979x+2,1929$	259,281	Nd



**Figure 35 :** Les effets de contact de l'huile de Menthe mixte : (*M. Spicatta*) x (*M. Longifolia*) Pour la mortalité des larves de la pyrale de la dattes après 24 heures.

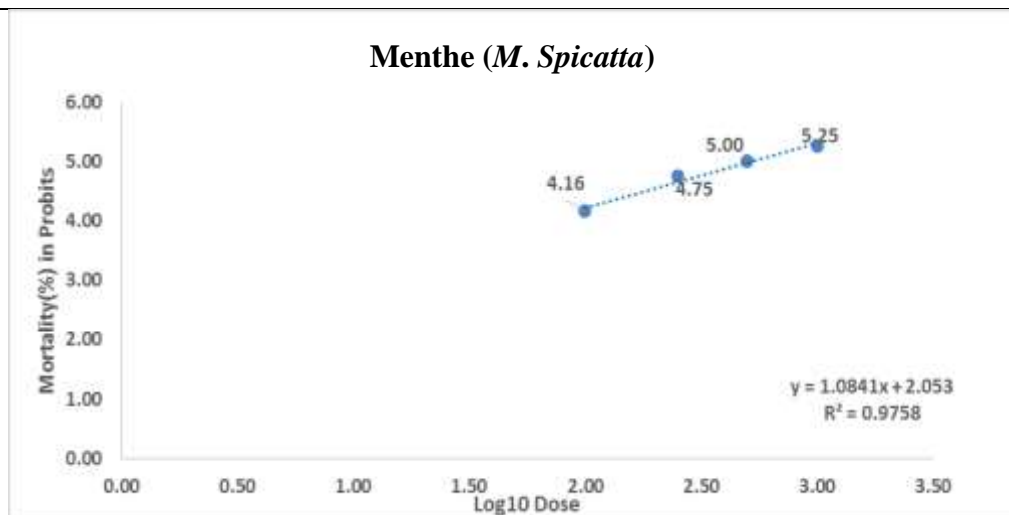
La droite de régression de la (**figure.35**) nous a permis de faire sortir la DL50 et la DL90 chez les larves traitées par l'huile végétale de menthe (v. Mx.), ainsi que l'analyse en probit (**Tab.10**) montre que la DL50 enregistré après 24 heures de traitement est de 259,281 ul/ml, alors que la DL 90 est non déterminé.

### V .3.1.2. Les adultes

- *Mentha spicata*

**Tableau 11** : Calcul de DL50 et DL90 correspondants aux 24 heures d'observation chez les adultes de la pyrale des dattes traitées par l'huile de *M. Spicata*

Temps	Equation Y	DL50 $\mu$ /ml	DL90 $\mu$ /ml
24H	$y=1,0841x+2,052$	522,512	990,084



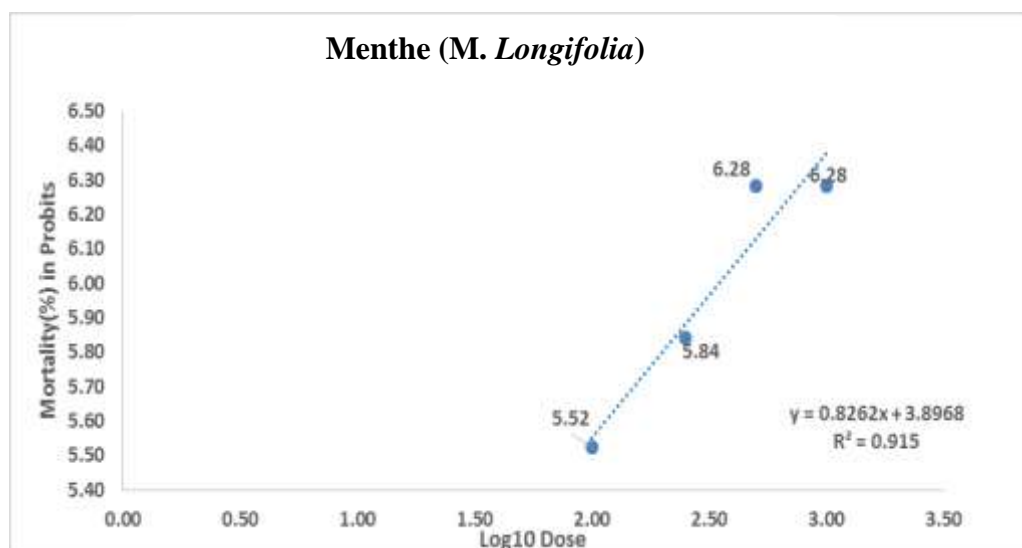
**Figure 36** : Effet par inhalation d'huile de (*M. Spicata*) sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes après 24 heures.

La droite de régression de la (**figure .36**) nous a permis de faire sortir la DL50 et la DL90 chez les adultes traitées par l'huile végétale de menthe (*M. Spicata*.), ainsi que l'analyse en probit (**Tab.11**) montre que la DL50 enregistré après 24 heures de traitement est de 522,512 ul/ml, alors que la DL 90 est de 990,084 ul/ml.

- *Mentha Longfiola*

**Tableau 12** : Calcul de DL50 et DL90 correspondants aux 24 heures d'observation chez les adultes de la pyrale des dattes traitées par l'huile de *M. Longfiola*.

Temps	Equation Y	DL50 $\mu$ /ml	DL90 $\mu$ /ml
24H	$y=0,8262x+3,8968$	21,279	131,626



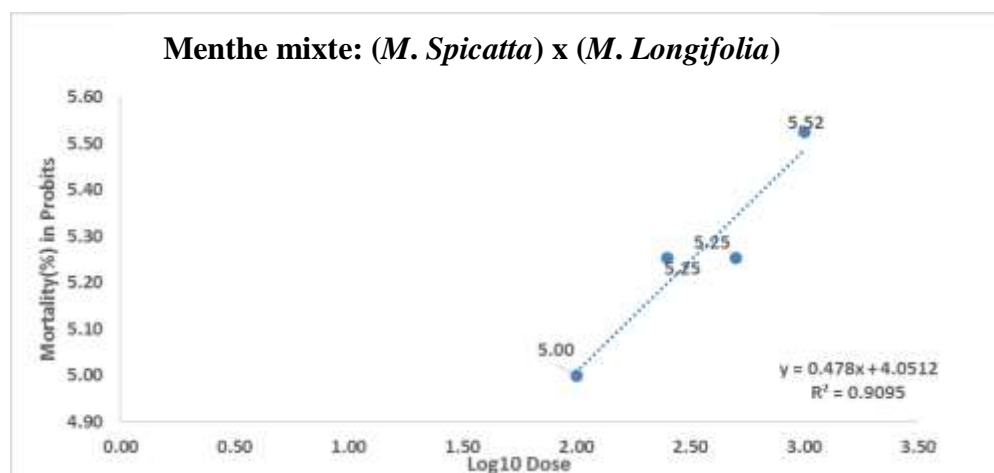
**Figure 37** : Effet par inhalation d'huile de (*M. Longifolia*) sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes après 24 heures.

La droite de régression de la (**figure .37**) nous a permis de faire sortir la DL50 et la DL90 chez les adultes traitées par l'huile végétale de menthe (*M. Longifolia.*), ainsi que l'analyse en probit (**Tab. 12**) montre que la DL50 enregistré après 24 heures de traitement est de 21,279 ul/ml, alors que la DL 90 est de 131,626 ul/ml.

• **Menthe mixte**

**Tableau 13** : Calcul de DL50 et DL90 correspondants aux 24 heures d'observation chez les adultes de la pyrale des dattes traitées par l'huile de mixte.

Temps	Equation Y	DL50 $\mu$ l/ml	DL90 $\mu$ l/ml
24H	$y=0,478x+4,0512$	96,655	163,734



**Figure 38** : Effet par inhalation d'huile de (Menthe mixte) sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes- après 24 heures.

La droite de régression de la (**figure .38**) nous a permis de faire sortir la DL50 et la DL90 chez les adultes traitées par l'huile végétale de menthe (mixte), ainsi que l'analyse en probit (**Tab. 13**) montre que la DL50 enregistré après 24 heures de traitement est de 96,655 ul/ml, alors que la DL 90 est de 163,734 ul/ml.

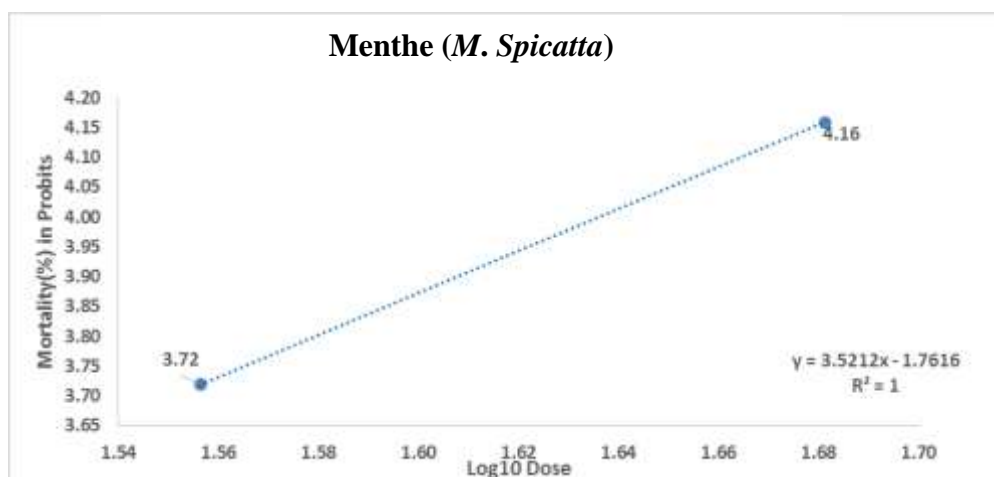
### V .3.2. Calcul des TL50 et TL90

#### V .3.2.1. Les larves

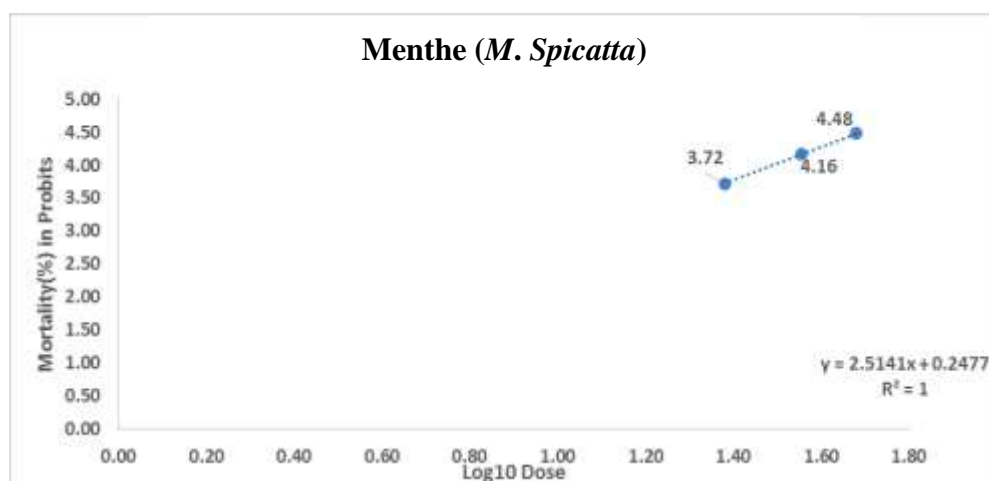
Pour calculer les Temps Létaux 50-90, les moyennes de la mortalité ont été transformées en probits et les temps en logarithme décimal des doses dès l'huile végétale de menthe appliquées sur les larves de la pyrale des dattes. Les valeurs des TL50-90 correspondantes à chaque dose ont été tirées directement des équations des droites de régression, (**Tableau 14**) et illustrées par les **figures** 39 à 44.

**Tableau 14** : Calcul de TL50 et TL90 correspondant aux doses D1 (100 µL/ml) et D3 (500 µL/ml) pour les larves de la pyrale des dattes traitées par l'huile de deux variétés de menthe (*M. Spicatta*), (*M. Longifolia*) et les deux variétés (mixte).

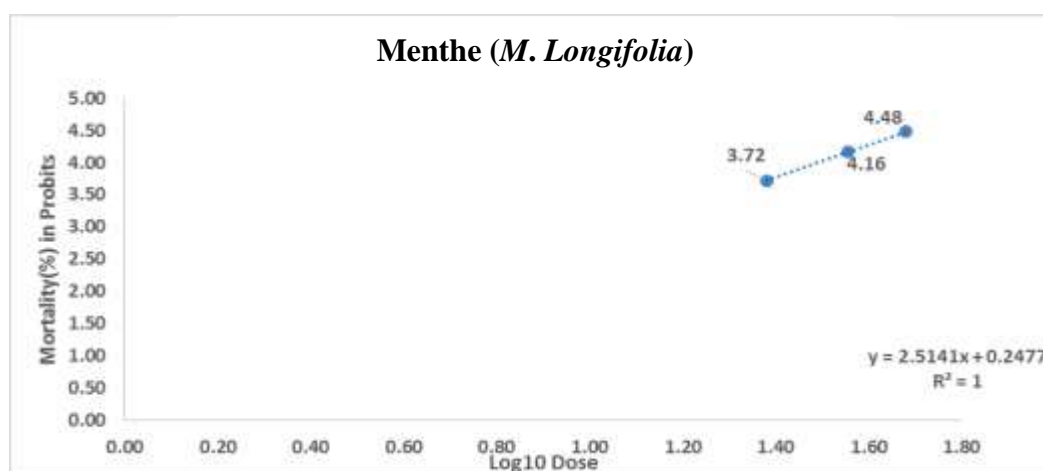
Variété	Dose	Equation Y	TL50	TL90
<i>M.Spicatta</i>	D1	$y=3,5212x+1,7616$	83, 226 h	192, 404 h
	D3	$y=2,5141x+0,2477$	77, 675 h	151,206 h
<i>M.Longfiola</i>	D1	$y=6,0602x-5,713$	58,583 h	95,333 h
	D3	$y=2,1117x+1,4776$	46,548 h	48,514 h
Mixte	D1	$y=1,3655x+1,7632$	77, 676 h	151,200 h
	D3	$y=1,3694x+2,6448$	52,457 h	53,262 h



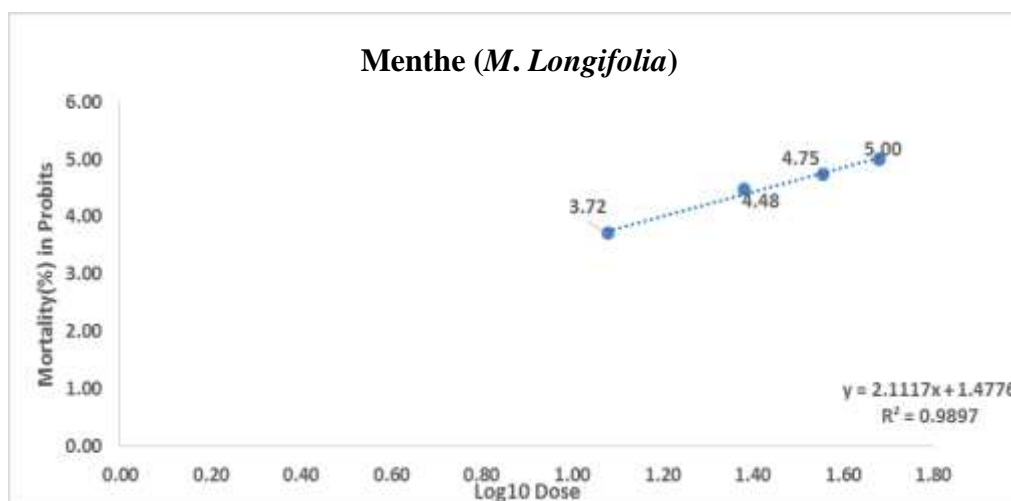
**Figure 39 :** Effet de la D1 de l'huile (*M. Spicatta*), sur la mortalité des larves de la pyrale des dattes traitées par contact en fonction du temps.



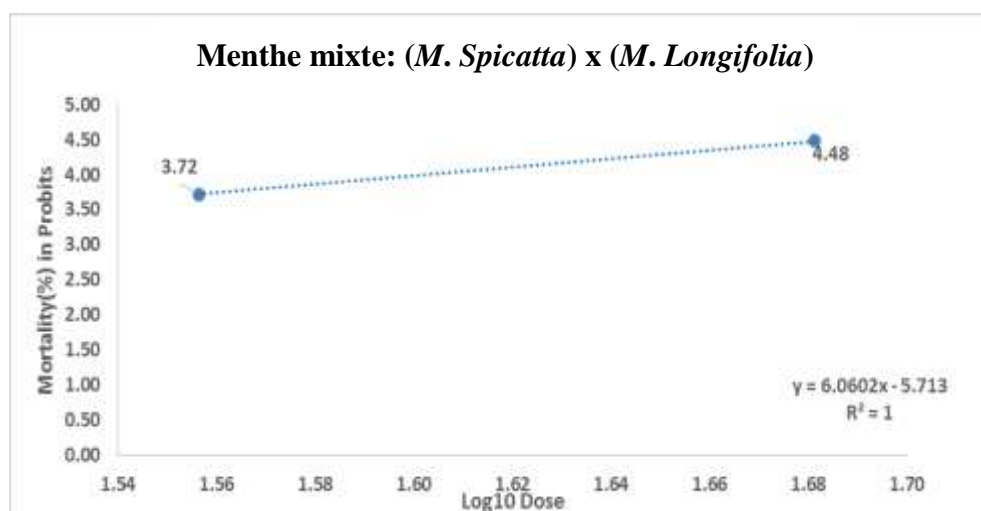
**Figure 40 :** Effet de la D3 de l'huile (*M. Spicatta*), sur la mortalité des larves de la pyrale des dattes traitées par contact en fonction du temps.



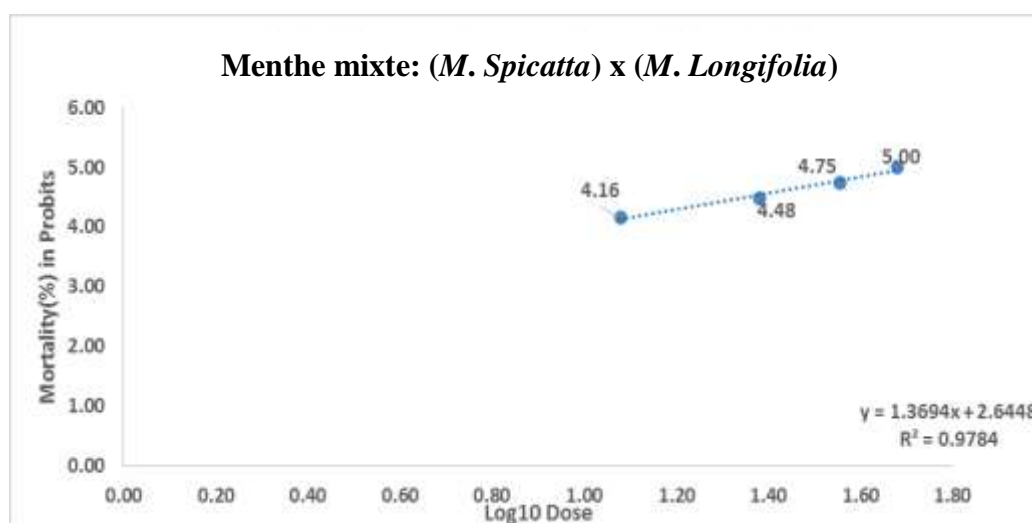
**Figure 41 :** Effet de la D1 de l'huile (*M. Longifolia*), sur la mortalité des larves de la pyrale des dattes traitées par contact en fonction du temps.



**Figure 42 :** Effet de la D3 de l’huile (*M. Longifolia*), sur la mortalité des larves de la pyrale des dattes traitées par contact en fonction du temps.



**Figure 43 :** Effet de la D1 de l’huile (Menthe mixte), sur la mortalité des larves de la pyrale des dattes traitées par contact en fonction du temps



**Figure 44:** Effet de la D3 de l’huile (Menthe mixte), sur la mortalité des larves de la pyrale des dattes traitées par contact en fonction du temps.

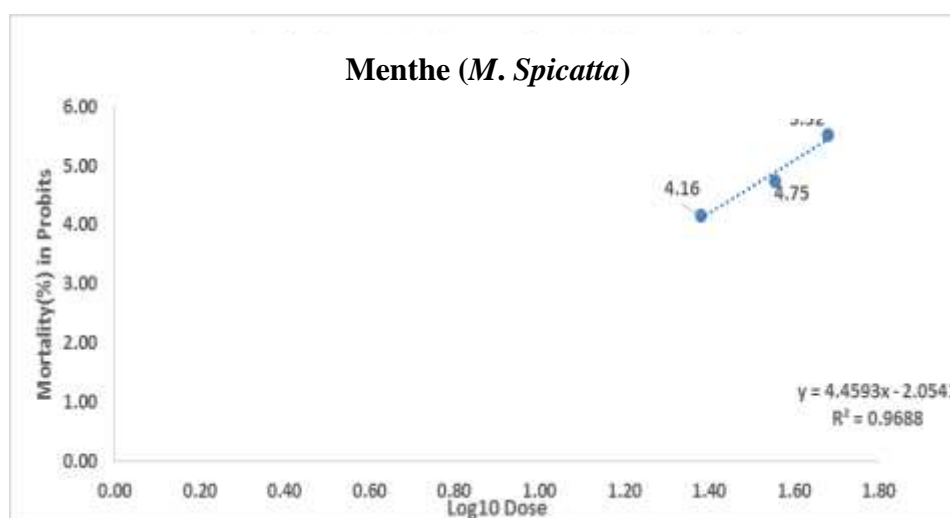
Lors du traitement par contact des larves de date, la TL50-90 observée, en particulier avec l'huile de la variété de menthe (*M. Longifolia*) et le mixte, a diminué proportionnellement à la quantité d'huile utilisée.

### V .3.2.2. Les adultes

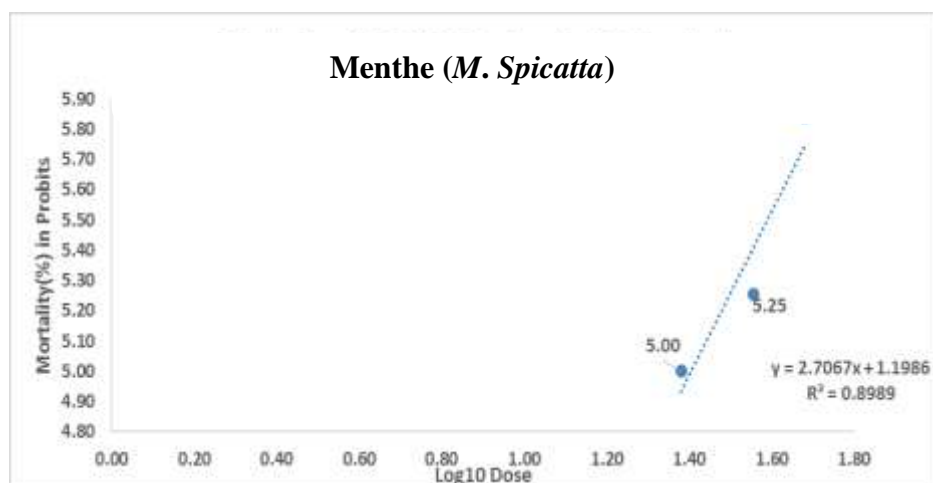
Pour calculer les Temps Létaux 50-90, les moyennes de la mortalité ont été transformées en probits et les temps en logarithme décimal des doses dès l'huile végétale de menthe appliquées sur les adultes de la pyrale des dattes. Les valeurs des TL50-90 correspondantes à chaque dose ont été tirées directement des équations des droites de régression, (Tableau 15) et illustrées par les figures 45 à 50.

**Tableau 15 :** Calcul de TL50 et TL90 correspondant aux doses D<sub>1</sub> (100 µL/ml) et D<sub>3</sub> (500 µL/ml) pour les adultes de la pyrale des dattes traitées par l'huile de deux variétés de menthe (*M. Spicatta*), (*M. Longifolia*) et les deux variétés mixtes.

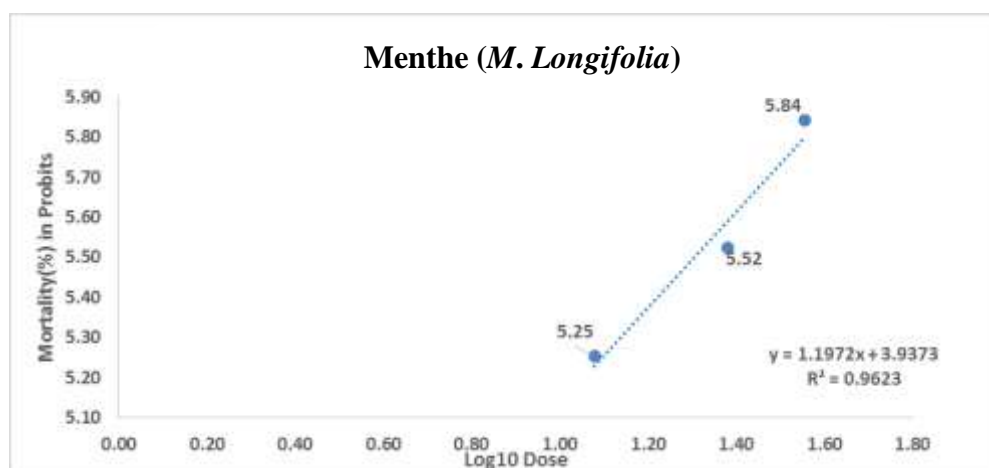
Variété	Dose	Equation Y	TL50	TL90
<i>M.Spicatta</i>	D1	$y=4,4593x+2,0541$	38, 184 h	94, 110 h
	D3	$y=2,7067x+1,1986$	25, 395 h	72,431 h
<i>M.Longfiola</i>	D1	$y=1,1972x+3,9373$	17,720 h	61,102 h
	D3	$y=2,5152x+2,81$	7,425 h	24,000 h
Mixte	D1	$y=2,2428x+1,7898$	26,992 h	73,755 h
	D3	$y=1,5467x+3,2812$	12,954 h	47,861 h



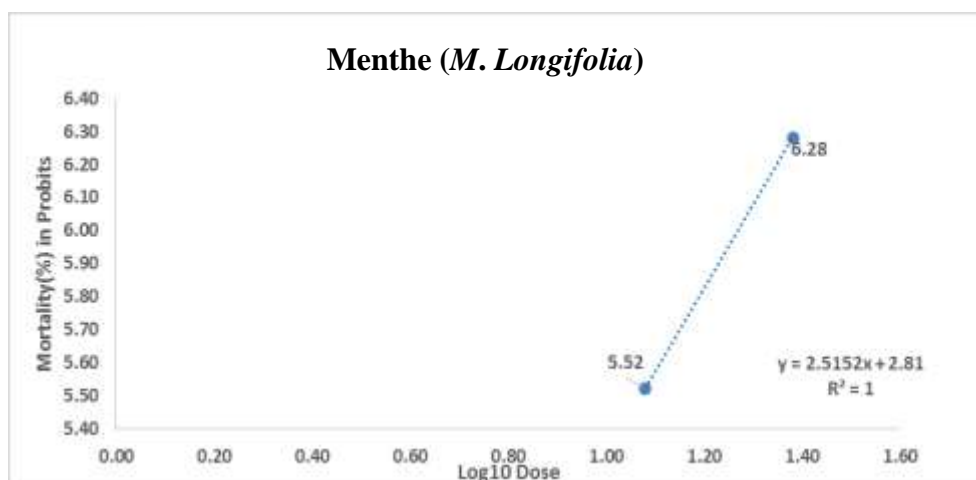
**Figure 45 :** Effet de la D1 de l'huile (*M. Spicatta*), sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes traitées par inhalation en fonction du temps



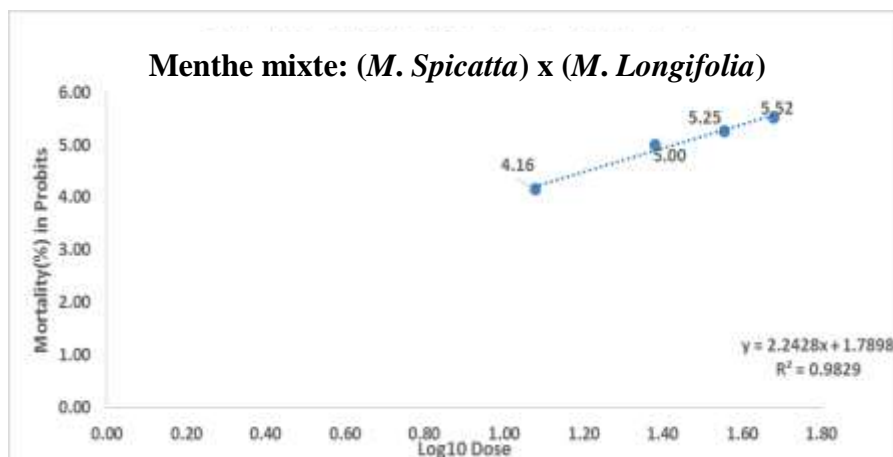
**Figure 46:** Effet de la D3 de l'huile (*M. Spicatta*), sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes traitées par inhalation en fonction du temps.



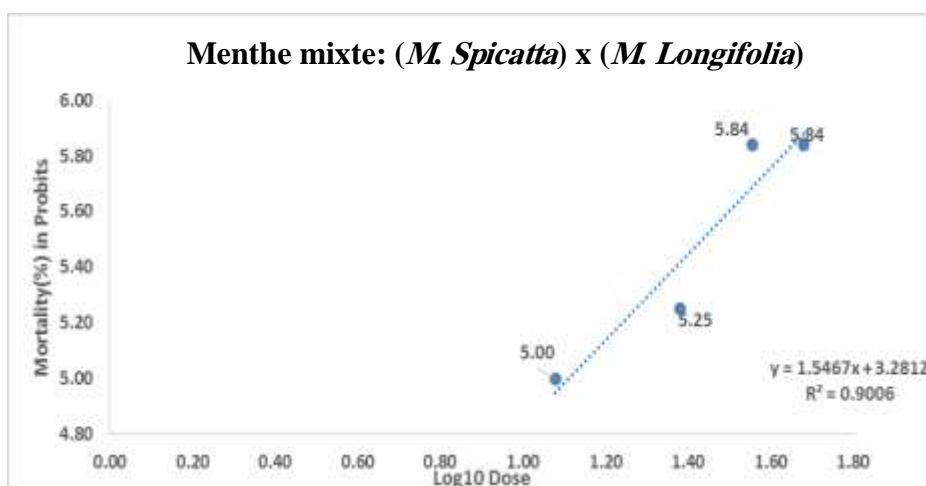
**Figure 47:** Effet de la D1 de l'huile (*M. Longifolia*), sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes traitées par inhalation en fonction du temps.



**Figure 48 :** Effet de la D3 de l'huile (*M. Longifolia*), sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes traitées par inhalation en fonction du temps



**Figure 49** : Effet de la D1 de l'huile (Menthe mixte), sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes traitées par inhalation en fonction du temps



**Figure 50** : Effet de la D3 de l'huile (Menthe mixte), sur la mortalité des adultes de la pyrale des dattes traitées par inhalation en fonction du temps.

Les valeurs TL50-90 enregistrées sont respectivement de 72,431 à 74,110 heures (*M. Spicatta*) et de 24,000 à 91,102 heures pour (*M. Longifolia*) ainsi que de 87,861 à 100,755 heures (le mixte). La durée de la létalité diminue en conséquence de manière progressive avec les doses croissantes.

## V.4/ Discussion générale

Cette étude expérimentale avait pour objectif d'évaluer l'efficacité insecticide des huiles essentielles de *Mentha spicata*, *Mentha longifolia* et de leur mélange sur les stades larvaire et adulte d'*Ectomyelois ceratoniae*, en considérant deux voies d'application : le contact et l'inhalation.

Les rendements d'extraction par hydrodistillation étaient respectivement de 1,25 % pour *M. spicata* et 1,63 % pour *M. longifolia*, des valeurs supérieures à celles rapportées pour l'Algérie par **Moussaoui (2019)** et **Mouloud & Djellaoui (2020)**, ce qui reflète l'influence des conditions édapho-climatiques spécifiques à la région d'El Oued.

Les essais par contact ont révélé une efficacité larvicide faible pour *M. spicata*, avec des taux de mortalité peu élevés, l'impossibilité de calculer les DL50/90 sur 24 h et des temps létaux prolongés (TL50(D1) = 83,226 h ; TL90(D3) = 151,206 h), ce qui suggère une action lente, comparable à celle d'*Eucalyptus dumosa* (**Mediouni-Ben Jemaa, 2015**).

À l'opposé, *M. longifolia* a présenté une toxicité plus marquée, avec une DL50 de 182,62 µL/mL et des TL50/90 plus courts (TL50(D3) = 46,548 h ; TL90(D3) = 48,51 h), s'approchant de l'efficacité de *Thymus capitatus* et *Eucalyptus leucoxylon* (**Amiri et al, 2014 ; Mediouni-Ben Jemaa, 2015**). Le mélange a montré une activité intermédiaire (DL50 = 259,28 µL/mL), mais une augmentation irrégulière du TL90 à forte concentration indique une interaction potentiellement antagoniste entre les constituants.

Concernant les adultes, l'inhalation de *M. spicata* a entraîné une action différée (DL50 = 522,51 µL/mL; TL90 = 94,110 h), tandis que *M. longifolia* s'est révélée beaucoup plus active avec une DL50 de 21,27 µL/mL, une mortalité totale (10/10) aux doses élevées dès 36 h, et des TL50/90 variant de 24,000 à 61,102 h, ce qui la rapproche d'huiles très puissantes telles qu'*Artemisia herba-alba* ou *A. campestris* (**Lebbouz et al., 2021**). À noter que le mélange a induit une mortalité de 9/10 à D3 et D4 avec une DL50 de 96,65 µL/mL, mais une efficacité inférieure à celle de *M. longifolia* seule, suggérant un effet d'interférence.

Des observations menées en cage entomologique ont confirmé une altération significative de la mobilité des adultes exposés à *M. longifolia* à 25 %, renforçant son rôle d'agent comportemental en plus de son action létale, à l'instar de *Ruta graveolens* et *Ocimum basilicum* (**Shaaya et al., 1991**). L'absence de mortalité dans les lots témoins confirme que les effets observés sont exclusivement dus à l'action des huiles.

En conclusion, *Mentha longifolia* apparaît comme un candidat prometteur pour le développement de bioinsecticides efficaces contre *E. ceratoniae*, avec une double action létale et comportementale. *Mentha spicata* montre un potentiel limité sur les larves mais non négligeable sur les adultes, tandis que le mélange des deux huiles nécessite une optimisation plus poussée pour révéler d'éventuels effets synergiques.

L'ensemble des résultats ouvre des perspectives concrètes pour une gestion post-récolte durable et écologique des dattes.

## *Conclusion générale*

## Conclusion générale

En conclusion, cette étude a démontré de manière rigoureuse le potentiel significatif des huiles essentielles de menthe comme alternative prometteuse aux insecticides chimiques pour la gestion de la pyrale des dattes, un ravageur majeur des produits stockés. Les rendements d'extraction obtenus pour *Mentha spicata* et *Mentha longifolia* s'inscrivent dans la variabilité écologique régionale, confirmant la viabilité de leur production. Nos résultats ont clairement établi la supériorité de l'huile essentielle de *Mentha longifolia*. Celle-ci s'est avérée particulièrement efficace et rapide, tant par contact sur les larves que par inhalation sur les adultes, comme en témoignent ses faibles DL50/90 et ses temps létaux courts.

Cette action rapide et puissante, couplée à sa capacité à affecter la mobilité des adultes, fait de *Mentha longifolia* un candidat idéal pour le développement de bioinsecticides. Bien que *Mentha spicata* ait montré un potentiel d'action par inhalation sur les adultes, son efficacité globale est plus limitée, et le mélange des deux huiles n'a pas surpassé la performance de *M. longifolia* seule, suggérant des interactions complémentaires qui méritent des recherches approfondies. Ces découvertes ouvrent des perspectives importantes pour la lutte durable contre la pyrale des dattes, contribuant à la réduction des pertes post-récolte et à la sécurité alimentaire, particulièrement dans le contexte agricole algérien.

Pour concrétiser ce potentiel, des recherches futures devront se concentrer sur l'identification précise des composés actifs, l'optimisation des formulations et l'évaluation de leur stabilité et innocuité en conditions réelles sur le terrain.

## *Références bibliographiques*

## Références bibliographiques

- Aberlenc-Bertossi, F. (Éds.). (2010). Biotechnologies du palmier dattier : Actes du 3e Séminaire du réseau AUF-BIOVEG « Biotechnologies du palmier dattier », Montpellier (France), 18-20 novembre 2008. IRD Éditions, Institut de Recherche pour le Développement, collection Colloques et séminaires.
- Addadi, Hanaa, et Siham Milouda Ferradji. 2014. « Extraction d'huile essentielle d'une plante médicinale « La Menthe » ». Mémoire de Master, Université Dr. Moulay Tahar – Saïda, Saïda, Algérie.
- Adouane, S. (2023). Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles de quelques plantes médicinales sur la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA).
- Al-Mssallem, M. S., Al-Ghamdi, H. A., & Al-Khalifa, M. S. (2013). Molecular characterization of some date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars grown in Saudi Arabia using RAPD and ISSR markers. *African Journal of Biotechnology*, 12(2), 200-209.
- Al-Shahib, W., & Marshall, R. J. (2003). The fruit of the date palm: its possible use as the best single food for the future. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(4), 247-259.
- Amiri, I., Hamrouni, L., Hanana, M., Jamoussi, B., & Lebdi, K. (2014). Essential oils as biological alternatives to protect date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74(3), 273–279.
- Amorsi, C. (1975). Le palmier-dattier en Algérie. *Option méditerranéenne (Tlemcen)*, 25, 129 p.
- Angiosperm Phylogeny Group (APG). 1998. "An ordinal classification for the families of flowering plants." *Annals of the Missouri Botanical Garden* 85 (4): 531-553.
- AZZAZ RAHMANI et al.(2020). Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile de tournesol cultivé en Algérie. (Master dissertation, Université Ibn Khaldoun–Tiaret).
- Balachowsky, A. S. (Dir.). (1972). *Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome II. Lépidoptères. Volume 2.* Masson et Cie.
- Batsatsashvili, K., M. Kikvidze, and R. Bussmann. 2017. "Mentha aquatica L., Mentha longifolia L., Mentha pulegium L. LAMIACEAE." In *Ethnobotany of the Caucasus*, edited by R. W. Bussmann, 414-415. Cham: Springer.
- Belaidi, Nour El Kouloub Wiam, et Lydia Djihan Hanifa Kouider Djelloul. 2021. « Étude de l'activité biologique des huiles essentielles de romarin et menthe ». Mémoire de Master, Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana, Khemis Miliana, Algérie.
- BELAROUSSI, (2019). Etude de la production du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) variété Deglet Nour : cas des régions de Oued Mya et Oued Righ. Thèse de Doctorat d'État, UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA. Algérie
- Ben Mbarek, S., & Deboub, I. (2015). Valorisation des sous-produits du palmier dattier et leurs utilisations. Mémoire de Master Académique, Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued, Algérie.
- Ben Othman, A., Bouka, A., & Louati, M. (1996). Efficacité de l'ensachage des régimes sur la protection des dattes contre *Ectomyelois ceratoniae* Zeller en Tunisie. *Revue des Régions Arides*, 8(2), 22-29.

- Ben Ramdane, A., et H. Mouloudj. 2019., Étude de l'activité biologique des extraits de plantes,. Mémoire de Master : Université de Batna 2 , [Algérie.
- Ben Salah, M. K., Roumani, M., & Hadjeb Ayoub, A. (2016). Population dynamics of date moth adults in date palm groves in Sidi Okba, Biskra (Sahara – Algeria). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 10(2), 336-344.
- Ben Youcef, Hayat, et Mouna Djediat. 2019. « Etude biologique des huiles essentielles du mentha spicata et formulation d'un lave-mains ». Mémoire de Master, Université Akli Mohand Oulhadj de Bouira, Bouira, Algérie.
- Benaddoun, H. (1987). Etude bioécologique d'Ectomyelois ceratoniae (Lepidoptera - Pyralidae) à Ghardaia. (Mémoire d'ingénieur agronome). Institut National Agronomique (INA), Département de zoologie agricole, El Harrach, Alger.
- Benali, A., Bouregghda, H., & Maouche, H. (2005). Valorisation des sous-produits du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région d'Oued Righ (Sahara septentrional algérien). *Revue des Energies Renouvelables*, Numéro Spécial: Valorisation des Agro-Ressources, 13-18.
- Benayad, N. 2008. Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines: moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. *Rapport d'étude*, 61.
- Benazzouz, A., & Hamdane, A. (2012, Juillet). Etude et analyse des plantes médicinales Algériennes : *Mentha pulegium*, *Mentha rotundifolia* et *Mentha spicata* L. [Mémoire de fin d'études]. Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Faculté des Sciences, Département de Chimie).
- Bensadoun, M. et al. 2020, Conservation et efficacité des biopesticides, *Journal of Biological Control*.
- Bensalah, S., & Ouakid, M. L. (2015). Effets des extraits aqueux d'*Aristolochia longa* L. sur le développement larvaire du *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 7(1), 127-135.
- Benssaoud, Lalia. 2019. « Contribution au suivi de la culture de menthe poivrée menée par une fertilisation organique (ovine-bovine) dans la région de El-Ghassoul ». Mémoire de Master en Agronomie, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, Mostaganem, Algérie.
- Béral, P. J. (1830). *Nomenclature et classification pharmaceutiques*. Paris.
- Berrabeh, N., & Bennour, A. (2018). Caractérisation physico-chimique et évaluation de l'activité antioxydante des dattes des variétés (Deglet Nour et Ghars) de la région d'Adrar (Sud-ouest algérien). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 10(1), 74-88.
- Bouafia, A. (1985). Contribution à l'étude des problèmes phytosanitaires du palmier dattier en Algérie. (Mémoire d'ingénieur agronome, Institut National Agronomique, El Harrach, Alger).
- Bouguedoura, N. (1991). Contribution à l'étude des caractéristiques morphologiques et génétiques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) en Algérie. Thèse de Doctorat d'État, Université des Sciences et Technologies Houari Boumediène (USTHB), Alger, Algérie.
- Bouka, H., Chemseddine, M., Abbassi, M., & Brun, J. (2001). La pyrale des dattes dans la région de Tafilalet au Sud-Est du Maroc. *Fruits*, 56(3), 189-196.
- Boukhatem, M.N., M.S. Hamaidi, F. Saidi, et Y. Hakim. 2010. « Extraction, composition et propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle du Géranium Rosat (*Pelargonium*

- graveolens L.) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie) ». *Revue Nature et Technologie*, 03: 37-45.
- Boulal, A., Khelafi, M., & Messaadi, A. H. (2019). Production du bioéthanol à partir des déchets de dattes d'Adrar et Tolga (Biskra) : Etude comparative. *International Journal of Natural Resources and Environment*, 1(1), 21-30.
- Bouras M., (2018). Évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de certaines plantes de l'est algérien sur des souches résistantes aux antibiotiques (Doctoral dissertation, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA).
- Bourgeois, Laurent. 2008. Remèdes et recettes à la menthe. Paris
- Bray, M. et al. 2017, Les plantes médicinales et leur utilisation en thérapeutique, Elsevier.
- Burt, Sara. 2004. « Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—A review ». *International Journal of Food Microbiology* 94 (3): 223-253.
- Bhir, M., & Guennouni, M. (2020). Effet insecticide des extraits des huiles essentielles de l'Eucalyptus globulus et Citrullus colocynthis sur la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller). Mémoire de Master, Université d'El Oued.
- Chaufaux, J. (1994). La chenille processionnaire du pin: biologie, écologie, méthodes de lutte. INRA Éditions.
- Chavez, J. et al. 2019, Extraction des huiles essentielles de plantes aromatiques, Techniques en Sciences Végétales.
- Dajoz, R. (2003). Précis d'écologie. Dunod, Paris, 615 p.
- Dakhia, N., Meradi, S., & Bounaga, N. (2013). État phytosanitaire et diversité variétale du palmier dattier au Bas Sahara - Algérie. *Journal Algérien des Régions Arides*, N° spécial 12, 5-15.
- Dehliz, K., Ghenia, N., & Bensadia, S. (2016). Valorisation du *Ziziphus lotus* (L.) Lam. en tant que biopesticide potentiel contre *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). *International Journal of Environmental and Rural Development*, 7(1), 162-167.
- Delamarche, J. et al. 2017, Optimisation de la conservation des biopesticides, *Journal of Agricultural Sciences*.
- Deravel, Jovana, François Krier, et Philippe Jacques. 2014. "Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique)." *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 18 (2): 220-232.
- Dhouibi, M. H. (1982). Etude bioécologique d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) dans les zones présahariennes de la Tunisie. (Thèse de Doctorat Ingénieur). Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.
- Dhouibi, M. H. (1989). Biologie et écologie d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) dans deux biotopes différents au sud de la Tunisie et recherche de méthodes alternatives de lutte. (Biology and ecology of *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) in two different biotopes in southern Tunisia and search for alternative control methods). Thèse Doctorat d'état, Université Paris VI.
- Dhouibi, M. H., & Jemmazi, A. (1996). Lutte biologique en entrepôt contre la pyrale *Ectomyelois ceratoniae*, ravageur des dattes. *Fruits*, 51(1), 39-46.
- Diderot, Denis, et Jean le Rond d'Alembert. 1781. « Menthe ». Dans *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers...*, 515. Paris.

- Difli, F., & Fattouche, S. (2019). Caractérisation morphologique des palmiers dattiers mâles et femelles (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de Biskra [Master's thesis]. Université Mohamed Khider de Biskra.
- Djerbi, M. (1994). Précis de phoeniciculture. FAO, Rome, 191p.
- Djerbi, M. (1996). Date palm diseases. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Djoughri N, Boualem B, and Dadamoussa M L. "Study of the Sustainability of Potato Farms in the Region of Oued Souf (Southern Algeria)." *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 11.2 (2023): 197-201.
- Doré, T., Meynard, J. M. (2006). Concevoir et évaluer des systèmes de culture. In *L'agronomie aujourd'hui* (pp. 119-138). Editions Quae.
- Doumandji, S. (1981). Contribution à l'étude bio-écologique d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) et des possibilités de sa lutte en Algérie. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.
- Doumandji-Mitiche, B. (1983). Contribution à l'étude bioécologique des parasites et prédateurs de la pyrale des caroubes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) en Algérie en vue d'une éventuelle lutte biologique contre ce ravageur. (Thèse de doctorat d'État ès Sciences Naturelles). Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.
- Dridi, B., Baouchi, H., Benddine, F., & Zitoun, A. (2000). Lutte contre le ver de la datte, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera-Pyralidae) par l'utilisation de la technique des insectes stériles (TIS) 1ère application dans la wilaya de Biskra. *Atelier sur la faune utile et nuisible du palmier dattier*, I.A.S. Ouargla, pp. 11-16.
- Elshafie, A.E., S.N. Al Bahry, and T. Ba-Omar. 2003. « Nematophagous fungi isolated from soil in Oman ». *Journal of the University of Kuwait (Science)* 7: 131–147.
- Eric delande .2021; Spécialité Séance physiques et chimiques en laboratoire
- Ernest Small, Grace Deutsch : (2001) *Herbes culinaires pour nos jardins de pays froid*, Conseil national de recherches Canada, page 122.
- Espiard, E. (2002). *Qualité et transformation des fruits*. Editions Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- FAO. (2013). FAOSTAT database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- FAOSTAT. (2018). FAOSTAT database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- Ferkous, Imene. 2015. « Les huiles essentielles et l'aromathérapie. Cas de la menthe poivrée (*Mentha x piperita*) ». *Mémoire de Master en Biologie*, Université des Frères Mentouri Constantine 1, Constantine, Algérie.
- Ferry, M. (1994). *La culture du palmier dattier*. CIRAD, Montpellier.
- Foster, R. et al. 2017, *Le manuel des huiles essentielles : Extraction et propriétés*, Editions Alchimie.
- Fournier, C. et al. 2018, *Les biopesticides en protection des cultures*, *Revue Agronomique*.
- Frachon, Geneviève. 1990. *Plantes aromatiques et condimentaires*. Paris: FeniXX
- Frémy, D., Frémy, M., & Frémy, F. (2000). *Quid 2000*. Robert Laffont.
- Garnier, A. et al.2019, *La chimie de la menthe et ses applications*, *Revue Chimique*.

- Gauthier, P. et al. 2019, Les bases de la lutte biologique en agriculture, Editions AgroParisTech.
- Geneviève Frachon · 1990. Plantes aromatiques et condimentaires, (Paris)
- Gothilf, S. (1969). Natural enemies of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* Zeller. *Entomophaga*, 14(3), 195-202.
- Haddad, F. (2000). Contribution à l'étude de l'infestation de la datte par *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lépidoptères, Pyralidae) dans la région d'Ouargla. (Mémoire de Magister). Université d'Ouargla, Algérie.
- Haddou, M. (2005). Etude comparative entre quinze variétés de dattes et leur taux d'infestation par *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera- Pyralidae) dans la région d'Ouargla. (Thèse de Doctorat). Université d'Ouargla, Algérie.
- Hadjeb, A. (2012). Influence de la qualité nutritive de trois variétés de dattes sur le potentiel biologique de la Pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller, 1839). (Mémoire de Magister). Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.
- Hamid Oudjana, Aicha, Bouchra Zegouba, Bachira Lahla, Abdellah Kemassi, et Mohamed Didi Ould El Hadj. 2022. « EFFET INSECTICIDE ET ANTICHOLINESTERASE DE L'EXTRAIT AQUEUX FOLIAIRE DE L'ORTIE *Urtica dioica* L. (Urticaceae) SUR LES LARVES L4 DU *Culex pipiens* L. (Diptera, Culicidae) ». *Algerian Journal of Arid Environment* 12 (1): 87-97.
- Hamidi, Mentor R., Blagica Jovanova, and Tatjana Kadifkova Panovska. 2014. Toxicological evaluation of the plant products using Brine Shrimp (*Artemia salina* L.) model." *Macedonian Pharmaceutical Bulletin /Makedonsko Farmaceutvski Bilten* 60.1
- Hamidi, N., H.A. Lazouni, A. Moussaoui, L. Ziane, M. Djellouli, et A. Belabbesse. 2014. « Ethnopharmacology, antibacterial and antioxidant activities, phytochemical screening of bioactive extracts from the aerial parts of *Fagonia longispina* ». *Asian Journal of Natural & Applied Sciences* 3 (3): 3-7.
- Harris, P. et al. 2022, Les propriétés insecticides de l'huile de menthe, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
- <https://capdz.dz/2024/02/04/el-oued-une-production-de-plus-de-12-million-de-quintaux-de-dattes-cette-saison/>.
- Hudz, Nataliia, et al. (2023). "Mentha piperita: Essential oil and extracts, their biological activities, and perspectives on the development of new medicinal and cosmetic products." *Molecules* 28.21
- Ibrahim, A. I. (2011). Genetic variance between some Egyptian Date Palm cultivars using PCR-based markers with emphasis on the prevalence of Al wijam disease. Master thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University, Egypt.
- Idder, A. (1984). Inventaire des parasites d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) dans les palmeraies de Ouargla et lâchers de *Trichogramma embryophagum* Hartig (Hymenoptera, Trichogrammatidae) contre cette pyrale. (Mémoire d'ingénieur agronome). Institut National Agronomique (INA) El Harrach, Alger.
- Idder, M. A. (2011). Lutte biologique en palmeraies algériennes. Cas de la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi*), de la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae*) et du boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus*). École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA), El-Harrach, Alger.

- Idder, M. A., Idder-Ighili, H., Saggou, H., & Pintureau, B. (2009). Taux d'infestation et morphologie de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) sur différentes variétés du palmier dattier *Phoenix dactylifera* (L.). *Cahiers Agricultures*, 18(4), 361-365.
- Idder, N. (2008). Le palmier dattier en Algérie : caractéristiques morphologiques, génétiques et écophysologiques. Thèse de Doctorat d'État, Université de Constantine, Algérie.
- Idder-Ighili, H. (2008). Interactions entre la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera - Pyralidae) et quelques cultivars de datte dans le palmier de Ouargla (Sud-Est Algérie). (Mémoire de Magister en Agronomie saharienne). Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie.
- IPGRI. (2005). Descriptors for Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Isman, Murray B. 2000. « Plant essential oils for pest and disease management ». *Crop Protection* 19 (8-10): 603-608.
- Jensen, P. et al. 2018, La menthe : usages et propriétés médicinales, Editions Médicinales.
- Kessler, G. et al. 2021, Biopesticides : nouvelles approches et applications, Springer Nature.
- Knipling, E. F. (1962). Potentialities and progress in the development of chemosterilants for insect control. *Journal of Economic Entomology*, 55(5), 782-786.
- Lachowsky, G. et al. 2016, Historique de la lutte biologique contre les insectes ravageurs, *Revue Française d'Entomologie*.
- Lafont, M. et al. 2021, Les composés bioactifs des huiles essentielles de menthe, *Revue d'Agronomie*.
- Larkem, I. (2021). Effect of Extraction Methods on Polyphenols, Flavonoids, Mineral Elements, and Biological Activities of Essential Oil and Extracts of *Mentha pulegium* L. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 24(6), 1421–1436.
- Le Berre, J. R. (1978). Les principaux ennemis du palmier dattier et leur lutte. In *Les ennemis des cultures et leurs méthodes de lutte*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).
- Lebbouz, I., B. Khaoula, A. A. Rahim, M. Ibrahim, M. M. Seghir, H. Ayoub, & O. M. Laid. (2021). Effect of two essential oils from the Asteraceae family against *Ectomyelois ceratoniae* Zell. (Lepidoptera, Pyralidae): Case of *Artemisia herba-alba* Asso. and *Artemisia campestris* L. *Journal of Biosciences*, 29(2), 09–17
- L. Marcq ,1863 *La presse médicale belge*, volume 15, de Bruxelles ; page 287
- Le journal électronique CAPDZ,24-02-2024.
- Lépigre, A. (1963). La lutte contre les principaux ennemis du palmier dattier. Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAR).
- Leraillez, P. (1952). *La conservation industrielle des fruits*. Baillière.
- Li, Jing, et al. "Peppermint oil decreases the production of virulence-associated exoproteins by *Staphylococcus aureus*." *Molecules* 16.2 (2011): 1642-1654.
- Lunde P., 1978. A History of Dates. *Saudi Aramco World*, 29, 2, 176-179.
- Lyudmila Ananieva 2017: *Les huiles essentielles*, page 11-12
- M.Denis Diderot 1781 : *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers... par une Société de gens de lettres*.
- Mediouni-Ben Jemâa J. 2015. IPM approaches for stored date protection in Tunisia:

Emphasis on alternative control methods against the date moth *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) , Integrated Protection of Stored Products IOBC-WPRS Bulletin Vol. 111, pp. 301-308

- Mallhi, T. H., Qadir, M. I., Ali, M., Ahmad, B., Khan, Y. H., & Rehman, A. (2014). Review: Ajwa date (*Phoenix dactylifera*)- an emerging plant in pharmacological research. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 27(3), 607–616.
- Mehaoua, M. S. (2014). Abondance saisonnière de la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller., 1839), bioécologie, comportement et essai de lutte. (Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques). Université Mohamed Khider de Biskra, Algérie.
- Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR). (2019). [Title of the specific report or statistical bulletin, e.g., Rapport sur la production agricole 2019 or Statistiques agricoles 2019].
- Mohammed, M. A., Al-Hammami, S. A., & Al-Amri, M. (1996). Effect of date palm extracts on the growth of some pathogenic bacteria and fungi. *Journal of King Saud University-Science*, 8(1), 17-26.
- Morand, A. et al. 2020, Applications et extraction de l'huile essentielle de menthe, Editions Agricoles.
- .
- Mouloud, Ferdous, et Fella Djellaoui. 2019. « Extraction et caractérisation des composés secondaires de la plante (*Mentha longifolia*) de la région de Tamanrasset ». Mémoire de Master, Université Saad Dahlab Blida 1, Blida, Algérie.
- Munier, P. (1973) Le palmier dattier. *Techniques Agricoles et Productions Tropicales*. Paris Seme, Maisonneuve et Larose, 217.
- Norris, J. et al. 2018, *Chimie et applications des huiles essentielles*, Springer.
- Nouari, M. (2014, June 20). Effet de l'Azadirachtine sur les paramètres de développement, de reproduction et de croissance de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller dans les conditions contrôlées. (Mémoire de Magister). Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.
- Noui, Y. (2007). Comparative study of the physicochemical characteristics and antioxidant activity of three dates varieties (*Phoenix dactylifera* L.) grown in Algeria. Thèse de Magister, Université de Boumerdès, Algérie.
- O'Riley, S. et al. 2018, *Techniques d'extraction des huiles essentielles*, John Wiley & Sons.
- Office National des Statistiques (ONS). (2017). L'Algérie en quelques chiffres: Résultats 2017 [Algeria in a few figures: 2017 results].
- OUZZAR Mohammed Laid. (2017). Etude Expérimentale et Modélisation de l'Hydrodistillation appliquée aux systèmes pharmaceutiques (Doctoral dissertation, Université de Constantine 3).
- Peyron, G. (2000). Le palmier dattier : culture et production. CIRAD, Montpellier.
- Quézel, Pierre, et Sébastien Santa. 1962-1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. 2 volumes. Paris: Éditions du Centre national de la recherche scientifique (CNRS).
- Raache, A. (1990). Etude comparative des taux d'infestation de deux variétés de dattes (Deglet-Nour et Ghars) par la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lépidoptera, Pyralidae) dans deux biotopes différents (palmeraie moderne et

- traditionnelle) dans la région de Ouargla. (Mémoire d'ingénieur agronome). Institut des Techniques Sahariennes (ITAS), Ouargla, 85 p.
- Saggou, H. (2001). Relations entre les taux d'infestation par la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera-Pyralidae) et les différentes variétés de dattes dans la région d'Ouargla. (Mémoire d'ingénieur d'état). Institut des Sciences Agronomiques (IAS), Ouargla, Algérie.
- Saidani, Samira, et Safia Chibane. 2021. « Extraction et caractérisation de quelques huiles essentielles (la menthe et le thym) dans la région de la Kabylie ». Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Tizi-Ouzou, Algérie.
- Saouli, F. 2020. Impact of *Bacillus thuringiensis* on insect metabolic pathways. *Journal of Applied Entomology* 144 (5): 301-310.
- SAOUDI Yamina et al ,2021. Synthèse bibliographique sur deux espèces du genre *Mentha* , these master , universite Mohamed boudief M'sila.
- Saraswathi, S., M.R. Sasidharan, A.S. Nambiar, et A.V. Lal. 2011. "Chemical Composition and Antioxidant Properties of Essential Oils from Peppermint, Native Spearmint and Scotch Spearmint.
- Sayah, Z. (2018). Caractérisation phénologique et pomologique de quelques cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de Oued Righ [Doctoral dissertation]. Université Kasdi Merbah Ouargla.
- Senoussi, A. (2000). Les palmeraies de l'Oued Souf: Territoire, société et développement durable (Thèse de doctorat). Université d'Alger.
- Shaaya, E., M. Kostjukovski, J. Eilberg, and C. Sukprakarn. 1997. « Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects ». *Journal of Stored Products Research* 33 (1): 7-15.
- Shaaya E., Ravid U., Paster N., Juven B., Zisman U., Pissarev V. 1991. Fumigant Toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *Journal of Chemical Ecology*, 17: 499-704.
- Smith, L. et al. 2020, Propriétés bioactives des huiles essentielles, *Journal of Essential Oils*.
- Sutour, Sylvain. 2010. « Etude de la composition chimique d'huiles essentielles et d'extraits de menthe de Corse et de kumquats ». Thèse de doctorat, Université de Corse - Pasquale Paoli, Corte.
- Suty, C. (2010). IOBC Global Newsletter. IOBC Global Newsletter, (87), June 2010.
- Talahagcha, Kh., et S. Kassa. 2008. « Extraction et caractéristiques organoleptiques et chimiques de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* (Menthe pouliot) ». D.E.S en Biologie, Université Abdelhamid Mehri Constantine 2 (ex Université de Constantine), Constantine, Algérie.
- Tayeh, N. (2013). Etude de la diversité génétique de quelques populations d'olivier (*Olea europaea* L.) en Algérie par des marqueurs moléculaires RAPD, SSR et EST-SSR. [Study of the genetic diversity of some olive tree populations (*Olea europaea* L.) in Algeria using RAPD, SSR and EST-SSR molecular markers]. (Doctoral dissertation). Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB), Alger.
- Teuscher, Eberhard, Robert Anton et Annelise Lobstein. 2005. *Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Paris: Tec & Doc.

- Tirichine, A., Belguedj, M., Benkhalifa, A., Guerradi, M., Bousdira, K., & Labgaâ, L. (2007). Diversité génétique du palmier dattier dans les oasis du Mزاب : Inventaire et actions de préservation.
- Torki, S. (2023, May). Valorization of Bioresources in Environment & Health. Poster presented at the 1st International Seminar on Valorization of Bioresources in Environment & Health, El Oued, Algeria.
- Touati, S. (2019). Caractérisations physicochimiques et phytochimiques des noyaux de dattes [Master's thesis]. Université de Tiaret.
- Toutain, G. (1972). Le Bayoud: situation au Maroc et en Algérie. *Al Awamia*, 42, 65-75.
- Tripathi, A. K., S. Upadhyay, and S. C. Tripathi. 2000. « Insecticidal and repellent properties of essential oil of *Artemisia annua* L. against stored product insects ». *Journal of Economic Entomology* 93 (1): 110-115.
- Vilardibo, A. (1975). Le Bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier. *Al Awamia*, 46, 49-62.
- Vincent, C., & Meadows, A. (1998). *The Manual of Biocontrol Agents: A World Compendium*. Blackwell Science.
- Wertheimer, M. (1958). La pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller) dans les palmeraies du Sahara algérien. *Annales des Épiphyties*, 9(3), 263-278.
- Zaid, A., Aresni, A., & Hanan, S. (2002). *Date Palm Cultivation*. FAO Plant Production and Protection Paper 156. FAO, Rome.
- Zongo, K. F., Ouedraogo, M., & Gnankambary, N. (2023). Caractérisation, typologie des connaissances et logique socio-économique d'utilisation des biopesticides par les producteurs maraîchers du Burkina Faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 40(1), 333-346.
- Zouiouèche, S., & Rahim, H. (2008). Étude de l'activité biologique de quelques extraits végétaux sur la mortalité du *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera, Tenebrionidae). *Revue des Bioressources*, 2(1), 1-10.