

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOHAMED BOUDIAF- M'SILA

INCUBATEUR D'ENTREPRISES

*Faculté des Sciences*

*Département des Sciences de la Nature et de la Vie*

*Option : Biotechnologie Végétale*



N° : .....

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme en master académique et de l'obtention du diplôme Startup – Brevet dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275.

## Thème

**Synthèse d'un produit à base d'huiles essentielles  
pour le traitement du varroase chez les abeilles**

• **Présenté par :**

- ✓ BELAKHDAR Hiba
- ✓ FERAHTIA Oumaima

• **Soutenue publiquement le : 24/06/2024 devant le jury composé de :**

- NOUIDJEM Yassine **Pr** université de M'sila **Président**
- REBBAS Khellaf **Pr** université de M'sila **Examineur**
- MENNANI Achour **MCA** université de M'sila **Encadreur**
- BOUNAR Rabah **Pr** université de M'sila **Co-encadreur**
- MAIRESH Somia **Ing** université de M'sila **Représentante de l'Incubateur**

*Année universitaire :*  
**2023/2024**





À la fin de ce travail, nous souhaitons exprimer nos remerciements les plus profonds et sincères, tout d'abord à Allah, le Tout-Puissant, qui nous a donné la force, la volonté et la patience tout au long de nos années d'étude.

Je tiens d'abord à remercier notre **Encadreur** dans ce projet, Monsieur **Mennani Achour**, pour sa confiance en nous et son patience. Nous le remercions pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de superviser ce travail, et nous exprimons notre sincère gratitude pour son aide précieuse, ses encouragements et ses conseils.

Nous aimerions également exprimer notre gratitude à notre **Co-encadreur**, Monsieur **Bouhar Rabah**, pour sa confiance et son soutien scientifique.

Nous tenons également à remercier les membres du jury, Monsieur **REBBAS Khellaf**, Monsieur **Nouidjem Yassine** et Madame Représentante de l'Incubateur **Mairesh Somia**, qui ont eu l'honneur d'évaluer notre travail.

Nous remercions chaleureusement l'apiculteur pour son accueil chaleureux sur le terrain, ce qui nous a permis de mener notre recherche dans les meilleures conditions possibles. Son aide a été d'une importance capitale et nous lui exprimons notre gratitude et notre respect.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à l'élaboration de ce mémoire, en particulier nos familles **Belakhdar et Ferahtia**.



## DÉDICACES

AVEC L'AIDE DE DIEU, LE TOUT-PUISSANT

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL :

À MES CHERS PARENTS QUI ONT TOUJOURS ÉTÉ LÀ POUR MOI,  
QUI M'ONT TOUJOURS SOUTENUE ET ENCOURAGÉE. AUCUNE  
DÉDICACE AU MONDE NE SAURAIT EXPRIMER MON RESPECT, MON  
AMOUR ÉTERNEL ET MA GRATITUDE POUR LES SACRIFICES QUE  
VOUS AVEZ CONSENTIS POUR MON ÉDUCATION ET MON BIEN-  
ÊTRE.

À MON CHER FRÈRE MOHIB EDDINE.

À MES CHÈRES SŒURS QUI ONT TOUJOURS ÉTÉ À MES CÔTÉS,  
RIHAB, SOHA, IBTIHAL.

À MA CHÈRE GRAND-MÈRE, QUE DIEU LUI ACCORDE UNE LONGUE  
VIE.

À MA CHÈRE COUSINE SOFIA.

À MES AMIES PROCHES AYA ET WIAM.

À MA CHÈRE AMIE ET BINÔME OUMAIMA.

AINSI QU'À TOUS CEUX QUI ME SONT CHERS.



HIBA



## **DÉDICACES**

LA LOCOMOTIVE DE RECHERCHE A TRAVERSÉ DE NOMBREUX OBSTACLES, MAIS J'AI NÉANMOINS ESSAYÉ DE LES SURMONTER RÉGULIÈREMENT ET GRÂCE À DIEU TOUT-PUISSANT.

À MON DON DE DIEU ET À LA GRANDE GRÂCE QUE JE VIS, MAMAN, PAPA, JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL, EN ESPÉRANT ÊTRE UNE SOURCE DE FIERTÉ POUR VOUS.

MERCI DE M'AVOIR SOUTENU TOUT AU LONG DE MA CARRIÈRE ACADÉMIQUE ET POUR VOS CONSEILS, GRÂCE À VOUS, J'AI ATTEINT CE SOMMET.

À MES FRÈRES ISSAM ET OUSSAMA, MES SŒURS GOZLANE ET RAHAF, ET MA COUSINE AMINA, MERCI POUR VOTRE SOUTIEN AIMABLE.

À TOUS MES PARENTS ET MES PROCHES QUI M'ONT ENCOURAGÉ, MÊME AVEC UN MOT GENTIL, À TOUS MES AMIS D'ÉTUDE, À TOUS MES PROFESSEURS DU DÉPARTEMENT DES SCIENCES NATURELLES ET DE LA VIE, EN PARTICULIER MA CHÈRE AMIE HIBA, MERCI POUR VOTRE COOPÉRATION ET POUR VOS EFFORTS AVEC MOI POUR ACCOMPLIR CE MERVEILLEUX TRAVAIL.



**OUMAIMA**

## Liste des abréviations

**J-C** : Jésus-Christ

**HEs** :Huiles Essentielles

**HE** :Huile Essentielle

**IPP** :Iphosphate d'isopentényle

**B** :Bacillus

**mm** : millimètre

**ANAP** :Association Nationale Des Apiculteurs Professionnels

**Mg** : milligramme

**V** : Varroa

**g** :gramme

**Kg** :kilogramme

**R** : rendement

## RÉSUMÉ

L'abeille (*Apis mellifera*) est un insecte essentiel pour la biodiversité, mais elle est de plus en plus en danger à l'échelle mondiale par le parasite *Varroa destructor*, qui entraîne l'effondrement et la mort des colonies qu'il infecte. Les abeilles *Apis mellifera* sont très menacées par la varroase, qui affaiblit leurs colonies et diminue leur productivité. Les thérapies chimiques actuelles comportent des désavantages, tels que la présence de résidus toxiques et une résistance accrue des parasites.

L'objectif de cette recherche était d'évaluer l'efficacité des huiles essentielles d'*Origanum vulgare L.* et de *Rosmarinus officinalis L.* dans la lutte contre *Varroa destructor* chez les abeilles *Apis mellifera intemissa*. Les critères analysés comprenaient la quantité d'extraits d'huiles essentielles, leur efficacité contre *Varroa destructor*, ainsi que le comportement des abeilles après le traitement. On a constaté que ces huiles essentielles ont un effet bénéfique sur la réduction de l'infestation de Varroa sans causer de dommages aux abeilles, avec une diminution significative du nombre de Varroa dans les ruches traitées par rapport aux ruches témoins.

### Les mots clés :

*Varroa destructor*, varroase, huiles essentielles, *Origanum vulgare L.*, *Rosmarinus officinalis L.*, *Apis mellifera intemissa*.

### الملخص

النحلة (بي مليفيبرا) هي حشرة أساسية لتعزيز التنوع البيولوجي، ولكنها تواجه خطراً متزايداً على مستوى العالم من خلال الطفيلي فاروا ديستريكتور، الذي يؤدي إلى انهيار وموت الأسراب التي يصيبها. النحل ابي مليفيبرا معرض بشدة للفاروا الذي تضعف من أسرابه وتقلل من إنتاجيتها. العلاجات الكيميائية الحالية تحمل عيوباً مثل وجود بقايا سامة وزيادة مقاومة الطفيليات.

هدف هذا البحث كان تقييم فعالية الزيوت الأساسية للزعتر وإكليل الجبل في مكافحة فاروا ديستريكتور لدى النحل أبي مليفيبرا انترميس. شملت المعايير المحللة كمية مستخلصات الزيوت الأساسية، وفعاليتها ضد الفاروا، بالإضافة إلى سلوك النحل بعد العلاج. أظهرت النتائج أن هذه الزيوت الأساسية لها تأثير إيجابي في تقليل انتشار لفاروا دون أن تسبب أي ضرر للنحل، مع تقليل ملحوظ في عدد الفاروا في الخلايا المعالجة مقارنة بالخلايا الشاهدة.

### الكلمات المفتاحية:

النحلة (أبي مليفيبرا)، فاروا ديستريكتور، الزيوت الأساسية، الزعتر، إكليل الجبل.

# Table des matières

REMERCIEMENT .....	i
Liste des abréviations .....	iv
RÉSUMÉ.....	v
الملخص .....	v
Table des matières .....	vi
Liste des figures.....	x
Liste des tableaux.....	xii
Introduction.....	1
Partie 01: synthèse bibliographique	
Chapitre I: Généralités Sur Les Huiles Essentielles	
I. Généralités sur les huiles essentielles.....	3
I.1. Définition.....	3
I.2. Historique .....	3
I.3. Localisation Et Rôle Physiologique Des HEs Dans Les Plantes.....	4
I.3.1. Localisation .....	4
I.3.2. Rôle physiologique des HEs dans les plantes.....	5
I.4. Composition chimiques des HEs.....	5
I.4.1. Les terpènes.....	5
I.4.1.1. Terpènes et leur biosynthèse .....	5
I.4.1.2. Types de terpènes .....	5
I.4.2. Composés aromatiques.....	6
I.5. Toxicité des HEs .....	7
I.6. Propriétés physiques des HEs.....	8
I.7. Méthodes d'extrait des HEs .....	8
I.7.1. Extraction par l'hydrodistillation .....	8
I.7.2. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau .....	9
I.7.3. Extraction par vapo-hydrodistillation.....	10
I.7.4. Extraction par expression à froid.....	10
I.7.5. Extraction par solvant.....	10
I.8. Présentation des plantes étudiées.....	11
I.8.1. <i>Origanum vulgare L.</i> .....	11

I.8.1.1.	Histoire taxonomique d'Origanum.....	11
I.8.1.2.	Description botanique.....	11
I.8.1.3.	Position systématique.....	12
I.8.1.4.	Répartition géographique de l'Origan commun.....	13
I.8.1.5.	Caractéristiques Antimicrobiennes et Antioxydantes de l'Huile Essentielle d'Origan en Algérie	13
I.8.2.	<i>Rosmarinus officinalis L</i> .....	14
I.8.2.1.	Histoire.....	14
I.8.2.2.	Description botanique.....	14
I.8.2.3.	Position systématique.....	14
I.8.2.4.	Répartition géographique de Romarin.....	15
I.8.2.5.	Activités biologiques de <i>Rosmarinus officinalis L</i> .....	15
Chapitre II : Apiculture En Algérie		
II.	Apiculture en algérie.....	17
II.1.	Définitions.....	17
II.2.	Histoire de l'apiculture en Algérie.....	17
II.3.	Matériel apicole.....	18
II.3.1.	Histoire de la domestication.....	18
II.3.2.	Les différents types de ruche.....	18
II.3.2.1.	Ruches traditionnelles.....	18
II.3.2.2.	Ruches modernes.....	20
II.3.2.3.	Ruchettes Langstroth.....	21
II.3.3.	Outils utilisés en élevage moderne.....	21
II.4.	Importance de l'apiculture en Algérie.....	22
II.4.	Les abeilles.....	23
III.4.1.	Répartition géographique des abeilles.....	24
III.4.2.	Position systématique.....	25
II.4.3.	Anatomie et Morphologie de l'abeille.....	26
II.4.4.	Cycle de vie des abeilles.....	26
II.4.5.	Pollinisation par les Abeilles.....	28
II.4.6.	Principales maladies des abeilles, leurs Symptômes et leurs traitements.....	28
II.4.7.	Produits de la ruche.....	30
II.5.	Le varroa.....	30
II.5.1.	Historique et Généralités sur le Parasite <i>Varroa destructor</i> .....	30

II.5.2. Description de <i>Varroa destructor</i> .....	32
II.5.3. Symptômes de l'infestation par le <i>Varroa destructor</i> .....	33
II.5.4. Position systématique de <i>V. destructor</i> .....	33
II.5.5. La biologie de <i>V. destructor</i> .....	34
II.5.5.1. Le cycle de vie du parasite.....	34
II.5.5.2. Les modalités de nutrition de l'acarie .....	35
II.5.5.3. Le système de détection de composés sémiocchimiques de l'acarien.....	35
II.5.6. Moyens de lutte contre le varroa.....	35
II.5.6.1. Méthodes chimiques .....	35
II.5.6.2. Méthodes biologiques .....	36
II.5.6.2.a . Application des acides organiques .....	36
II.5.6.2.b. Application des huiles essentielles.....	36
II.5.6.3. Méthodes biotechniques .....	36
Partie 02 : Partie Expérimentale	
Chapitre I : Matériels et méthodes	
I. Objectif.....	37
I.1. Matériaux .....	37
I.1.1. Matériel Animal.....	37
I.1.2. Matériel végétale .....	38
I.1.3. Le rucher.....	39
I.1.4. Equipements.....	39
I.2. Méthodes .....	40
I.2.1. Récolte et préparation des plantes .....	40
I.2.2. Procédure de distillation .....	40
I.2.3. Mesure et collecte des huiles essentielles .....	41
I.2.4. Stockage des huiles essentielles.....	41
I.2.5. Préparation et conditionnement des boîtes .....	41
I.2.6. Tests expérimentaux .....	42
• 1er test : Étude de l'effet du produit synthétisé sur les ruches d'abeille.....	42
• 2ème test : Étude de l'effet du produit synthétisé sur la maladie de varroase .....	42
I.2.7. Calcul du rendement.....	43
Chapitre II : Résultats et Discussion	
II. Résultats et Discussion .....	44
II.1. Résultats .....	44

II.1.1. Quantités d'huiles essentielles extraites .....	44
II.1.2. Efficacité des huiles essentielles sur les ruches .....	44
II.1.3. Comportement des abeilles .....	44
II.2. Discussion .....	45
II.2.1. Efficacité des huiles essentielles.....	45
II.2.2. Implications pour l'apiculture .....	45
II.2.3. Recommandations pour les apiculteurs .....	45
Conclusion.....	46
Références bibliographiques .....	47

## Liste des figures

FIGURE 1 : PROVENANCE DES HES EN FONCTION DES DIFFERENTES PARTIES DEPLANTES (BEN CHEIKH, 2017).	5
<b>FIGURE 2 : STRUCTURES CHIMIQUES DES COMPOSANTS SELECTIONNES DES HUILES ESSENTIELLES (BAKKALI ET AL., 2008)</b>	<b>6</b>
FIGURE 3 : STRUCTURES CHIMIQUES DES COMPOSANTS SELECTIONNES DES HUILES ESSENTIELLES (BAKKALI ET AL., 2008)	7
FIGURE 4 : SCHEMA REPRESENTANT UNE INSTALLATION D'HYDRODISTILLATION (FARHAT, 2010)	9
FIGURE 5 : PRINCIPE SCHEMATISE DE L'EXTRACTION PAR ENTRAINEMENT A LA VAPEUR (BOUKHATEM ET AL., 2019)	9
FIGURE 6 : D'ALBERT ALBICK ILLUSTRE D'UNE CAPACITE DE 200 A 800 LITRES, AVEC UNE DUREE DE 2 A 3 HEURES (BESOMBES, 2008)	10
FIGURE 7 : MONTAGE D'EXTRACTION PAR L'EXPRESSION A FROID (FARHAT, 2010)	10
FIGURE 8 : MONTAGE D'EXTRACTION PARSOLVANT (LOUIS-JEUNE, 2020)	11
FIGURE 9 : <i>ORIGANUM VULGAIRE</i> (IETSWAART, 1980)	12
FIGURE 10 : REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE L'ORIGAN COMMUN (FIGUEREDO, 2007)	13
FIGURE 11 : <i>ROSMARINUS OFFICINALIS L.</i> (JARDIN BOTANIQUE DE LA CITADELLE, 2017)	14
FIGURE 12 : REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE ROMARIN (THE POLISTES CORPORATION, S.D.)	15
FIGURE 13 : LA RUCHE KENYANE (TOP-BAR)(BOUAMAMA ET MORSLI, 2023)	19
FIGURE 14 : LA RUCHE A RAYONS FIXES (BOUAMAMA ET MORSLI, 2023)	19
FIGURE 15 : LA RUCHE DANS UNE BOITE (BOUAMAMA ET MORSLI, 2023)	20
FIGURE 16 : LES RUCHES MODERNES	21
FIGURE 17 : RUCHETTE LANGSTROTH(BOUAMAMA ET MORSLI, 2023)	21
FIGURE 18 : LES OUTILS UTILISES EN ELEVAGE MODERNE(BOUAMAMA ET MORSLI, 2023)	22
FIGURE 19 : ABEILLE « <i>APIS MELLIFERA</i> »(WIKIPEDIA CONTRIBUTORS)	23
FIGURE 20 :REPARTITION GEOGRAPHIQUE D'ESPECE <i>APIS MELLIFERA</i> (CARRECK ET QUIGLEY, 2016)	24
FIGURE 21: L'ABEILLE TELLIEUNE : <i>APIS MELLIFERA INTERMISSA</i> (CHAHBAR ET HAMADI, 2020)	24
FIGURE 22 :L'ABEILLE SAHARIENNE : <i>APIS MELLIFERA SAHARIENSIS</i> (CHAHBAR ET HAMADI, 2020)	25
FIGURE 23 : ANATOMIE ET MORPHOLOGIE DE L'ABEILLE « OUVRIERE »(SALAME, 2017)	26
FIGURE 24 :LE CYCLE DE VIE D'UNE ABEILLE ( <a href="https://www.apiculture.net/blog/cycle-vie-abeilles-n38">HTTPS://WWW.APICULTURE.NET/BLOG/CYCLE-VIE-ABEILLES-N38</a> )	27
<b>FIGURE 25 :LA POLLINISATION PAR LES ABEILLES(MULLER, 2019)</b>	<b>28</b>
FIGURE 26 : REPARTITION GEOGRAPHIQUE ACTUELLE DE <i>VARROA DESTRUCTOR</i> (ROSENKRANZ ET AL., 2010)	31
FIGURE 27 : REPRESENTATION DES DEUX ESPECES DE <i>VARROA</i> :(A ET B) VU DORSALE ET VENTRALE DU <i>V. JACOBSONI</i> , (C ET D) VU DORSALE ET VENTRALE DU <i>V. DESTRUCTOR</i> (ANDERSON ET TRUMAN, 2000)	31
FIGURE 29: L'INFESTATION D'UNE PUPE D'ABEILLE DE MIEL PAR LES MYRTILLES DE <i>VARROA</i> (ROSARIO ET AL, 2014)	32
FIGURE 28 : MITE DE <i>VARROA</i> (ROSARIO ET AL, 2014)	32
<b>FIGURE 30 :ABEILLE INFECTEE PAR <i>VARROA</i>, A PEINE ECLOSE, SES AILES SONT DEFORMEES(CHARRIERE ET AL, 2018)</b>	<b>33</b>
FIGURE 31 : LARVES INFESTEES PAR LA LOQUE AMERICAINE (COTE RUCHE, S.D.)	33
FIGURE 32 : CYCLE REPRODUCTEUR DE <i>VARROA DESTRUCTOR</i> DANS LES ALVEOLES D' <i>APIS MELLIFERA</i> . A : STADES DE DEVELOPPEMENT DU <i>VARROA</i> DANS LES ALVEOLES DE COUVAIN OPERCULEES D' <i>APIS MELLIFERA</i> , B : LA FONDATRICE <i>VARROA</i> ENTRE DANS L'ALVEOLE DE COUVAIN POUR PONDRE AU MOMENT DE L'OPERCULATION DU COUVAIN (NOEL, 2023)	35
FIGURE 33 : <i>APIS MELLIFERA INTERMISSA</i> (ORIGINALE, 2024)	37
FIGURE 34 : <i>VARROA DESTRUCTOR</i> (ORIGINALE, 2024)	37
FIGURE 35 : <i>ORIGANUM VULGARE L.</i> ET <i>ROSMARINUS OFFICINALIS L.</i> (ORIGINALE, 2024)	38
<b>FIGURE 36 : LOCALISATION DES PLANTES COLLECTEES (GOOGLE MAPS, 2024)</b>	<b>38</b>
<b>FIGURE 37 : LOCALISATION DE LE RUCHER (GOOGLE MAPS, 2024)</b>	<b>39</b>

FIGURE 38 : LES PLANTES D'ORIGAN COMMUN ET DE ROMARIN RECOLTEES (ORIGINALE, 2024).....	40
FIGURE 39 : EXTRACTION PAR LA TECHNIQUE D'HYDRODISTILLATION PAR L'APPAREIL DE CLEVANGER (ORIGINALE, 2024). .....	41
<b>FIGURE 40 : ÉTAPES DE PREPARATION ET DE CONDITIONNEMENT DES BOITES (ORIGINALE, 2024).</b> .....	<b>42</b>
FIGURE 41 : TESTS EXPERIMENTAUX SUR LES RUCHES D'ABEILLE « <i>APIS MELLIFERA INTERMISSA</i> » (ORIGINALE, 2024). .....	43
FIGURE 42 : RENDEMENT D'ORIGAN ET ROMARIN EN MG PAR DATE SELON LES RESULTATS OBTENUS .....	44

## Liste des tableaux

TABLEAU 1: LA CLASSIFICATION BOTANIQUE DE L'ORIGAN COMMUN (MAHFOUF, 2018).....	12
TABLEAU 2 : LA CLASSIFICATION BOTANIQUE DE ROMARIN (TELA BOTANICA, 2021). ....	15
TABLEAU 3 : LA CLASSIFICATION SYSTEMATIQUE D'APIS MELLIFERA (AMIMER-HACIB, 2017).....	25
TABLEAU 4: LONGEVITE DES ETAPES DE VIE DES DIFFERENTES ESPECES D'A. <i>MELLIFERA</i> (LA CATOIRE FANTASQUE, 2017). ....	28
TABLEAU 5 : LES PRINCIPALES MALADIES DES ABEILLES, LEURS SYMPTOMES ET LEURS TRAITEMENTS (HUMMEL ET FELTIN, 2014).....	29
TABLEAU 6 :LA CLASSIFICATION SYSTEMATIQUE DE <i>VARROA DESTRUCTOR</i> (ANDERSON ET TRUEMAN, 2000). ....	34



# **Introduction**



## Introduction

**Au nom d'Allah** le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux : « Quant aux abeilles, ton Seigneur leur a inspiré de trouver refuge dans les montagnes, les arbres et les abris que les hommes ont aménagés (68). Puis mangez de toute espèce de fruits, et suivez les sentiers de votre Seigneur, rendus faciles pour vous. De leur ventre, sort une liqueur, aux couleurs variées, dans laquelle il y a une guérison pour les gens. Il y a vraiment là une preuve pour des gens qui réfléchissent (69). » (Sourate An-Nahl, versets 68-69). Ces versets mettent en évidence l'importance des abeilles et des produits qu'elles génèrent, notamment le miel, reconnu pour ses propriétés curatives.

Depuis quelques années, la santé des abeilles est devenue inquiétante, leur taux de mortalité atteignant 30 à 35%, un taux anormalement élevé qui atteint dans certains cas 50% de pertes hivernales, et 30% à 40% de pertes printanières. Une conjoncture de plusieurs facteurs semble expliquer ce problème, mais l'on pointe en première ligne les aléas climatiques (chute de température, neige, sécheresse) et la maladie parasitaire la varroase qui présente un véritable fléau apicole.

Les vertus thérapeutiques des plantes médicinales et aromatiques ont été expérimentées depuis des siècles et la valorisation de leurs huiles essentielles dans différentes applications notamment en tant qu'anti-inflammatoires, antiseptiques, antifongiques, bactéricides, insecticides et insectifuges, tonifiantes, stimulantes, calmantes.

La varroase est une des principales causes de mortalité des colonies d'abeilles. Les traitements conventionnels à base de produits chimiques posent des problèmes environnementaux et sanitaires. Des études antérieures ont démontré les propriétés antiparasitaires des huiles essentielles de certaines plantes. L'étude cherche à déterminer si les huiles essentielles d'*Origanum vulgare L.* et de *Rosmarinus officinalis L.* peuvent être utilisées comme alternative naturelle et efficace aux traitements chimiques pour lutter contre *Varroa destructor*.

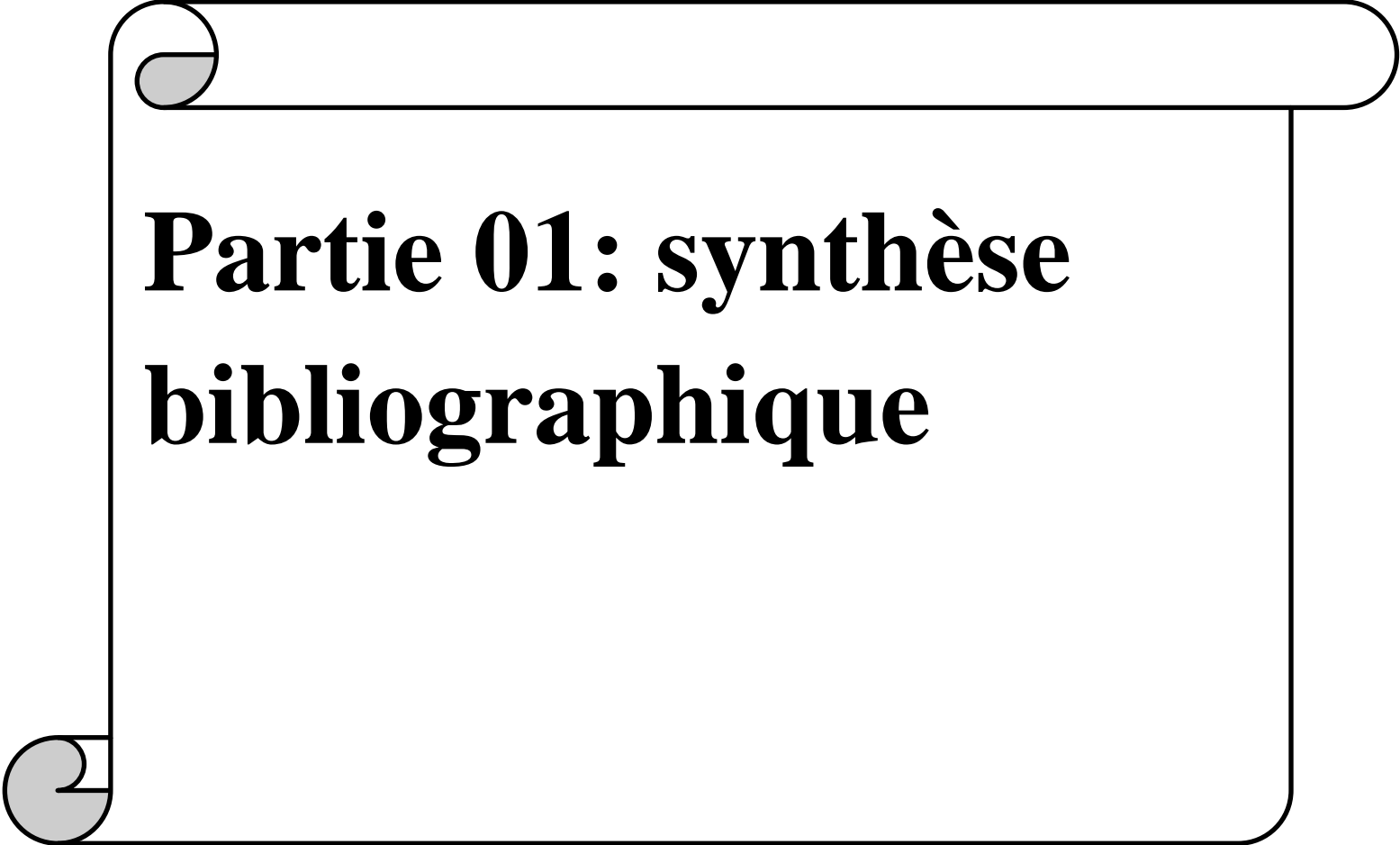
Les principales parties de ce travail se résument comme suit :

- La première partie a été essentiellement consacrée aux données bibliographiques. Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique sur les plantes d'*Origanum vulgare L.* et *Rosmarinus officinalis L.*, leur position systémique, leurs vertus, et les huiles essentielles envisagées à visée antibiotique et leur action sur les bactéries. Quant au deuxième chapitre, il aborde la présentation de l'apiculture en Algérie.
- La deuxième partie traite de la partie expérimentale, incluant les différentes techniques (matériels, méthodes, matériels biologiques, etc.).
- La troisième partie a été consacrée à la présentation des résultats et à leur discussion.

- Enfin, une conclusion avec une synthèse des résultats obtenus et des perspectives devant faire l'objet de futurs travaux.

Nous cherchons à répondre à la question suivante : Les huiles essentielles (HEs) d'*Origanum vulgare L.* et de *Rosmarinus officinalis L.* sont-elles efficaces pour réduire l'infestation de *Varroa destructor* sans affecter la santé des abeilles ?



A decorative graphic of a scroll with a black outline and a grey shadow, framing the text. The scroll is partially unrolled at the top and bottom left corners.

# **Partie 01: synthèse bibliographique**



# **Chapitre I: Généralités Sur Les Huiles Essentielles**



# I. Généralités sur les huiles essentielles

## I.1. Définition

Le terme "**huile essentielle (HE)**" se divise en deux parties : "**huile**" indiquant la nature visqueuse (hydrophobe et donc lipophile) et "**essentielle**" faisant référence à son arôme distinctif ainsi qu'à sa rareté. Elle est également nommée "**essence**" en référence aux parfums exhalés. C'est un produit d'origine végétale obtenu par distillation (**Ben Miri, 2019**). Les HEs sont des produits complexes contenant des composés volatils présents dans les plantes, tels que définis par la Pharmacopée (**Andriamanantoanina, 1984**). Ce sont des produits volatils composés de molécules sécrétées par certaines plantes, leur conférant un arôme spécifique, et composés d'un mélange de composés lipophiles, volatils et souvent liquides, synthétisés et stockés dans des tissus végétaux spécialisés. Le terme "volatil" fait référence à l'évaporation rapide des HEs (**Boumediene, 2014**). Des études indiquent également que les HEs représentent des alternatives prometteuses aux produits chimiques synthétiques, avec des effets secondaires minimales (**Amroune, 2022**). De plus, l'efficacité des HEs contre *Varroa destructor* est comparable à celle des acides organiques (**Hýbl et al., 2021**).

## I.2. Historique

L'utilisation des HEs remonte à la Haute Antiquité, les Égyptiens pratiquant la distillation sèche dès 4000 ans avant Jésus-Christ (J -C) pour extraire l'essence de cèdre utilisée dans la momification pour ses propriétés antiseptiques (**Nourachani, 2010**). Le romarin, mentionné pour ses vertus curatives au XIIIe siècle, est devenu célèbre pour son parfum balsamique depuis l'Antiquité. Les plantes aromatiques et médicinales ont joué un rôle crucial pendant des millénaires, appréciées par les thérapeutes du monde entier pour leurs multiples utilisations, de la médecine à la parfumerie et à la cuisine. Les premières preuves de fabrication et d'utilisation d' datent d'environ HEs 3000 ans avant J-C. (**Baser & Buchbauer, 2015**).

Au Moyen-Âge, Avicenne a contribué à associer les HEs à la médecine, produisant même la première huile essentielle pure de *Rosa centifolia* grâce à une innovation technique. Au début du XXe siècle, René Maurice Gattefossé a exploré en profondeur les vertus médicinales des HEs, devenant ainsi le père de l'aromathérapie après avoir expérimenté avec succès l'HE de lavande pour soigner une brûlure (**Atmani-Merabet, 2018**).

En 1931, Gattefossé a publié un ouvrage révolutionnaire sur l'aromathérapie, établissant les liens entre la structure moléculaire des composés aromatiques et leurs propriétés thérapeutiques. Les traditions anciennes combinées aux avancées scientifiques ont contribué à mieux comprendre et exploiter le potentiel des HEs pour la santé et le bien-être (**Bardeau et al, 1976**).

De nos jours, les HEs sont devenues très accessibles et se retrouvent dans de nombreux secteurs, allant de la santé à la beauté en passant par l'agroalimentaire, bien que seulement une fraction d'entre elles soit réellement exploitée à grande échelle par l'industrie (**bouhafs et al., 2014**).

### I.3. Localisation Et Rôle Physiologique Des HEs Dans Les Plantes

#### I.3.1. Localisation

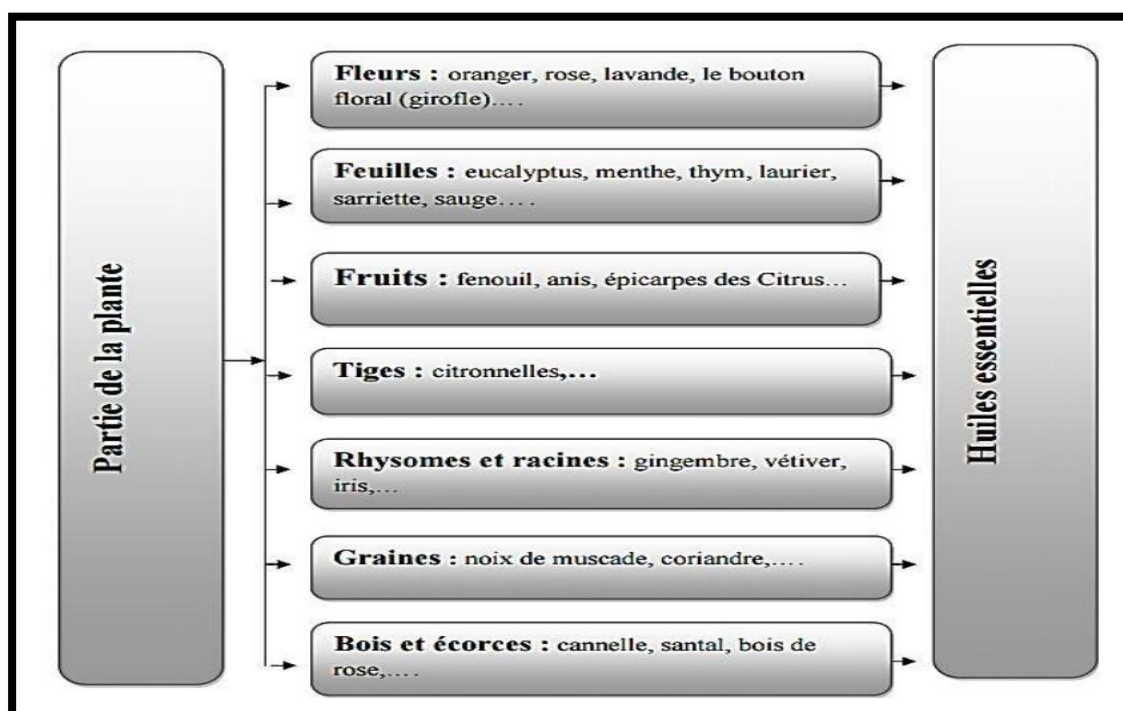
Les HEs sont produites dans des structures spécialisées de la plante, appelées cellules glandulaires, recouvertes d'une cuticule. Elles sont ensuite stockées dans différents types de structures sécrétrices de la plante :

- Dans des cellules à HEs (Lauraceae ou Zingiberaceae)
- Dans des poils sécréteurs (Lamiaceae)
- Dans des poches sécrétrices (Myrtaceae ou Rutaceae)
- Dans des canaux sécréteurs (Apiaceae ou Asteraceae)

Elles peuvent également être transportées dans l'espace intracellulaire lorsque les poches à essences sont situées dans les tissus internes.

Au niveau des sites de stockage, les gouttelettes d'HE sont entourées de membranes spéciales, composées d'esters d'acides gras hydroxylés hautement polymérisés, associés à des groupements peroxydes. Ces membranes, en raison de leur caractère lipophile, limitent fortement l'évaporation et l'oxydation des HEs (**Bruneton, 1993**).

Les HEs se rencontrent dans tout le règne végétal, mais sont particulièrement abondantes chez certaines familles comme les Conifères, Rutacées, Ombellifères, Myrtacées, Lamiacées et Poacées. Tous les organes de la plante peuvent en contenir, surtout les sommités fleuries : lavande, menthe..., mais on en trouve aussi dans les racines ou rhizomes : vétiver et gingembre, les écorces: cannelles, le bois : camphrier, les fruits : poivres et les graines : muscade (**Figure 1**)(**ben cheikh, 2017**).



**Figure 1** : Provenance des HEs en fonction des différentes parties de plantes (**ben cheikh, 2017**).

### **I.3.2. Rôle physiologique des HEs dans les plantes**

- Elles sont des métabolites secondaires produits par de nombreuses plantes, mais ne sont pas essentiels à leur croissance
- Elles ont pour fonction d'attirer les insectes pollinisateurs ou de repousser les insectes nuisibles
- Elles présentent des propriétés antiseptiques, insecticides, fongicides et bactéricides (**kehal, 2013**)
- Elles permettent à la plante de se défendre contre les agressions extérieures
- Elles ont des propriétés attractives ou répulsives vis-à-vis des prédateurs (herbivores, insectes, etc...)
- Leurs odeurs interviennent dans la pollinisation
- Leur pouvoir antiseptique protège les cultures en inhibant la multiplication des bactéries et parasites du sol (**Dorosso,2002 ;Kaloustian, 2012 ;kehal, 2013**).

## **I.4. Composition chimiques des HEs**

Les HEs sont principalement composées de deux familles distinctes de composés odorants, en fonction de la voie métabolique suivie lors de leur synthèse. D'un côté, on retrouve les terpènes (mono et sesquiterpènes), qui sont majoritaires dans la plupart des HEs. De l'autre, on a les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (**Kurkin, 2003**).

### **I.4.1. Les terpènes**

#### **I.4.1.1. Terpènes et leur biosynthèse**

- **Les terpènes** : représentent une variété de composés organiques constitués de combinaisons de plusieurs unités à 5 carbones, connues sous le nom d'isoprène. Différentes classes structurales et fonctionnelles sont formées par eux.
- **Biosynthèse** : synthèse du précurseur d'iphosphate d'isopentényle (IPP), addition répétée d'IPP pour former des prényldiphosphates, modification par des synthétases spécifiques aux terpènes, puis modification enzymatique secondaire.

#### **I.8.1.2. Types de terpènes**

Les Principaux types de terpènes monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), hémiterpènes (C5), diterpènes (C20), triterpènes (C30), tétraterpènes (C40), terpénoïdes : Terpènes contenant de l'oxygène.

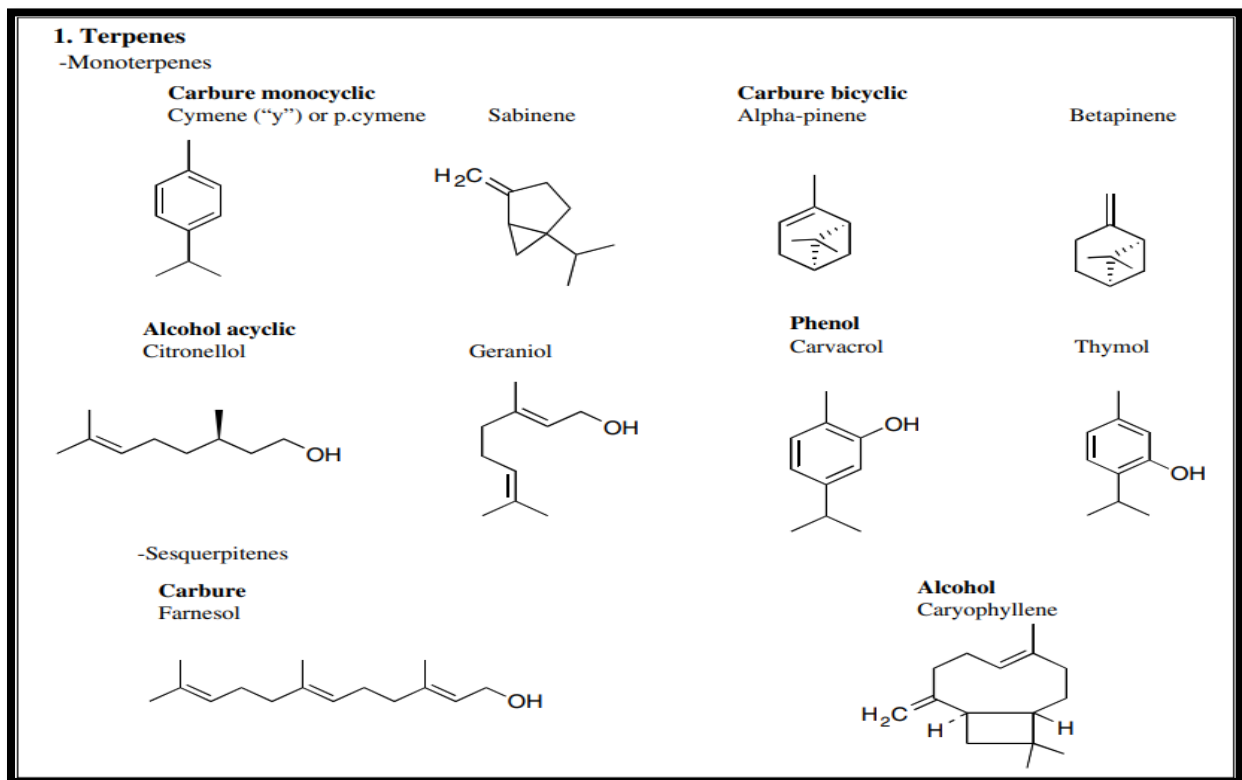
- **Monoterpènes**

Les monoterpènes sont constitués de deux unités isoprène (C10) qui sont combinées. 90 % des HEs sont composées d'elles et possèdent une grande diversité de structures et de fonctions .

- **Sesquiterpènes**

Les sesquiterpènes se composent de trois composants isoprène (C15). Le nombre de cyclisations augmente avec l'extension de la chaîne, ce qui entraîne une grande diversité de structures. Ils ont la même structure et la même fonction que les monoterpènes.

Les différentes catégories de monoterpènes et de sesquiterpènes sont présentées dans la figure ci-dessous (**Figure 02**). ( **Bakkali et al., 2008**)



**Figure 2 :** Structures chimiques des composants sélectionnés des huiles essentielles (**Bakkali et al., 2008**)

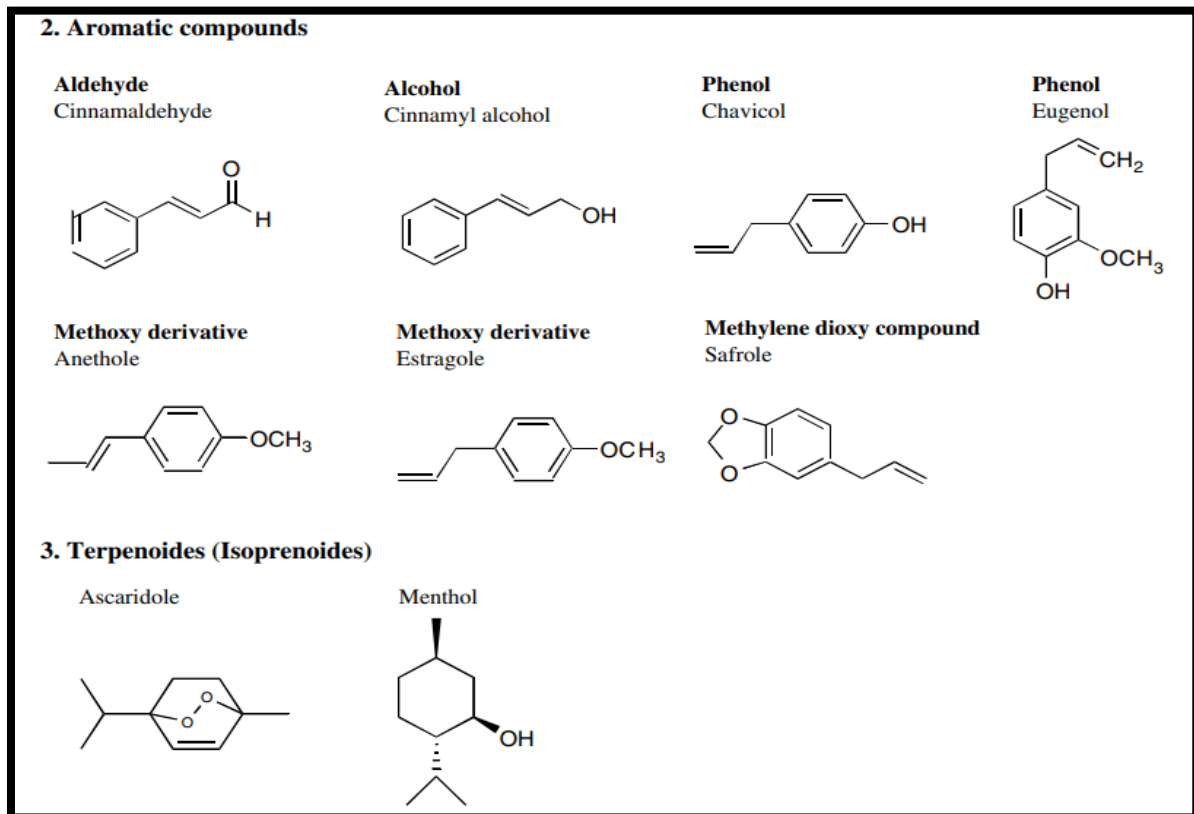
#### I.4.2. Composés aromatiques

Dans les HEs, les composés aromatiques, issus du phénylpropane, sont moins courants que les terpènes. Malgré leur séparabilité chez les plantes, leurs voies de biosynthèse peuvent parfois coexister, l'une des deux voies étant dominante dans certains cas (comme dans l'huile de cannelle, où le cinnamaldéhyde est le principal constituant et l'eugénol le second). Ils incluent :

- Cinnamaldéhyde : Aldéhydes
- Les alcools : l'alcool cinétique.
- Phénols tels que le chavicol et l'eugénol

- Dérivés méthoxylés tels que l'anéthole, l'élémicine, l'estragole et les méthyleugénols.
- Métaux de méthylèneDioxygène : apiole, myristicine, safrole

Des plantes comme l'anis, la cannelle, le clou de girofle, le fenouil, la muscade, le persil, le sassafras, l'anis étoilé, l'estragon et des familles botaniques comme les Apiacées, Lamiacées, Myrtacées et Rutacées sont les principales sources de ces composés. Des composés azotés ou soufrés, tels que les glucosinolates ou les isothiocyanates, sont également présents dans certaines HEs, comme l'ail et la moutarde, qui sont caractéristiques de différentes plantes ou produits grillé (**Figure 03**)(**Bakkali et al.,2008**) .



**Figure 3** : Structures chimiques des composants sélectionnés des huiles essentielles ( **Bakkali et al., 2008**)

## I.5. Toxicité des HEs

Les HEs offrent de nombreux bienfaits mais peuvent être toxiques à fortes doses Une mauvaise utilisation, que ce soit par ingestion ou application topique, peut être dangereuse pour la santé des consommateurs. Certaines huiles, notamment celles dérivées des agrumes, sont photosensibilisantes et peuvent provoquer des réactions cutanées après une exposition au soleil (**Kehal,2013**). Leur composition chimique complexe peut les rendre irritants ou allergisants, comme ceux contenant du thymol, du carvacrol ou du cinnamaldéhyde. De plus, certaines huiles, notamment celles contenant des cétones comme l' $\alpha$ -thuyone, ont des propriétés neurotoxiques (**Guba, 2001**).

## **I.6. Propriétés physiques des HEs**

Les huiles essentielles se caractérisent par des liquides à l'odeur forte et distinctive, généralement incolores, à l'exception de certaines variétés comme la cannelle rougeâtre et la camomille bleue. Elles sont généralement moins denses que l'eau, non miscibles à celle-ci, mais solubles dans l'alcool. Les huiles essentielles interagissent avec la lumière polarisée et possèdent des indices de réfraction élevés et des propriétés de rotation optique distinctives. À des températures plus basses (10 °C), certaines huiles, comme celles de rose et de thym, se cristallisent sans altération chimique, indiquant une haute qualité. Elles sont volatiles, ce qui contribue à leur caractère aromatique et facilite leur distillation à la vapeur. Pour une conservation optimale, les huiles essentielles doivent être stockées dans des flacons en verre coloré ou en aluminium à des températures comprises entre 5 °C et 40 °C, avec une fermeture hermétique pour éviter l'évaporation et la perte des composants actifs (**Degryse et al., 2008 ; Baudoux, 2017**).

## **I.7. Méthodes d'extrait des HEs**

Parmi les différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles, la distillation est la plus ancienne et la plus couramment employée. Plus récemment, d'autres méthodes ont été mises au point pour améliorer le rendement ou la qualité des HEs extraites, réduire le temps d'extraction, réduire la quantité de solvant utilisée et accélérer la vitesse d'extraction (**Besombes, 2008**).

### **I.7.1. Extraction par l'hydrodistillation**

La méthode ancienne et largement utilisée pour extraire les HEs est l'hydrodistillation. Elle est facile à réaliser et ne requiert pas d'équipements chers ni de substances chimiques dangereuses. Il y a trois méthodes essentielles :

- La distillation à la vapeur consiste à mettre directement le végétal en contact avec de l'eau bouillante.
- Distillation à la vapeur saturée : le végétal est exposé à la vapeur d'eau saturée, mais pas à l'eau bouillante située en dessous dans un alambic.
- La distillation à la vapeur directe saturée ou surchauffée consiste à introduire la vapeur soit au-dessous (hydrodistillation) soit au-dessus (hydrodiffusion) de la charge végétale, sans eau, dans le fond de l'alambic.

La troisième technique est la plus répandue aujourd'hui, car elle permet d'éviter le contact prolongé du végétal avec l'eau bouillante, ce qui permet de diminuer la formation d'artéfacts (**Figure 04**). (**Gbenou, 1999**)

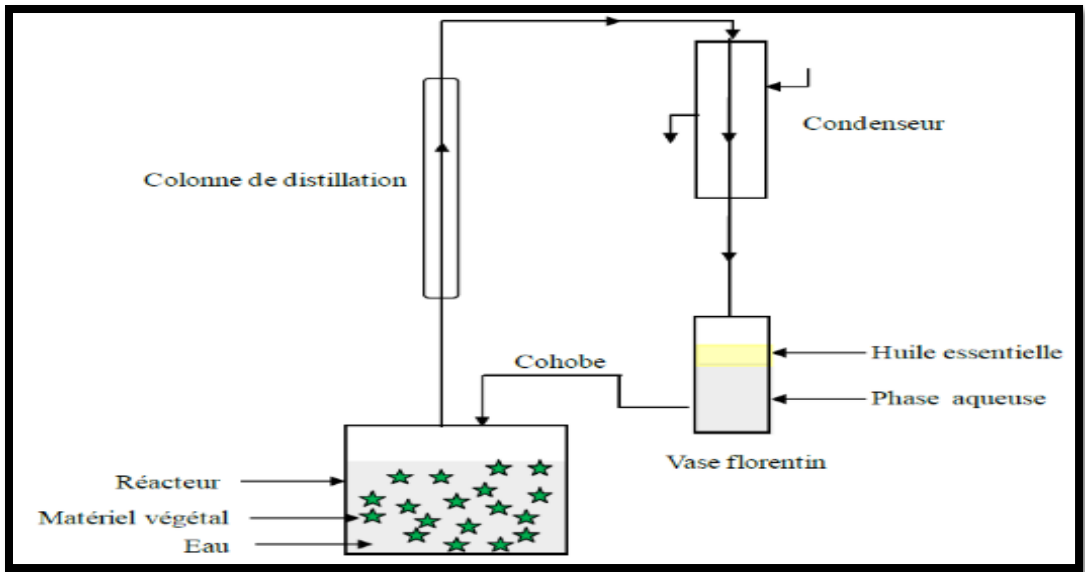


Figure 4 : Schéma représentant une installation d'hydrodistillation (Farhat, 2010).

### I.7.2. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Le matériau végétal est soumis à la vaporisation d'eau sans humidification préalable lors de la distillation à vapeur (Figure 05). Le dispositif de séparation de l'huile condense ensuite la vapeur saturée de composés volatils en phases aqueuses et organiques. Cette approche évite le contact direct de l'eau avec le matériau végétal, ce qui diminue le risque d'hydrolyse ou de dégradation de la pureté. Les HEs qui en découlent sont plus lisses et plus parfumées, et le processus dure généralement une demi-heure pour collecter 95 % des composés volatils, ce qui est adéquat pour les besoins industriels et de la chimie naturelle (Boukhatem et al., 2019).

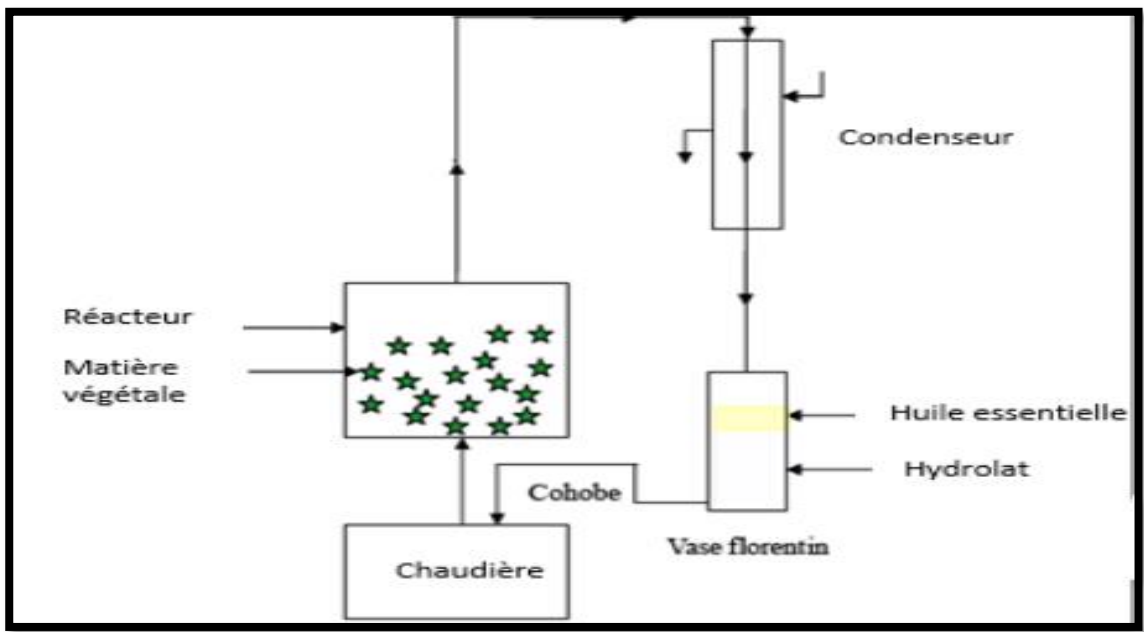
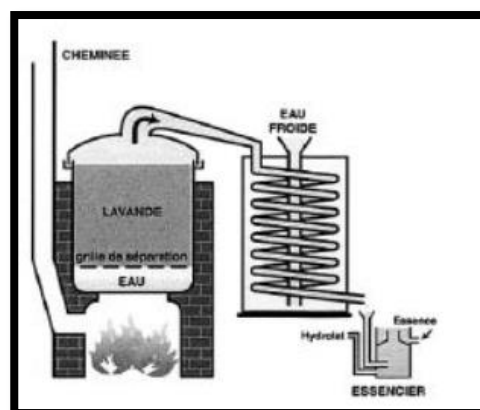


Figure 5 : Principe schématisé de l'extraction par entraînement à la vapeur (Boukhatem et al., 2019).

### I.7.3. Extraction par vapo-hydrodistillation

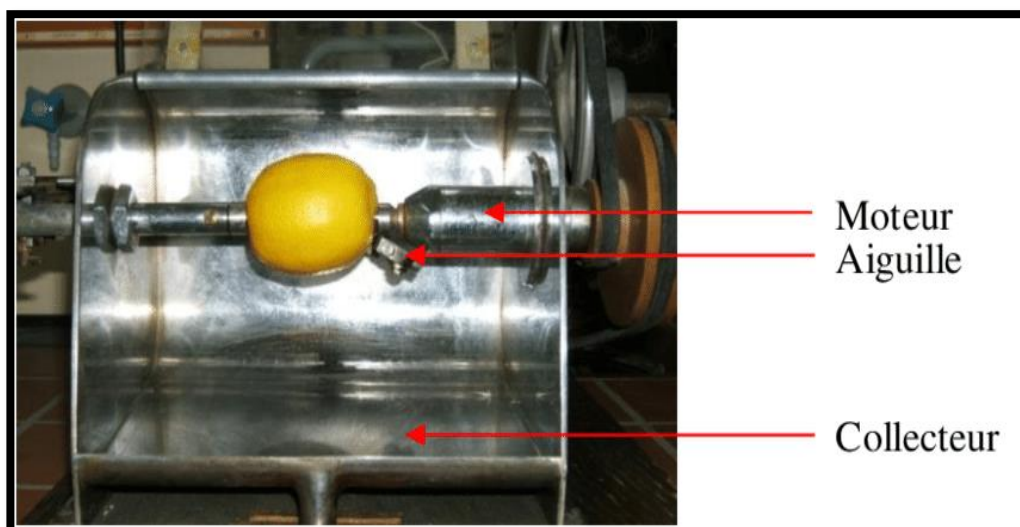
La vapo-hydrodistillation permet de séparer la matière première de l'eau en utilisant une tôle perforée, ce qui permet d'utiliser le résidu solide comme combustible. La matière première est placée au sommet de l'alambic, tandis que l'eau en bas produit de la vapeur par chauffage direct ou injection de vapeur surchauffée (**Figure 06**). Cette approche restreint l'hydrolyse et requiert le mélange de la matière première afin d'éviter la création de chemins de vapeur favorisateurs. Un excès d'humidité peut rendre la matière première plus compacte, ce qui ralentit le débit de la vapeur (**Besombes, 2008**).



**Figure 6** : d'Albert Albick illustre d'une capacité de 200 à 800 litres, avec une durée de 2 à 3 heures (**Besombes, 2008**).

### I.7.4. Extraction par expression à froid

La technique de l'extraction par expression à froid implique de presser le matériau végétal à l'aide d'un appareil à froid afin d'extraire du jus de fruits à partir de la pulpe et de l'huile essentielle sur les zestes. On utilise principalement cette méthode pour les agrumes tels que le citron et l'orange. Grâce à elle, il est possible d'obtenir des composés sans aucun changement chimique, ce qui permet de préserver toutes les caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques des huiles essentielles. Il s'agit d'une méthode facile, pratique et abordable, même si elle est peu utilisée (**Figure 07**) (**Gbenou, 1999**).

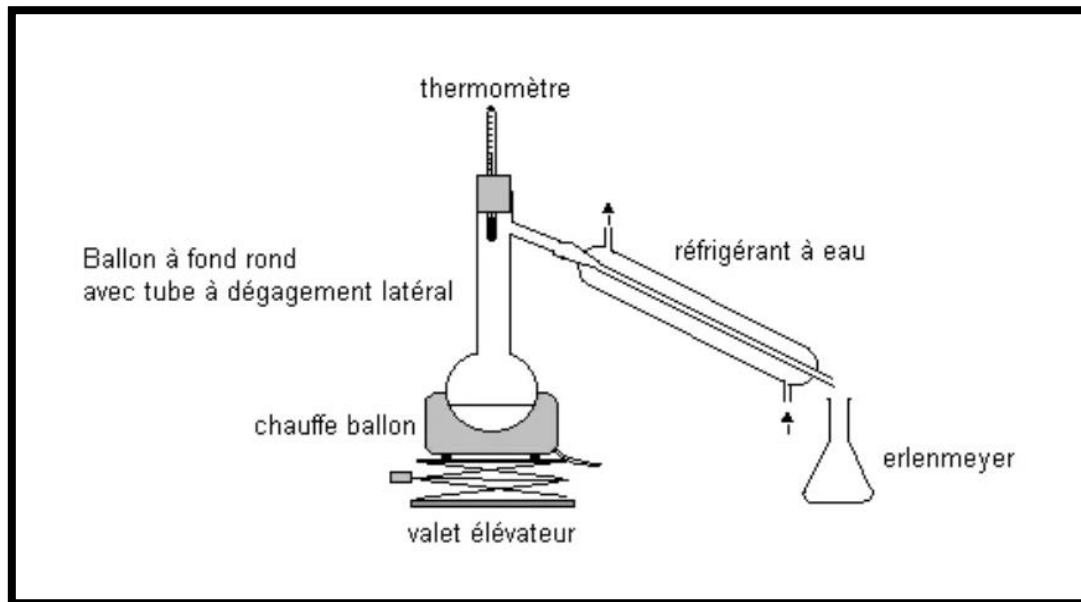


**Figure 7** : Montage d'extraction par L'expression à froid (**Farhat , 2010**)

### I.7.5. Extraction par solvant

L'extraction par solvant consiste à extraire des composés aromatiques de plantes sans les décomposer en utilisant des solvants volatils tels que l'hexane ou l'éthanol. Cette technique convient particulièrement aux plantes qui sont sensibles à la chaleur, à faible teneur en arômes

ou qui contiennent des résines, comme le jasmin, la rose et le benjoin. Il s'agit de dissoudre les composés odorants de la plante dans le solvant, puis de l'évaporer afin d'obtenir un « extrait ». Après diverses étapes de purification et de concentration, on obtient une substance cireuse connue sous le nom de concrète ou de résinoïde. En effectuant des lavages supplémentaires à l'alcool et en utilisant une extraction sous vide, la substance concrète est convertie en une essence pure appelée « absolue » (**figure 08**) (Zayat, 2023).



**Figure 8** : montage d'extraction par solvant (Louis-Jeune, 2020)

## I.8. Présentation des plantes étudiées

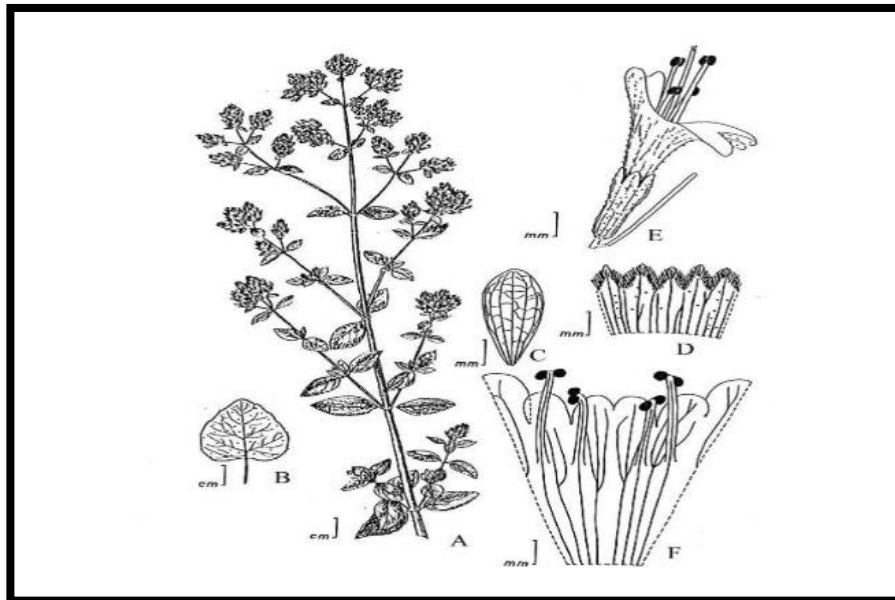
### I.8.1. *Origanum vulgare* L.

#### I.8.1.1. Histoire taxonomique d'*Origanum*

Le genre *Origanum* a une histoire taxonomique riche et complexe. Décrit pour la première fois par Linné en 1753-1754, il a connu de nombreuses évolutions au fil du temps. Miller a initialement présenté trois espèces dans le genre *Majorana* en 1754, avant de les attribuer au genre *Origanum* en 1768. Parallèlement, l'espèce d'*Origanum* a été transférée du genre *Amaracus* par Gleditsch en 1764. Vogel a par la suite reconnu *Majorana* et *Amaracus* comme des sous-genres d'*O* en 1840-1841, tandis que d'autres appellations génériques ont été proposées sans succès par Rafinesque et Scheele. Kuntze a tenté d'associer *Origanum* et *Thymus*, sans résultat. Bentham a d'abord distingué trois genres différents, avant de revenir à la conception linnéenne avec quatre parties. Enfin, Briquet a finalement admis trois genres distincts en 1895, en s'appuyant sur les travaux de Bentham tout en décrivant de nouvelles sections. Cette histoire taxonomique complexe reflète la diversité et l'évolution de la classification du genre *Origanum* (Ietswaart, 1980).

#### I.8.1.2. Description botanique

La plante vivace de la famille des Lamiacées, l'origan, mesure de 30 à 80 cm de haut. Feuilles opposées-décussées, ovales, denticulées, à limbe vert foncé, rempli de poils sécréteurs. Fleurs paniculées, bractées elliptiques, corolle gamopétale rouge, violet ou rose pâle. L'œuf est un tétrakène brun lisse (Figure 09). Cette espèce fleurit de juillet à septembre (Teuscher et al., 2004 ; Rameau et al., 2009 ; Arvy et Gallouin, 2003).



- A : tige entière
- B : feuille
- C : bractée
- D : calice coupé par la lèvre inférieure
- E : fleur avec bractée avec vue de côté
- F : corolle coupée par la lèvre inférieure

Figure 9 : *Origanum Vulgaire* (Ietswaart, 1980)

### 1.8.1.3. Position systématique

Les Lamiaceae sont une des plus grandes et homogènes familles de la sous-classe des Gamopétales. On y retrouve 187 genres et environ 3 000 espèces, et la plupart de ces genres sont riches en huiles essentielles. Cette famille, connue autrefois sous le nom de labiées en raison de la forme de ses corolles, est un groupe botanique important en raison de sa variété et de ses propriétés aromatiques (Mahfouf, 2018). Le genre *Origanum* compte 39 espèces dans cette famille, dont plus de 75 % sont originaires de la Méditerranée (Kintzios, 2002). Le tableau ci-dessous montre la Classification botanique de l'Origan commun.

Tableau 1: la Classification botanique de l'Origan commun (Mahfouf, 2018).

Rang taxonomique	Nomenclature
Embranchement	Phanérogames
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicots
Sous-classe	Astéridées
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Origanum</i>
Espèce	<i>Origanum vulgare</i> L., 1753

#### I.8.1.4. Répartition géographique de l'Origan commun

L'origan est une plante herbacée qui pousse principalement dans les régions montagneuses éloignées de la région sud-méditerranéenne, mais on la retrouve également en Asie centrale et en Europe. Les espèces du genre *Origanum*, telles que définies par Ietswaart, sont majoritairement présentes dans la région méditerranéenne (**Figure 10**), avec plus de 81 % se trouvant exclusivement dans la partie Est de cette région. Seules quatre espèces sont présentes dans la partie ouest de la région méditerranéenne (**Kintzios, 2002**).

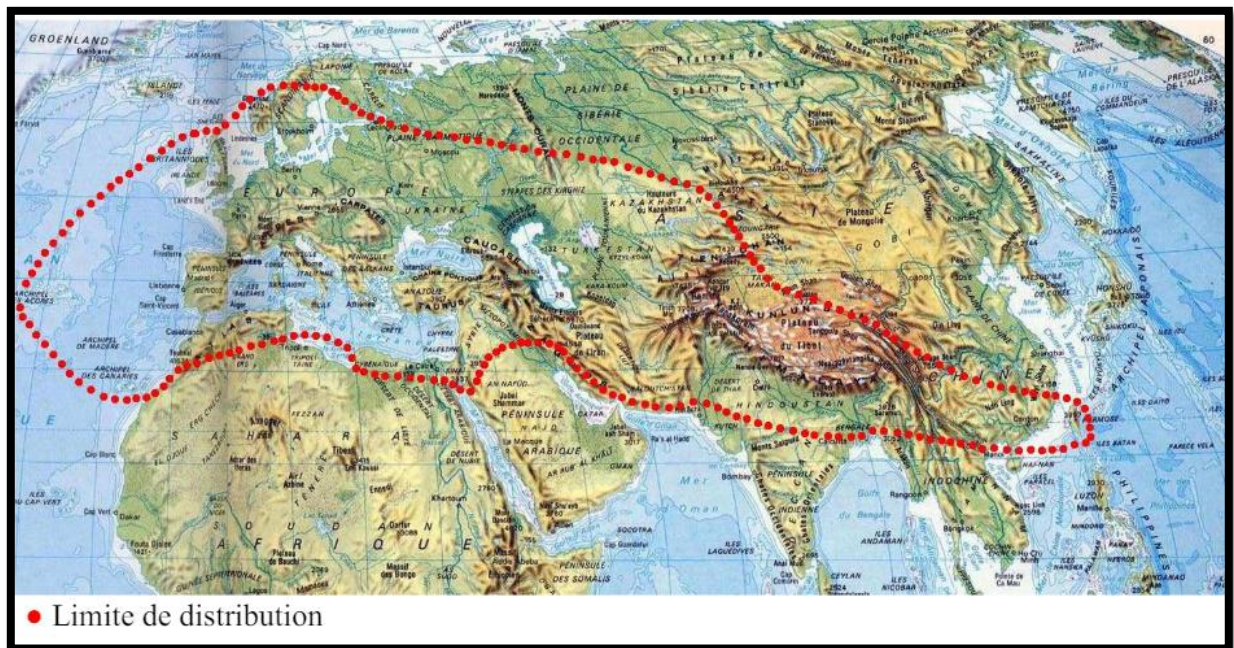


Figure 10 : Répartition géographique de l'Origan commun (**Figueredo, 2007**).

#### I.8.1.5. Caractéristiques Antimicrobiennes et Antioxydantes de l'Huile Essentielle d'Origan en Algérie

L'HE d'origan (*Origanum vulgare*) cultivé en Algérie présente des activités antimicrobiennes et antioxydantes remarquables :

- a. **Activité antibactérienne puissante** : L'huile a démontré une forte efficacité antibactérienne contre diverses souches de *Bacillus* ( B ) comme *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, *B. licheniformis* et *B. pumilus*. Des zones d'inhibition allant de 21,5 mm à 41 mm et une concentration minimale inhibitrice (CMI) de seulement 0,4 mg/ml ont été observées.
- b. **Propriétés antifongiques** : L'huile d'origan possède également des capacités antifongiques, permettant de lutter contre différents champignons pouvant affecter les humains et les aliments.
- c. **Activité antiparasitaire** : En plus de ses vertus antibactériennes et antifongiques, l'huile essentielle d'origan présente des propriétés antiparasitaires bénéfiques pour la santé.
- d. **Large spectre antimicrobien** : Au-delà de ses activités spécifiques, l'huile d'origan manifeste des propriétés antimicrobiennes générales, la rendant efficace contre un large éventail de microorganismes.

e. **Puissants antioxydants naturels:** L'huile contient des antioxydants naturels qui aident à neutraliser les dommages causés par les radicaux libres, contribuant ainsi à la protection cellulaire et à la réduction de l'inflammation.

Ces diverses vertus font de l'HE d'origan algérienne une ressource naturelle d'un grand intérêt pour des applications médicales et alimentaires (**Boughendjioua & Seridi, 2017**).

## ***1.8.2. Rosmarinus officinalis L.***

### **1.8.2.1. Histoire**

Aujourd'hui, le romarin est principalement célèbre pour ses avantages en termes de beauté et de santé. Il est possible qu'il ait été nommé ainsi en raison du grec « rhaps myrinos » qui signifie « buisson aromatique », ou de son parfum camphré qui évoque l'encens, d'où en provençal « encensier ».

Une légende raconte que les fleurs du romarin étaient à l'origine blanches, jusqu'à ce que la Vierge Marie dépose son manteau bleu sur un pied de romarin, de sorte que les fleurs étaient blanches. C'est la raison pour laquelle on appelle parfois le romarin « rose de Marie ».

Lors des épidémies de peste, les rameaux de romarin étaient brûlés dans l'espoir de purifier l'air et de faire taire la maladie (**Oliviers & Co, 2022 ; Raynaud, 2022**).

### **1.8.2.2. Description botanique**

Selon **Beloued (2009)**, le romarin est un arbrisseau ou un sous-arbrisseau très parfumé. Feuilles linéaires, enroulées vers le bas, sessiles (sans pétiole), de 2 cm de long sur 2 mm de large, vertes sur le dessus et tomenteuses (duvetées) sur le dessous. Fleurs de couleur bleuâtre, en grappes courtes à l'aisselle des feuilles, pédicellées brièvement (portées par de courts pédoncules). Les bractées (feuilles altérées sous la fleur) ont une taille réduite et sont caduques (qui tombent rapidement). Lèvre supérieure ovale du calice, lobes lancéolés de la lèvre inférieure. La corolle est de couleur bleue, rarement blanche, avec une lèvre supérieure en 2 segments et une lèvre inférieure en 3 lobes, dont un lobe médian plus large (**Figure 11**).



**Figure 11 : *Rosmarinus officinalis L.* (Jardin botanique de la Citadelle, 2017)**

### **1.8.2.3. Position systématique**

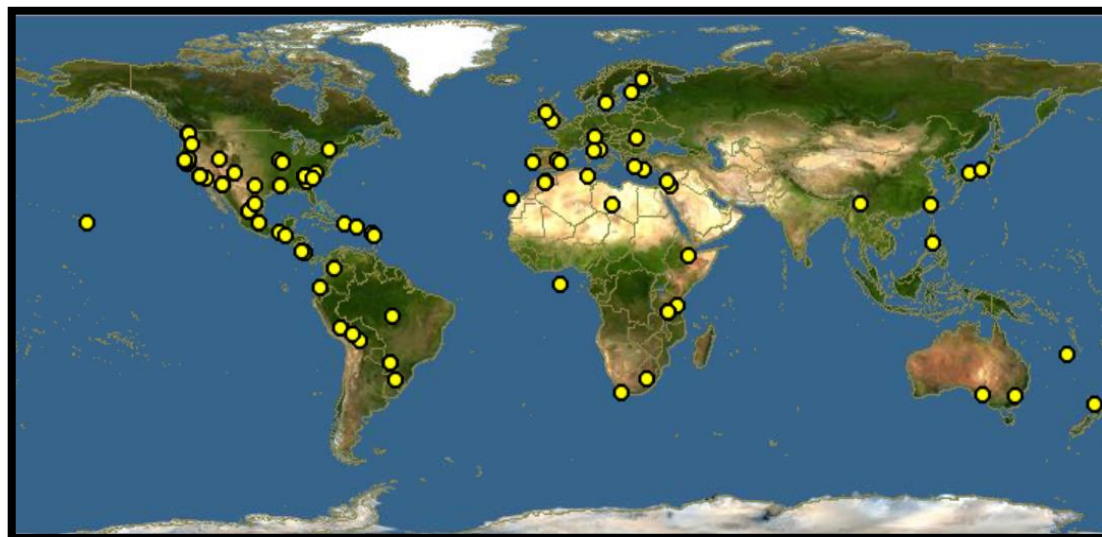
*Rosmarinus officinalis* est une plante vivace appartenant à la famille des Lamiacées (Lamiaceae), à feuilles opposées, entières. Il a des fleurs en grappe, violettes ou bleues. Sa floraison se déroule de janvier à décembre. Elle se déguste et sert de remède (**Génial Végétal, 2014**).

**Tableau 2** : la Classification botanique de Romarin (Tela Botanica, 2021).

Rang taxonomique	Nomenclature
Règne	Plantae
Division	Angiospermes
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	Rosmarinus
Espèce	<i>Rosmarinus officinalis L.</i>

#### I.8.2.4. Répartition géographique de Romarin

Le Romarin pousse spontanément dans le sud de l'Europe et est originaire du bassin méditerranéen (aux altitudes faibles), en Provence et en Corse. Il remonte le long de la vallée du Rhône, sur les contreforts sud du Massif central (Languedoc, Roussillon) et parfois sur les causses de la région Midi-Pyrénées. Il se retrouve dans les garrigues, maquis, pelouses sèches ; souvent sur des sols calcaires (Leplat, 2017). Commun dans toute l'Algérie, on le trouve dans les garrigues et les forêts claires. Sa floraison a lieu toute l'année (Figure 12)(Beloued, 2009).



**Figure 12** : Répartition géographique de Romarin (The Polistes Corporation, s.d.)

#### I.8.2.5. Activités biologiques de *Rosmarinus officinalis L.*

L'HEde Romarin a été testée pour les activités suivantes :

- a. **Activité antifongique** : efficace contre *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans* et *Aspergillus niger*.
- b. **Inhibition de la xanthineoxydase** : Inhibition de l'enzyme xanthine oxydase.

- c. **Inhibition de la tyrosinase** : Inhibition de l'enzyme tyrosinase.
- d. **Cytotoxicité** : Effets cytotoxiques démontrés sur les cellules cancéreuses du côlon humain.

Ces résultats soutiennent son utilisation potentielle dans les applications médicales et de santé, selon **Satyal et al. (2017)**.





# **Chapitre II : Apiculture En Algérie**

## II. Apiculture en algérie

### II.1. Définitions

- **Apiculture** : L'apiculture est une pratique traditionnelle des communautés rurales en Algérie. Le miel, un produit rare et coûteux dont la consommation moyenne est de seulement 200-300g par habitant et par an (contre 600g en France), est très prisé pour son goût, sa valeur nutritionnelle et ses vertus médicinales. On estime à 330 000 tonnes par an la production nationale de miel, avec un rendement moyen de 4 à 8 kg par ruche, ce qui est assez faible par rapport au potentiel apicole du pays. L'élevage d'abeilles est peu coûteux et repose sur des connaissances locales facilement transmissibles, y compris par les femmes. L'apiculture joue également un rôle dans la préservation de l'environnement en pollinisant les arbres et en détectant les problèmes de pollution (**Bourkache & Perret, 2014**).
- **Apiculteur** : L'apiculteur est la personne qui pratique l'activité d'élevage d'abeilles et valorise les différents produits associés comme le miel, la cire, le pollen ou la propolis. La particularité des apiculteurs réside dans l'utilisation de méthodes locales peu coûteuses. Les femmes peuvent également s'impliquer dans cette activité, car elle repose sur des compétences locales facilement transférables. En pollinisant les arbres et en détectant les problèmes de pollution de l'environnement, les apiculteurs jouent un rôle essentiel dans la préservation de l'écosystème (**Bourkache & Perret, 2014**).

### II.2. Histoire de l'apiculture en Algérie

Au nom d'Allah le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux : « Quant aux abeilles, ton Seigneur leur a inspiré de trouver refuge dans les montagnes, les arbres et les abris que les hommes ont aménagés(68). Puis mangez de toute espèce de fruits, et suivez les sentiers de votre Seigneur, rendus faciles pour vous. De leur ventre, sort une liqueur, aux couleurs variées, dans laquelle il y a une guérison pour les gens. Il y a vraiment là une preuve pour des gens qui réfléchissent(69). » (**Sourate An-Nahl, versets 68-69 n°16 traduits par Rashid et Hameedullah**).

L'apiculture en Algérie a une longue histoire, remontant à environ 2500 ans avec l'utilisation de diverses ruches traditionnelles. Pendant la période coloniale française, les premiers prototypes de ruches Langstroth ont été introduits, permettant des méthodes apicoles plus modernes. Après l'indépendance, le ministère de l'Agriculture a largement adopté ces ruches Langstroth, entraînant une augmentation progressive du nombre de ruches dans le pays (**Rachid Al-Nahal, 2011**). Cependant, malgré ces efforts, l'apiculture algérienne a connu un déclin en raison de défis sociaux, économiques et environnementaux (**Behidj, 2011**).

Depuis les années 1970, l'apiculture algérienne a connu un développement rapide grâce aux initiatives de l'État qui ont soutenu l'installation de plus de 70 000 ruches. Cela s'est traduit par une augmentation du nombre d'apiculteurs, mais avec un manque de soutien technique

suffisant. Aujourd'hui, le secteur est caractérisé par une grande diversité d'acteurs et un fort esprit d'entreprise, mais souffre d'un encadrement gouvernemental inadéquat (**Hamzaoui, 2017**).

Depuis 2018, la production de miel a chuté de façon importante, passant de 7-12 kg par ruche à seulement 3 kg, en raison de conditions climatiques défavorables, d'incendies de forêt et de maladies comme le varroa et la loque américaine. Pour relever ces défis, l'Association nationale des apiculteurs professionnels (ANAP) a noué des partenariats avec des universités afin d'améliorer la sélection et l'élevage des abeilles, dans le but de restaurer une bonne production de miel (**Slimane Tali, 2023**/*n.El Moudjahid, 2023*).

## **II.3. Matériel apicole**

### **II.3.1. Histoire de la domestication**

Le miel était la principale source de sucre en Europe jusqu'à la fin du Moyen Âge, principalement utilisé pour fabriquer les cierges des églises rituelles. Traditionnellement, les moines étaient impliqués dans l'apiculture. Ils vidaient les ruches tous les deux ans après avoir enfumé les essaims (**Von Frish, 1969**). Le miel sauvage était également collecté dans les forêts, à l'intérieur des troncs d'arbres morts. La plus ancienne représentation de chasseurs de miel remonte à 30 000 avant notre ère, conservée aujourd'hui dans la grotte "Cueva de la Arana" (Valencia). Les plus anciennes inscriptions sur des cellules de ruche remontent à 5000 ans, découvertes dans les tombes royales et les temples égyptiens (**Choquet, 1978; Gagnon, 1987**).

### **II.3.2. Les différents types de ruche**

#### **II.3.2.1. Ruches traditionnelles**

Ces ruches sont basées sur l'utilisation de substances naturelles pour leur construction. Les apiculteurs utilisaient la paille ou les troncs d'arbres comme matériaux (**Riche, 2007**). Les principaux types de ruches traditionnelles incluent:

- **La Ruche kenyane** : La ruche "top-bar" ou à barrettes supérieures, utilisée au Kenya, a la forme d'une caisse en forme d'auge avec des parois latérales évasées à un angle d'environ 115° avec le fond. Elle est recouverte de barrettes ou de bâtonnets ronds régulièrement espacés et constituée d'un plateau de fond, de deux parois latérales, d'une paroi avant et d'une paroi arrière. Les fentes de 1 x 15 cm dans les parois latérales servent de trou de vol. La ruche doit être peinte en blanc pour la protéger contre la chaleur excessive (**Figure 13**).

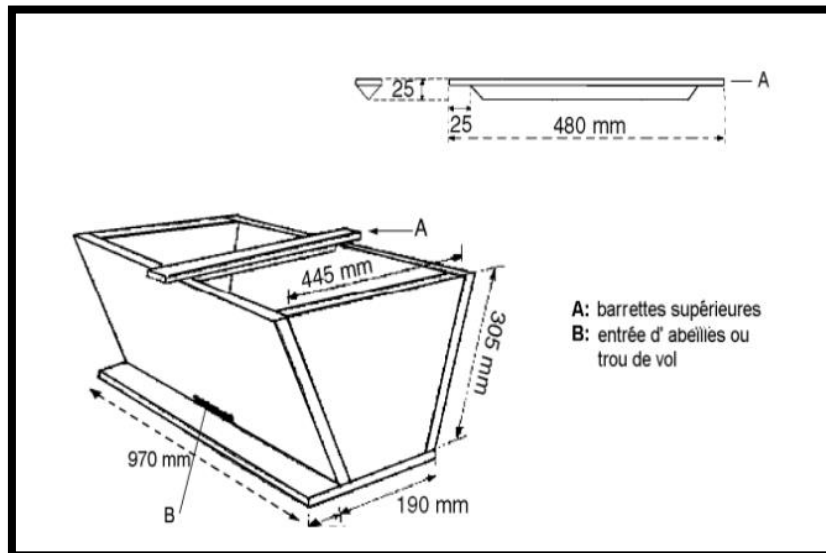


Figure 13 : La ruche Kenyane (Top-Bar)(Bouamama et Morsli, 2023)

- **Ruche à rayons fixes :** Fabriquées à partir de troncs d'arbres évidés, de caisses en bois, de pots en terre ou de contenants en métal, ces ruches permettent aux abeilles de construire des rayons adhérant aux parois. Les ruches à rayons fixes sont bon marché et faciles à construire, mais elles rendent la surveillance de la colonie difficile(Figure 14).

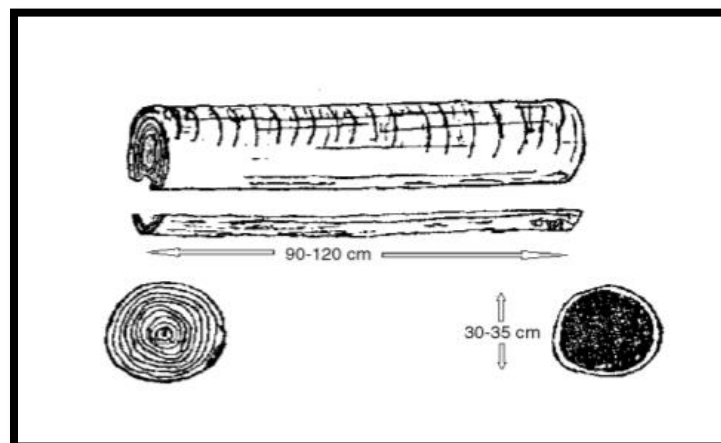


Figure 14 : La ruche a rayons fixes (Bouamama et Morsli, 2023)

- **Ruche dans une boîte :** Ces ruches améliorées comportent des planches mobiles pour accéder à la colonie sans détruire les rayons de couvain. Elles permettent de découper uniquement les rayons de miel, laissant les rayons de couvain intacts (Figure 15)(Bouamama et Morsli, 2023).

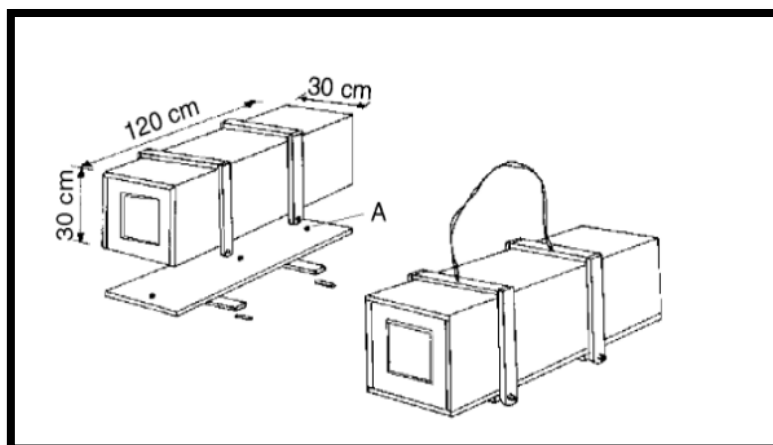


Figure 15 : La ruche dans une boîte (Bouamama et Morsli, 2023)

### II.3.2.2. Ruches modernes

Ces ruches sont conçues pour une gestion plus pratique et une production plus efficace. Elles sont généralement fabriquées en bois et équipées de cadres amovibles.

- **Ruche Dadant** : Inventée par Charles Dadant, cette ruche est utilisée dans le monde entier, avec des versions à douze ou dix cadres. Elle permet une gestion facile des colonies et une bonne collecte du miel.
- **Ruche Langstroth** : Inventée par Lorenzo Langstroth, cette ruche est la "ruche standard" aux États-Unis, avec des cadres de 210 mm x 430 mm. Elle est facile à gérer et adaptée à des conditions écologiques variées.
- **Ruche Voirnot** : Créée par l'abbé Voirnot, cette ruche cubique est populaire dans les régions montagneuses et froides, offrant une bonne capacité d'hivernage.
- **Ruche Layens** : Cette ruche s'étend horizontalement et est adaptée aux zones riches en miel. Elle nécessite moins de surveillance et est idéale pour les apiculteurs avec peu de temps.
- **Ruche Warré** : Créée par l'abbé Warré, cette ruche est plus petite et plus facile à manipuler. Elle est pratique pour les apiculteurs dans des conditions de froid rigoureux. (Bouamama et Morsli, 2023). (Figure 16)



**Figure 16 :** Les ruches modernes

### II.3.2.3. Ruchettes Langstroth

Ces ruches temporaires contiennent un essaim ou une demi-colonie et sont fabriquées en bois ou en polyuréthane, offrant une option légère et bon marché pour les apiculteurs (**Figure 17**)(Bouamama et Morsli, 2023).



**Figure 17 :** Ruchette langstroth(Bouamama et Morsli, 2023)

### II.3.3. Outils utilisés en élevage moderne

- **Lève-cadres :**Un outil métallique pour décoller et soulever les cadres, ainsi que pour nettoyer la ruche et enlever la propolis.
- **Tenue de sécurité :**Des vêtements de protection, incluant un voile, des gants, une combinaison et des chaussures, sont recommandés pour éviter les piqûres.

- **Gants** :Les meilleurs gants sont en cuir mince et souple, offrant de la dextérité tout en protégeant des piqûres.
- **Les bottes** : Pour protéger les chevilles des piqûres d'abeilles, il est recommandé de porter des bottes hautes et solides, de préférence en caoutchouc ou en cuir lisse.
- **Sangle à cliquet** :Utilisée pour sécuriser les ruches pendant le transport, cette sangle est idéale pour la transhumance.
- **Cire gaufrée** :Des feuilles de cire d'abeille imprimées avec un dessin hexagonal pour favoriser la construction régulière des rayons par les abeilles.
- **Enfumeur** :est un appareil apicole produisant de la fumée pour calmer les abeilles. Il est composé d'une chambre de combustion en métal et d'un soufflet. La fumée rend les abeilles moins actives.(Bouamama et Morsli, 2023)(Figure 18)

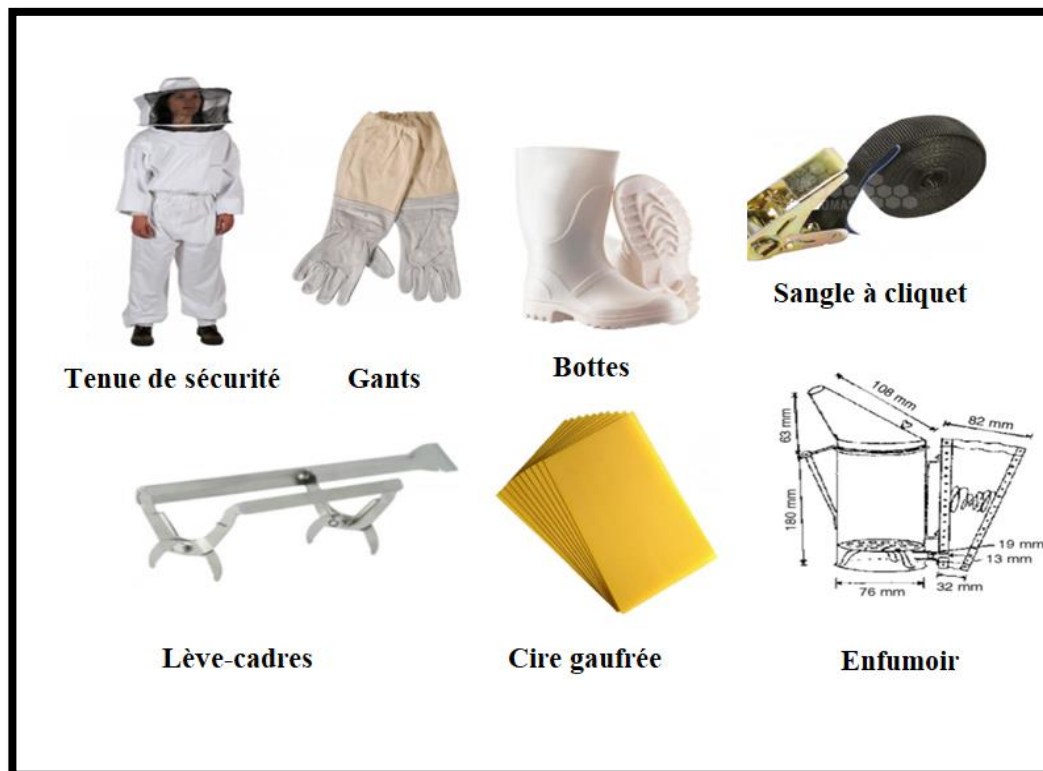


Figure 18 : Les outils utilisés en élevage moderne(Bouamama et Morsli, 2023)

## II.4. Importance de l'apiculture en Algérie

L'apiculture joue un rôle essentiel en Algérie pour diverses raisons :

### 1) Production de miel :

- Le miel est un produit très recherché pour ses vertus culinaires et médicinales.
- La production de miel est une source de revenus importante pour les apiculteurs.

### 2) Pollinisation des cultures:

- Les abeilles jouent un rôle essentiel dans la pollinisation de nombreuses cultures en Algérie.

- Cultures dépendantes des abeilles pour la pollinisation : amandier, pommier, abricotier, manguiers, luzerne, Cucurbitacées, etc.
- La pollinisation par les abeilles peut accroître la productivité de ces cultures de 5 à 20%.

### 3) Revenus et stabilisation des populations rurales :

- L'apiculture fournit un revenu complémentaire aux agriculteurs.
- Elle contribue à la stabilisation des populations rurales en créant des emplois et en renforçant l'économie locale.

En résumé, l'apiculture est une activité cruciale en Algérie pour la production alimentaire, les revenus des ménages et le développement économique des zones rurales (**Ghalem-Berkani, 2012**).

## II.4. Les abeilles

Les abeilles, insectes de l'ordre des Hyménoptères, sont essentielles pour la pollinisation en se nourrissant de nectar et de pollen. Bien que la plupart des espèces soient solitaires, environ 10% vivent en colonies, comme l'abeille domestique européenne *Apis mellifera* (**Figure 19**), qui produit du miel. Présente globalement, cette espèce vit dans les zones cultivées, les jardins et même en milieu urbain, en zones tempérées ou tropicales. Les abeilles domestiques sont élevées dans des ruches pour la récolte du miel, mais on trouve aussi des colonies sauvages dans des arbres creux (**CLEMENT, 2002 ; Au Jardin, 2024**).



**Figure 19** : Abeille « *Apis mellifera* » (Wikipedia contributors)

### III.4.1. Répartition géographique des abeilles

L'habitat et le status d'*Apis mellifera* très répandue dans l'ensemble de l'environnement terrestre, à l'exception de l'antarctique (Figure 20) (Carreck et Quigley, 2016).



Figure 20 : Répartition géographique d'espèce *Apis mellifera* (Carreck et Quigley, 2016).

Deux espèces d'abeilles sont présentes en Algérie : l'abeille Tellienne et l'abeille saharienne.

- **L'abeille Tellienne** a été décrite et classée par **Buttel Reepen en 1906**. Cette race se rencontre au nord de l'Afrique, le long de la côte méditerranéenne, au Maroc, en Tunisie et en Algérie. D'un point de vue morphologique, elle est de grande taille, avec une pigmentation foncée et une pilosité courte. Cette abeille est sujette à l'essaimage, montre un comportement agressif et utilise abondamment la propolis (Figure 21).



Figure 21: L'abeille tellienne : *Apis mellifera intermissa* (Chahbar et Hamadi, 2020)

- **L'abeille saharienne** a quant à elle été décrite par Baldensperger en 1924. Elle est présente dans le Sud marocain et le Sud-Ouest algérien. De petite taille et de couleur jaune, elle a un indice cubital élevé. Peu agressive, elle possède une remarquable résistance aux conditions difficiles de chaleur et de sécheresse. Bien que la plupart de ses caractères la rapprochent d'*Apis mellifera intermissa*, à l'exception de la pigmentation, son statut de race autonome a été remis en question(**Figure 22**).(**Chahbar et Hamadi, 2020**)



**Figure 22** :L'abeille saharienne : *Apis mellifera sahariensis* (**Chahbar et Hamadi, 2020**)

### III.4.2. Position systématique

La présence de l'abeille sur Terre remonte à environ 100 millions d'années, avec les plantes à fleurs. L'espèce *Apis mellifera* est la plus connue à travers le monde, avec plus de 30 000 espèces (**Miel Direct, 2020**).En Algérie il éxiste deux espèces : l'abeille Tellienne et l'abeille saharienne(**Chahbar et Hamadi, 2020**).

**Tableau 3** : la classification systématique d'*Apis mellifera*(**Amimer-Hacib, 2017**).

Rang taxonomique	Nomenclature
Règne	Animal
Sous Règne	Métazoaires
Embranchement	Arthropoda
Sous embranchement	Hexapode
Classe	Insecta
Ordre	Hyménoptéra
Sous Ordre	Aculéates
Famille	Apidae
Sous Famille	Apinea
Genre	<i>Apis</i>
Espèce	<i>Apis mellifera</i> ou <i>Apis mellifeca</i> (Linnaeus, 1758).
Sous Espèce	<i>Apis mellifera intermissa</i> / <i>Apis mellifera sahariensis</i>

### II.4.3. Anatomie et Morphologie de l'abeille

Les abeilles sont adaptées à leurs fonctions sociales au sein de la colonie, ce qui se reflète dans leur anatomie. Les ouvrières possèdent un aiguillon barbelé utilisé pour la défense, libérant des phéromones d'alarme et inoculant du venin, mais entraînant leur mort. La reine a un aiguillon lisse permettant plusieurs piqûres, utilisé pour éliminer d'autres reines et maintenir sa position. Les mâles, ou faux-bourçons, n'ont pas d'aiguillon et leur seule fonction est la fécondation de la reine (Noah et Kelly, 2016).

L'abeille est constituée de trois parties principales : la tête, le thorax et l'abdomen (Figure 23). L'abeille a la tête comme centre nerveux et sensoriel, avec les organes sensoriels (antennes, ocelles, yeux composés), les pièces buccales et le cerveau. Le thorax se compose de trois segments fusionnés : le prothorax, le mésothorax et le métathorax, qui sont les éléments locomoteurs (six pattes, deux paires d'ailes membraneuses) et sont équipés de muscles alaires forts (Adam, 2010).

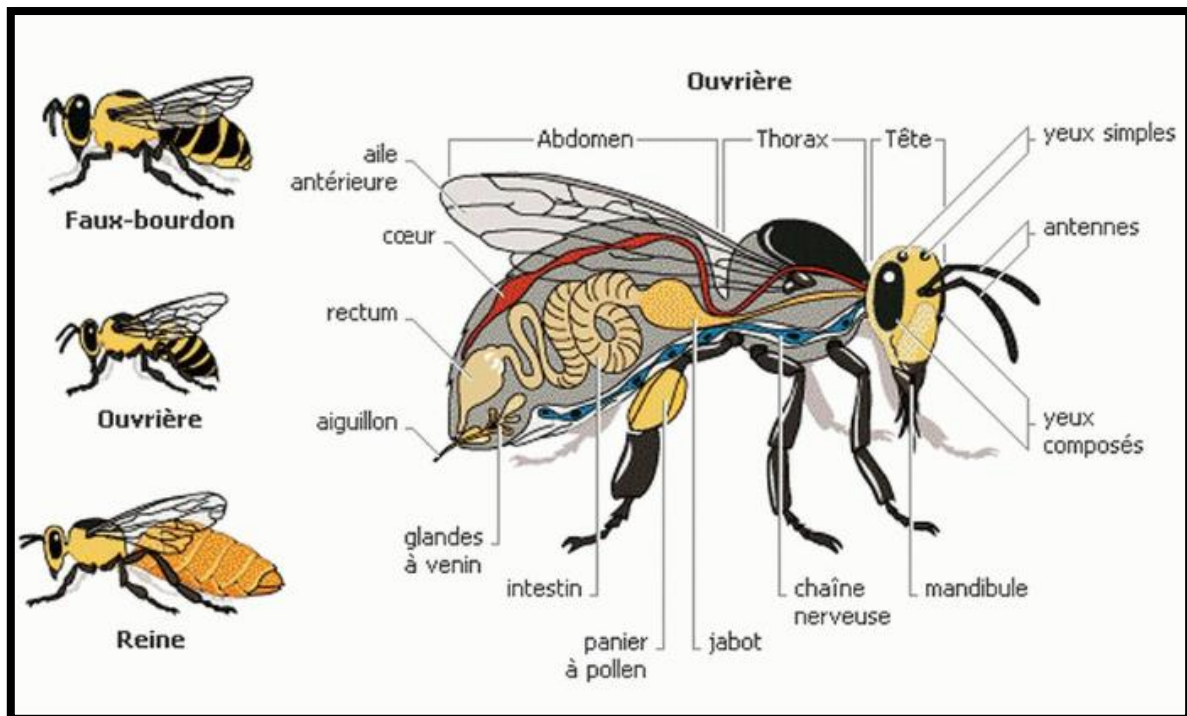
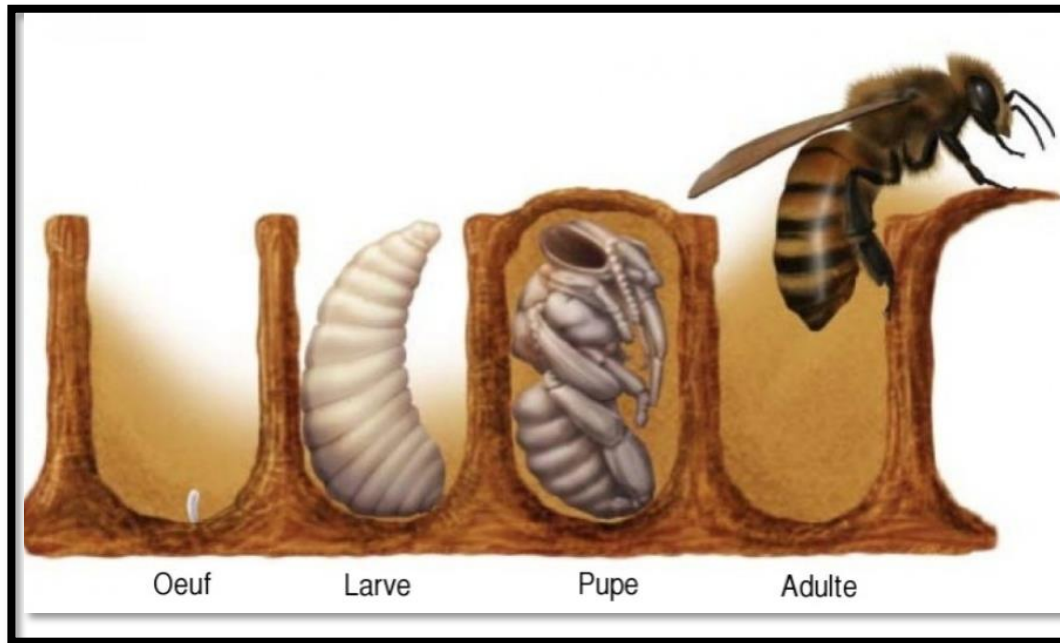


Figure 23 : Anatomie et Morphologie de l'abeille « ouvrière » (Salame ,2017).

### II.4.4. Cycle de vie des abeilles

Les abeilles sont totalement transformées (holométabolisme). Elles se développent au stade larvaire, à la différence d'autres insectes, puis entrent dans le stade nymphal dans un cocon. Il s'agit d'adultes entièrement entraînés qui sortent du cadre. Le rythme de développement et d'autres aspects varient en fonction des familles d'abeilles et, au sein d'une espèce, ils sont influencés par le rôle social (caste) de chaque individu (Noah et Kelly, 2016). Le cycle de vie de l'abeille traverse 4 stades principaux (Figure 24).



**Figure 24 :**Le cycle de vie d'une abeille (<https://www.apiculture.net/blog/cycle-vie-abeilles-n38>)

➤ **Développement de l'œuf :**

- Un œuf fécondé donnera une ouvrière ou une reine, tandis qu'un œuf non fécondé donnera un faux-bourdon.
- L'œuf, de forme cylindrique et légèrement incurvé, est fixé par une extrémité au fond de la cellule.
- Après 3 jours de développement, l'œuf éclot par dissolution de sa membrane.
- La taille et le poids de l'œuf varient selon la race, la lignée et les conditions environnementales.

➤ **Développement de la larve :**

- La larve, en forme de petit ver, passe son temps à se nourrir de la nourriture déposée dans l'alvéole.
- Elle mue 5 fois et connaît une prise de poids considérable, allant de 900 fois pour l'ouvrière à 2300 fois pour le mâle.
- Après 9 jours, l'alvéole est operculé et la larve construit un cocon.
- La durée du stade larvaire diffère selon la caste (ouvrière, Reine, mâle).

➤ **Développement de la Pupa :**

- Pendant le stade pupal, les différentes parties du corps adulte se forment.
- La cuticule devient de plus en plus foncée, indiquant l'âge de la pupa.
- Une dernière mue a lieu avant que l'adulte ne perce l'opercule de cire.

➤ **Développement de l'adulte :**

- Après l'émergence, l'abeille est encore molle et doit laisser sécher sa cuticule.

- Les 8-10 jours suivants, le développement interne (glandes, organes reproducteurs) se poursuit.
- Les poids moyens à l'émergence varient de 81-151 mg pour l'ouvrière, 196-225 mg pour le mâle, et 178-292 mg pour la reine (Tableau 4). (La Catoire Fantasque, 2017)

**Tableau 4:** Longévité des étapes de vie des différentes espèces d'*A. Mellifera* (La Catoire Fantasque, 2017).

Etapas	Durées (jours)		
	Reine	Ouvrière	Faux-bourdon
Oeuf	3	3	3
Larve	5	6	6
Pupe	7	12	14
Total	15	21	24

#### II.4.5. Pollinisation par les Abeilles

La pollinisation est une méthode de reproduction qui s'applique à de nombreuses plantes (Gymnospermes, Angiospermes...). Il est important de noter que la reproduction des végétaux peut être sexuée, asexuée ou par clonage. Cependant, en raison de leur immobilité, il est nécessaire d'avoir un agent pour se déplacer d'une fleur à l'autre et transporter les cellules sexuelles (gamètes) mâles vers les cellules sexuelles femelles (ovules) afin de les féconder.

Les abeilles sont à l'origine de ce processus. Quand elles s'approchent d'une fleur pour cueillir du nectar ou du pollen, ce dernier, très protéique, se fixe par surprise à leur corps par la force électrostatique. Par la suite, quand elles visitent une autre fleur, elles déposent involontairement ces grains de pollen sur le stigmate, ce qui facilite la pollinisation (Figure 25). (Wilson-Rich Et Allin, 2016)



**Figure 25 :** La pollinisation par les Abeilles (Muller, 2019).

#### II.4.6. Principales maladies des abeilles, leurs Symptômes et leurs traitements

Les maladies qui touchent les abeilles constituent l'un des principaux défis auxquels les apiculteurs du monde entier font face. Chaque maladie affecte les abeilles de manière distincte, ce qui demande des méthodes de traitement et de gestion différentes afin de préserver la santé des colonies. Le **tableau 5** récapitule les maladies fréquentes qui touchent les abeilles, avec une description succincte de chaque maladie, de ses symptômes et des traitements adéquats (**Hummel et Feltin, 2014**).

**Tableau 5** : Les principales maladies des abeilles, leurs Symptômes et leurs traitements(**Hummel et Feltin, 2014**).

<b>Maladie</b>	<b>Description</b>	<b>Symptômes</b>	<b>Traitement</b>
<b>La nosérose</b>	Maladie parasitaire en raison du microsporidie <i>Nosema apis</i> ou <i>Nosema ceranae</i> .	diminution de la taille des colonies, augmentation de la mortalité et diarrhée chez les abeilles adultes.	Le traitement consiste à utiliser des traitements antifongiques tels que le fumagillin.
<b>La dysenterie</b>	Maladie généralisée souvent associée à une mauvaise alimentation ou à des conditions de vol limitées.	Des résidus de couleur sombre à l'intérieur de la ruche, des abeilles affaiblies.	Amélioration des conditions de nutrition et d'hygiène de la ruche.
<b>La varroase</b>	La varroase est une maladie provoquée par l'acarien <i>Varroa destructor</i> .	Ailes déformées, affaiblissement global des colonies, augmentation de la mortalité.	Mise en œuvre de produits anti-acaricides et de techniques de contrôle biologique.
<b>La maladie noire</b>	Maladie virale provoquée par le virus de la paralysie chronique de l'abeille.	Abeilles noires, lustrées, incapables de voler et mort rapide des abeilles touchées.	Pas de traitement spécifique, gestion de la ruche pour diminuer le stress et renforcer l'immunité des abeilles.
<b>Le couvain calcifié (couvain plâtré) ou ascospaerose ou mycose</b>	Maladie fongique par <i>Ascospaera apis</i> .	Des larves mortes qui obtiennent une teinte blanche et crayeuse.	Prendre soin de l'hygiène de la ruche et remplacer les cadres infectés.
<b>Le couvain sacciforme</b>	Le couvain sacciforme est une maladie virale provoquée par le virus du couvain sacciforme.	Des larves mortes qui ressemblent à un sac contenant un liquide.	Aucune mesure particulière, amélioration de la santé globale de la ruche.
<b>La loque européenne</b>	infection bactérienne provoquée par <i>Melissococcus</i>	Des larves mortes et décomposées dans les cellules,	Utilisation d'antibiotiques (dans certaines régions) et

	plutonius.	généralement de couleur brune et collante.	substitution des cadres contaminés.
<b>La loque américain</b>	Maladie bactérienne provoquée par les larves de Paenibacillus.	Les larves mortes deviennent élastiques et collantes, dégageant une odeur désagréable.	La destruction des colonies très infectées est effectuée en utilisant des antibiotiques (où autorisés).

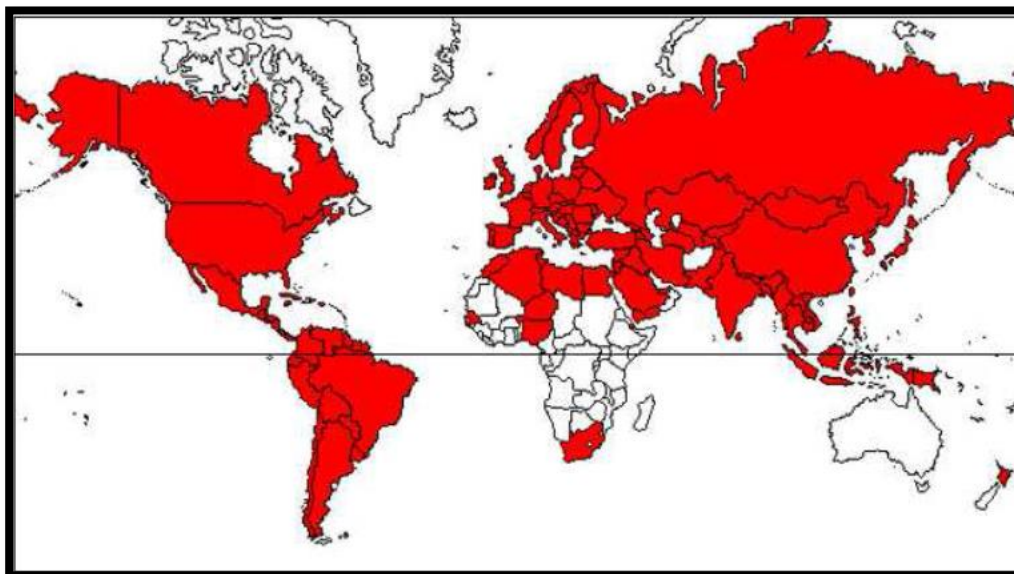
#### II.4.7. Produits de la ruche

La ruche produit plusieurs substances précieuses utilisées par les abeilles et par l'homme. **Le miel** est le principal aliment énergétique pour les abeilles et une denrée alimentaire très appréciée par l'homme, avec des usages en cuisine et en médecine. **Le miellat**, excrété par certains insectes, est également une matière première pour la production de miel par les abeilles. **Le pollen** est une source de protéines, graisses et minéraux pour les abeilles, et peut être récolté par l'homme avec difficulté. **La gelée royale**, nourriture exclusive des futures reines, a des vertus thérapeutiques reconnues. **La cire**, sécrétée par les abeilles, sert à la construction des rayons et a de multiples usages chez l'homme. **Le venin** produit par les abeilles est utilisé pour la défense de la ruche et peut traiter certains rhumatismes chez l'homme. Enfin, **la propolis**, substance complexe récoltée par les abeilles, possède des propriétés antiseptiques et anti-inflammatoires, tant pour la colonie que pour l'homme qui l'utilise de manière prudente (MERABTI, 2015).

## II.5. Le varroa

### II.5.1. Historique et Généralités sur le Parasite *Varroa destructor*

*Varroa destructor* est un acarien ectoparasite de l'abeille domestique. Il a été récolté pour la première fois par l'entomologiste Edward Jacobson sur des abeilles orientales de l'île de Java de l'espèce *Apis cerana*. Le Dr. Oudemans, acarologue hollandais, a fait la première description en 1904 et lui a donné le nom de *Varroa jacobsoni* en hommage à son découvreur (Wendling, 2014). L'introduction par l'homme d'*Apis mellifera* sur le territoire asiatique et le développement de la transhumance des colonies, ainsi que les échanges commerciaux, ont permis à l'acarien de changer d'hôte, passant de l'abeille *A. cerana* à l'abeille occidentale *A. mellifera* (Mackowiak, 2009). Cela a ensuite engendré la propagation de ce parasite à tous les continents (Colin, 1983), à l'exception de l'Australie, de l'île sud de la Nouvelle-Zélande et de certains pays africains (Figure 26) (Faucon et al., 2007).

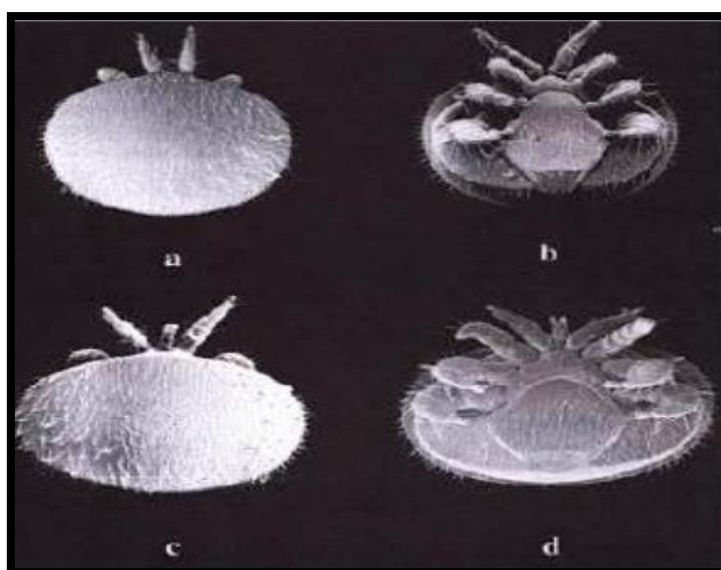


**Figure 26** : Répartition géographique actuelle de *Varroa destructor* (Rosenkranz et al., 2010).

Selon **Anderson et Truman (2000)**, il a été constaté que dans les colonies d'*Apis mellifera*, le *Varroa destructor* se développe dans le couvain des mâles et des ouvrières, alors que chez l'abeille asiatique, il se développe uniquement dans le couvain des faux bourdons. Ces observations ont poussé Anderson et Truman à entreprendre des études génotypiques et phénotypiques des deux espèces, *Varroa destructor* et *Varroa jacobsoni*, confirmant qu'il s'agit bien de deux espèces distinctes.

Deux espèces de varroa ont été répertoriées (**Figure 27**) :

- « *Varroa destructor* » Anderson & Trueman, 2000 : parasite hôte naturel de l'*Apis cerana* qui infecte également l'*Apis mellifera* (varroase).
- « *Varroa jacobsoni* » Oudemans, 1904 : parasite bénin de l'*Apis cerana*.



**Figure 27** : Représentation des deux espèces de varroa :(a et b) vu dorsale et ventrale du *V. jacobsoni*, (c et d) vu dorsale et ventrale du *V. destructor* (Anderson et Truman,2000)

En Algérie, le Varroa qui parasite l'abeille local *Apis mellifera intermissa* est bien le *Varroa destructor* (BELAID, 2010).

Le Varroa est devenu un défi mondial majeur pour les apiculteurs et les scientifiques. Ce parasite s'est rapidement propagé d'Asie à l'ensemble du globe, représentant une menace dans toutes les régions. La résistance aux pesticides chimiques utilisés pour lutter contre le Varroa a émergé, limitant ainsi les options de contrôle disponibles pour les apiculteurs. Les impacts économiques sont colossaux, avec d'importantes pertes de colonies et de production de miel et autres produits de la ruche. Bien que des recherches soient en cours pour trouver des solutions alternatives, notamment des approches biologiques, ces méthodes sont encore à des stades précoces de développement. Le varroa représente donc un défi persistant et de grande ampleur pour l'industrie apicole mondiale, nécessitant davantage de recherche et d'innovation pour y faire face efficacement (Hanley et Duval, 1995).

### II.5.2. Description de *Varroa destructor*

Le *V. destructor* est un acarien parasite externe qui s'attaque à l'abeille asiatique *Apis cerana* et à l'abeille européenne *Apis mellifera*. Les varroas adultes sont de petits acariens plats, de forme de crabe, mesurant 1 à 1,5 mm et de couleur rouge-brun (Figure 28). Ils s'attaquent aux adultes, larves et nymphes des abeilles (Figure 29) en utilisant leurs pièces buccales perçantes et suceurs pour se nourrir de l'hémolymphe (sang) des abeilles. Dans les colonies d'abeilles infestées par le Varroa, les nouvelles abeilles émergentes sont malformées. Une forte infestation par cet acarien entraîne finalement un déclin des colonies d'abeilles et une réduction de la population d'abeilles (Rosario et al, 2014).



**Figure 28:** L'infestation d'une puppe d'abeille de miel par les myrtilles de Varroa (Rosario et al, 2014).



**Figure 29 :** mite de Varroa (Rosario et al, 2014).

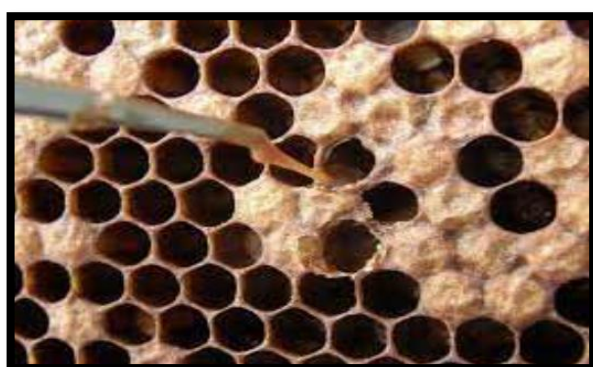
### II.5.3. Symptômes de l'infestation par le *Varroa destructor*

Les abeilles infestées par le *Varroa* présentent plusieurs symptômes caractéristiques. Tout d'abord, les ailes des abeilles adultes, en particulier celles des mâles, sont souvent déformées ou leur développement est incomplet (**Figure 30**).



**Figure 30** : Abeille infectée par *Varroa*, à peine éclosée, ses ailes sont déformées (**Charrière et al, 2018**).

De plus, la durée de vie des abeilles infestées est réduite de 1,4 à 2 fois. Les abeilles perdent également environ 25% de leur poids corporel et présentent un affaiblissement global. On observe souvent les abeilles infestées ramper à l'entrée de la ruche. Les blessures causées par le *Varroa* servent également de portes d'entrée pour les infections virales. Lorsque plus de 8 acariens sont présents dans une cellule, la nymphe meurt. Enfin, les couvains morts présentent des symptômes similaires à la loque américaine (**Figure 31**), comme l'effondrement du capuchon de la cellule, la présence de petits trous et une odeur désagréable (**Hanley et Duval, 1995**).



**Figure 31** : Larves infestées par la loque américaine (**Côté Ruche, s.d.**).

### II.5.4. Position systématique de *V. destructor*

Selon **Anderson et Trueman (2000)** l'abeille domestique appartient à la classification suivante (**Tableau 6**):

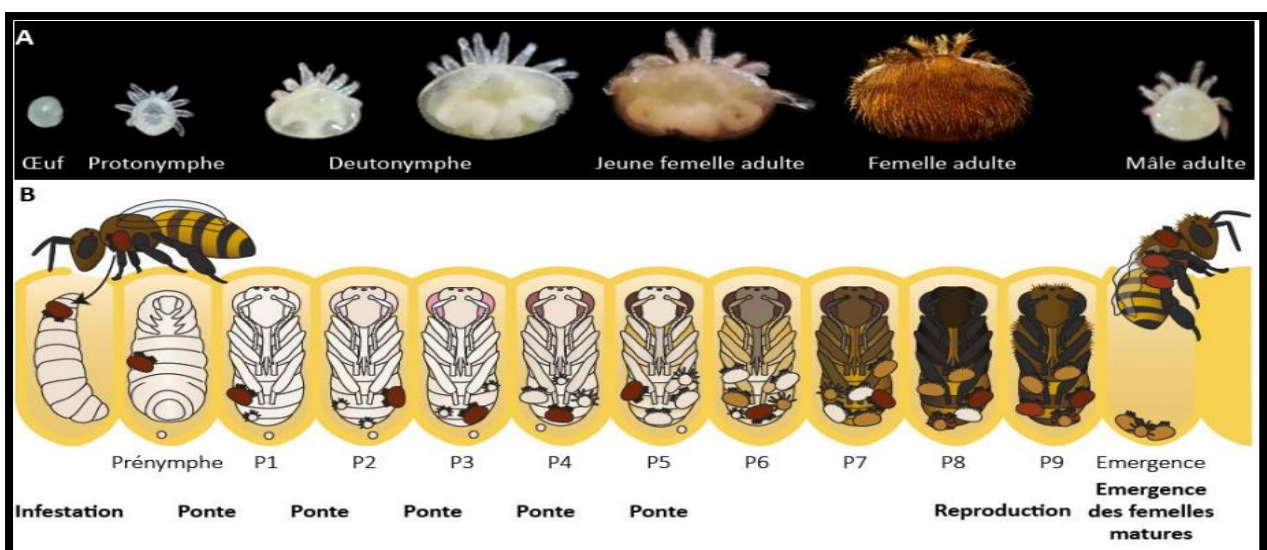
**Tableau 6 :**La classification systématique de *Varroa destructor* (Anderson et Trueman, 2000).

Rang taxonomique	Nomenclature
Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Arachnida
Ordre	Acari
Famille	Varroidae
Genre	Varroa
Espèce	<i>Varroa destructor</i> / <i>Varroa jacobsoni</i>

## II.5.5. La biologie de *V. destructor*

### II.5.5.1. Le cycle de vie du parasite

Le cycle de vie de *Varroa destructor* comporte deux phases principales. La première est la phase phorétique, durant laquelle les femelles adultes utilisent les abeilles comme moyen de transport et de nourrissage, permettant ainsi la dissémination du parasite. La seconde est la phase reproductive, qui débute lorsque la femelle Varroa pénètre dans une cellule d'abeille prête à être operculée (Figure 32). Elle y pond d'abord un œuf mâle, suivi de plusieurs œufs femelles. Lorsque l'abeille émerge, la femelle Varroa et une ou deux de ses filles quittent la cellule pour recommencer un cycle de reproduction. Lorsque le parasite infeste une cellule de mâle, il peut produire jusqu'à 5 filles. Chaque femelle Varroa peut réaliser 3 à 8 cycles de reproduction, entraînant une croissance exponentielle de la population de parasites au sein de la colonie d'abeilles (Noel, 2023 ; Charrière et al, 2018).



**Figure 32 :** Cycle reproducteur de *Varroa destructor* dans les alvéoles d'*Apis mellifera*. A : Stades de développement du varroa dans les alvéoles de couvain operculées d'*Apis mellifera*, B : La fondatrice varroa entre dans l'alvéole de couvain pour pondre au moment de l'operculation du couvain (Noel, 2023).

### II.5.5.2. Les modalités de nutrition de l'acarie

*Varroa destructor* se nourrit non seulement de l'hémolymphe de l'abeille mais aussi du corps gras des nymphes et des adultes. La fondatrice perce le tégument de la nymphe pour accéder aux fluides corporels, un processus qui est énergétiquement coûteux mais crucial pour la survie et la reproduction de la progéniture (Noel, 2023).

### II.5.5.3. Le système de détection de composés sémiocchimiques de l'acarien

*Varroa destructor* possède un système avancé de détection des composés sémiocchimiques, utilisant des sensilles et des récepteurs chémosensoriels pour percevoir son environnement. Le mâle détecte les phéromones des femelles pour le comportement reproducteur. De plus, le varroa imite les hydrocarbures cuticulaires de son hôte pour éviter la détection (Noel, 2023).

## II.5.6. Moyens de lutte contre le varroa

On peut classer les différentes méthodes de lutte contre le varroa en trois catégories principales : les méthodes chimiques utilisant des acaricides de synthèse, les méthodes biologiques utilisant des acides organiques ou des huiles essentielles, et les méthodes mécaniques ou populationnelles (Mondet et al., 2016).

### II.5.6.1. Méthodes chimiques

Plusieurs produits anti-acaricides sont utilisés dans divers pays à travers le globe. Les principaux sont basés sur:

- APSTAN®

Selon Fernandez et Coineau (2002), c'est un cyanopyretrenoi peu toxique pour les abeilles. Ce produit est commercialisé sous forme de lanières en plastique : le composé actif est la fluvalinate qui est progressivement libérée et agit par contact sur les varroas phorétiques. Les lanières sont disposées dans la ruche (une entre les cadres 3 et 4 et l'autre entre les cadres 7 et 8) et doivent être conservées pendant 6 à 8 semaines. Laisser ces lanières pendant plus longtemps encourage l'émergence de résistance.

Des résistances du varroa au fluvalinate ont été constatées dans les années 1990, ce qui a entraîné l'abandon de ce traitement. Toutefois, une rotation des molécules utilisées est recommandée.

- APIVAR®

L'APIVAR® est un insecticide et acaricide employé dans le domaine agricole et médical. Il est employé pour traiter ou détecter le varroa en raison de son efficacité. Il s'agit de lanières de copolymères contenant de l'amitraz, qu'il faut suspendre entre les cadres et laisser en place. Il est recommandé de recourir à l'amitraz pendant une période de 6 semaines, ainsi qu'après la dernière miellée de fin d'été (Faucon et al., 2007).

### II.5.6.2. Méthodes biologiques

Il s'agit de l'emploi de certains acides organiques et d'huiles essentielles.

#### II.5.6.2.a .Application des acides organiques

- **Acide formique** : Seul médicament ayant une action sur les varroas phorétiques et ceux dans le couvain operculé. Ce produit peut avoir des effets négatifs sur le couvain et les reines si la température est supérieure à 30°C (**Breton, 2016**).
- **Acide oxalique** : Selon **Adjlane et al. (2013)**, l'acide oxalique est un moyen de lutte alternative contre la varroase, mais il provoque un affaiblissement des colonies d'abeilles. Il doit être appliqué une seule fois dans l'année au cours de la période sans ou avec le minimum de couvain.
- **Acide lactique** : Acide 2-hydroxypropanoïque, une molécule utilisée par dégouttement ou pulvérisation sur les abeilles qui n'a aucune action sur le couvain, le traitement ne doit pas donc s'opérer pendant l'hiver quand la température ambiante est supérieure à 4°C (**Mallick, 2013**).

#### II.5.6.2.b. Application des huiles essentielles

Les HEs sont des sous-produits du métabolisme secondaire de certaines plantes. Les plantes ont développé l'utilisation potentielle de ces huiles pour se défendre. Elles présentent une efficacité variable selon les molécules, leur association et les dosages utilisés. Néanmoins, leur utilisation en combinaison avec plusieurs huiles essentielles et d'autres principes actifs pourrait fournir des solutions dans la gestion de la lutte contre *V. destructoret* ses souches résistantes (**Kotwal et Abrol, 2013**).

### II.5.6.3. Méthodes biotechniques

- **Plateau grillagé** : La première mesure mécanique permettant de réduire la progression de la population de Varroa est d'équiper les ruches d'un plateau grillagé, à maillage suffisamment fin pour laisser passer les varroas mais pas les abeilles. En effet, régulièrement des varroas chutent au fond de la ruche. Incapables de regagner la colonie par leurs propres moyens, les varroas restent alors prisonniers au fond de ces plateaux (**Chapleau, 2003**).
- **Retrait du couvain de mâle**: Selon **Charriere et al. (1998)**, cette méthode met à profit l'attraction préférentielle des femelles varroa (fondatrices) envers le couvain de mâle. La méthodologie de base consiste à introduire un cadre du couvain de mâle dans la colonie et le laisser jusqu'à l'operculation. Une fois operculé, il suffit de le retirer et de le détruire.
- **Formation de nucléi** : Une autre mesure biologique complémentaire efficace qui réduit une quantité élevée du varroa dans la colonie mère. Il s'agit de diviser la colonie en deux nucléi: une colonie mère et une colonie fille. La quantité du varroa n'est pas modifiée mais elle est répartie entre deux colonies et le taux d'infestation des abeilles est aussi réduit (**Simoneau, 2004**).

A decorative border resembling a scroll, with a black outline and grey shading on the top and bottom edges, framing the central text.

# **Partie 02 : Partie Expérimentale**





# **Chapitre I : Matériels et méthodes**



## I. Objectif

L'objectif de ce chapitre est de décrire les matériaux et les méthodes employés pour étudier l'impact des huiles essentielles d'*Origanum vulgare L.* et de *Rosmarinus officinalis L.*, extraites dans un produit, sur la lutte contre *Varroa destructor* chez les abeilles. Ces huiles ont été sélectionnées en raison de leurs propriétés antiparasitaires bien établies dans des études précédentes. Dans cette partie, nous examinerons la préparation et l'application des huiles sur les ruches, ainsi que les techniques employées pour évaluer leur efficacité.

### I.1. Matériaux

#### I.1.1. Matériel Animal

- Abeilles : *Apis mellifera intermissa*, communément appelée Abeille tellienne de l'Atlas tellien. C'est une sous-espèce d'abeilles maghrébines de couleur noire, que l'on retrouve en Algérie (Figure 33).



Figure 33 : *Apis mellifera intermissa* (Originale, 2024).

- Le parasite *Varroa destructor* (Figure 34).



Figure 34 : *Varroa destructor* (Originale, 2024).

### I.1.2. Matériel végétale

Dans cette étude, deux espèces de plantes à huiles essentielles ont été étudiées : *Origanum vulgare L.* et *Rosmarinus officinalis L.* (Figure 35).



Figure 35 : *Origanum vulgare L.* et *Rosmarinus officinalis L.* (Originale, 2024).

Les plantes ont été collectées dans le Massif montagneux de Djebel Boutaleb situé dans la commune de Rasfa, au sud de la wilaya de Sétif (Figure 36).

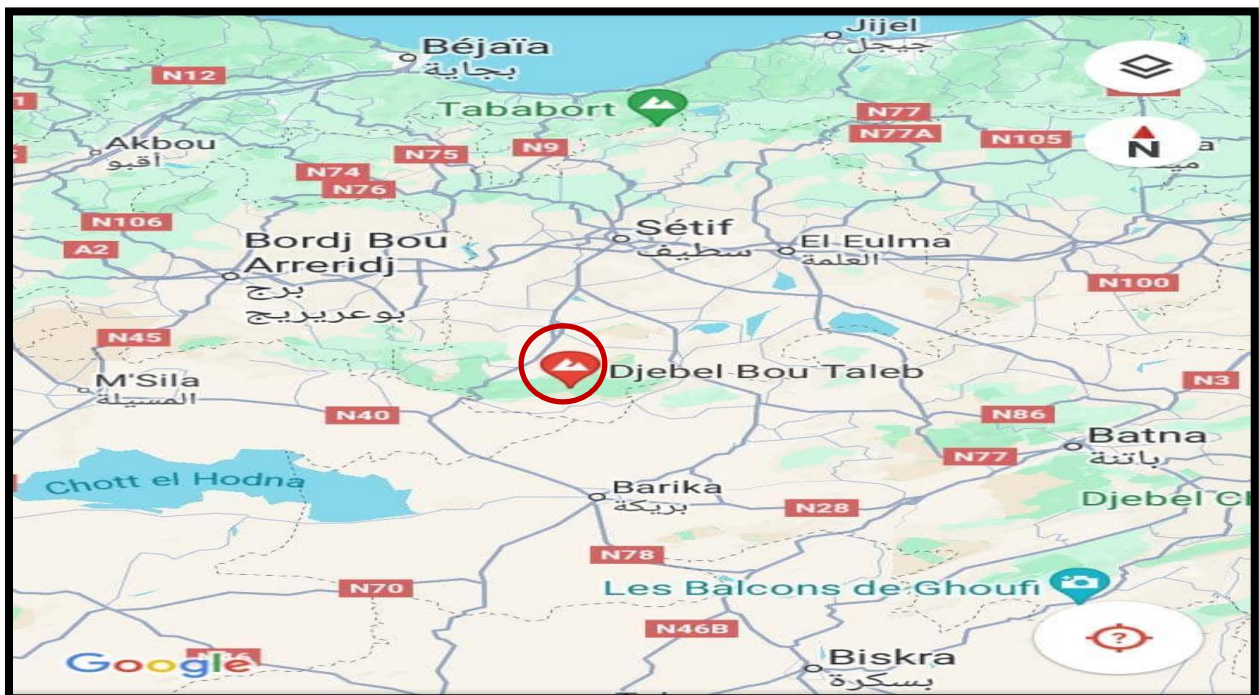
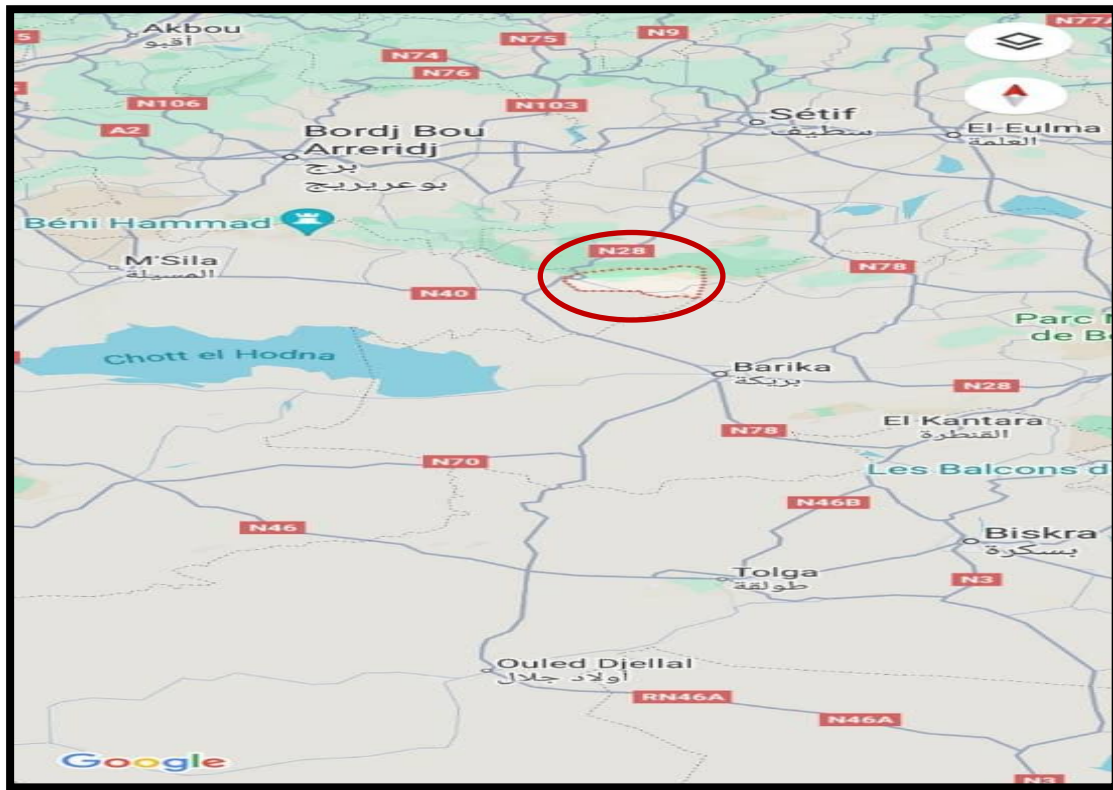


Figure 36 : Localisation des plantes collectées (Google Maps, 2024).

### I.1.3. Le rucher

Localisation : Chez un apiculteur privé, dans la commune de Rasfa (**Figure 37**).



**Figure 37** : Localisation de Le rucher (Google Maps, 2024).

### I.1.4. Equipements

- **Balance de précision**
- **Plaque** pour peser les feuilles de plantes
- **Eau distillée**
- **Appareil de distillation « Clevenger »**
- **Micropipettes** de 1000  $\mu$ L
- **Tubes en verre** pour le mélange des huiles essentielles
- **portoir** à tubes
- **Outils de l'apiculteur** : enfumoir, cadre de ruche, couteau à désoperculer, brosse à abeilles, combinaison d'apiculteur, gants.
- **Matériaux d'emballage et de conditionnement** : boîte avec des trous contrôlables contenant du coton imbibé d'huiles essentielles, sac hermétique fermé.
- **Stabilisants**

## I.2. Méthodes

### I.2.1. Récolte et préparation des plantes

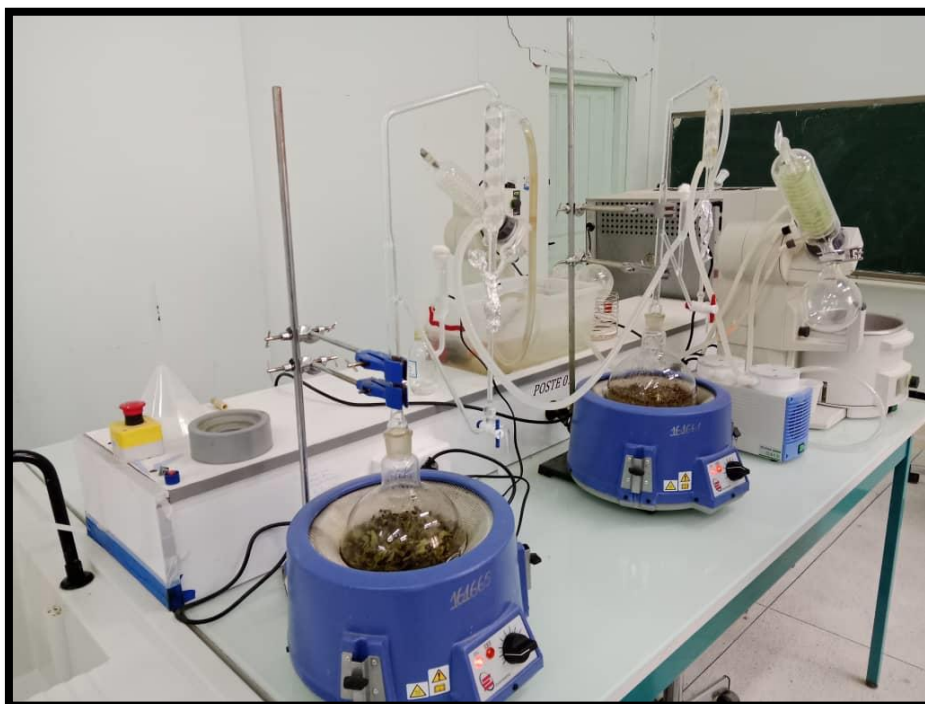
Les plantes d'Origan commun et de romarin ont été récoltées le 29/04/2024, dans le Massif montagneux de Djebel Boutaleb, dans la commune de Rasfa au sud de la wilaya de Sétif. Elles ont été séchées un jour après la récolte, puis coupées, en n'utilisant que les feuilles afin d'augmenter la surface de contact pendant le processus de distillation (**Figure 38**).



**Figure 38** : Les plantes d'Origan commun et de romarin récoltées (**Originale, 2024**).

### I.2.2. Procédure de distillation

Nous avons appliqué la technique d'hydrodistillation à l'aide de l'appareil de Clevenger (**Figure 39**) dans le laboratoire de la Faculté des Sciences, département des Sciences de la nature et de la vie, à l'université Mohamed Boudiaf de M'sila. Pour ce faire, nous avons utilisé une quantité de 100 milligrammes d'Origan commun et de romarin dans 1L d'eau distillée. La température d'ébullition a été initialement fixée à 10 °C, puis réduite à 3 °C après une demi-heure afin de contrôler le processus de distillation. Cette distillation a pris au total trois heures et demie. Il a été effectué trois fois avec la même méthode pour obtenir les huiles essentielles, et ce aux périodes suivantes : le 30/04/2024, un jour après la récolte, le 05/05/2024, cinq jours après la récolte, et le 06/05/2024, six jours après la récolte.



**Figure 39** : Extraction par la technique d'hydrodistillation par l'appareil de Clevenger (Originale, 2024).

### **I.2.3. Mesure et collecte des huiles essentielles**

Les quantités d'huiles essentielles extraites de chaque type de plante, à savoir l'Origan commun et de romarin, ont été mesurées. Les quantités utilisées et obtenues après chaque session de distillation ont été soigneusement enregistrées. Cette étape a permis de suivre et de contrôler le rendement du processus d'extraction des huiles essentielles.

### **I.2.4. Stockage des huiles essentielles**

Les huiles essentielles ont été recueillies dans des flacons sombres et hermétiquement fermés afin de préserver leur qualité. Ces flacons ont ensuite été stockés dans un endroit frais et sombre, à l'abri de la lumière directe. Cette méthode de conservation permet de maintenir les propriétés et la fraîcheur des huiles essentielles extraites.

### **I.2.5. Préparation et conditionnement des boîtes**

La conception et l'étiquetage des boîtes ont été réalisés, avec l'ajout du logo de l'entreprise sur chaque boîte. Ensuite, les huiles essentielles ont été mélangées dans des proportions spécifiques, entre 0,5 et 1 microlitre de chaque plante, après l'ajout de stabilisateurs pour maintenir leur qualité. Ce mélange a été appliqué au coton à l'intérieur de chaque boîte à l'aide de micropipettes, jusqu'à saturation complète. Enfin, les boîtes ont été placées dans des sacs hermétiquement fermés afin d'éviter la diffusion des huiles volatiles et de préserver leur qualité (**Figure 40**).



**Figure 40** : Étapes de préparation et de conditionnement des boîtes (Originale, 2024).

### I.2.6. Tests expérimentaux

- **1er test : Étude de l'effet du produit synthétisé sur les ruches d'abeille**

Une opération de contrôle quotidien est assurée. Juste après le dépôt des boîtiers de produit à l'intérieur des ruches d'abeille dans le but de contrôler l'activité des abeilles, et jusqu'à la fin de l'opération, aucune anomalie n'a été enregistrée (**Figure 40**).

- **2ème test : Étude de l'effet du produit synthétisé sur la maladie de varroase**

Un dispositif expérimental a été installé dans un élevage apicole situé dans la commune de Rasfa, wilaya de Sétif (**Figure 37**), pour tester l'effet des huiles essentielles de romarin et de l'origan sur la lutte contre la varroase. Au total, 6 ruches d'abeille ont été utilisées dans cette étude. Dont 3 ruches sont réservées comme ruches témoins sans aucun traitement contre la maladie ; 3 ruches ont été traitées par le produit synthétisé et qui se compose d'un mélange des 2 huiles essentielles cités avant. Après ce traitement, on a remarqué la présence des insectes de la Varoa à l'entrée de chaque ruche traitée seulement. Ces résultats expliquent fortement l'effet positif du produit synthétisé sur la lutte biologique contre la maladie de la varroase (**Figure 41**).



**Figure 41 :** Tests expérimentaux sur les ruches d'abeille « *Apis mellifera intermissa* » (Originale, 2024).

### I.2.7. Calcul du rendement

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue après l'extraction et la masse de la matière végétale utilisée (AFNOR, 1986), Le rendement (R) est exprimé en pourcentage, et est donné par la formule suivante :

$$\text{RHE}(\%) = (\text{MHE} / \text{MS}) \times 100$$

**RHE:** Rendement en huiles essentielles,

**MHE:** quantité d'huile essentielle récupérée (g),

**MS:** quantité de la matière végétale sèche utilisée (g)



**Chapitre II :**  
**Résultats et**  
**Discussion**



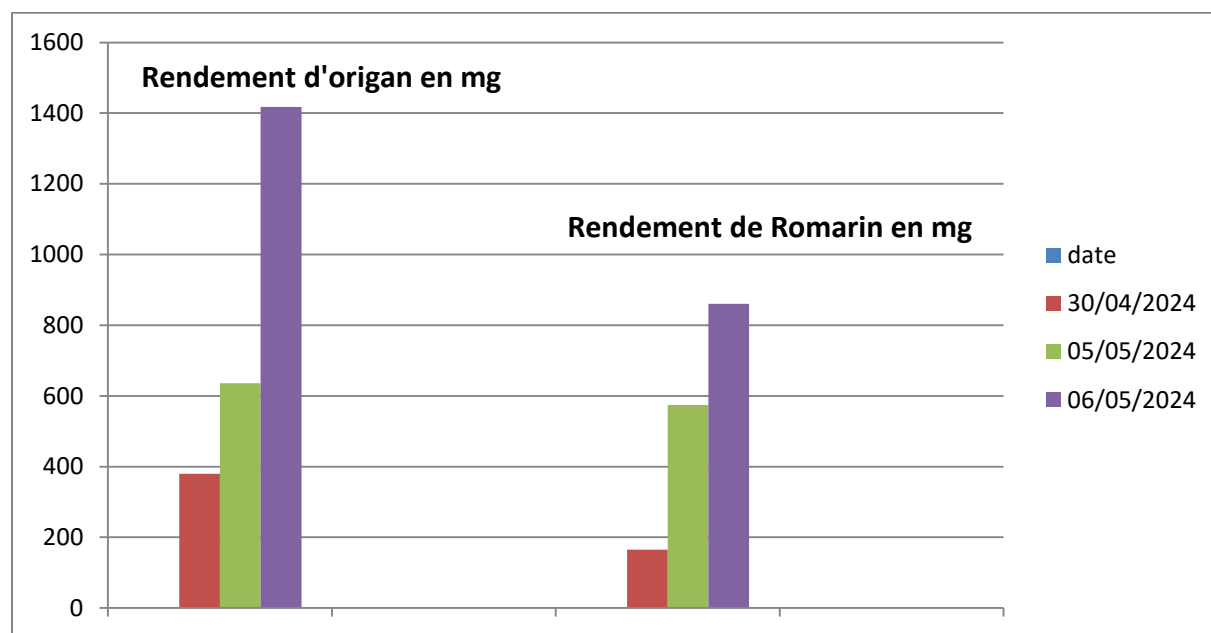
## II. Résultats et Discussion

### II.1. Résultats

Les résultats obtenus à partir des différentes phases de cette étude indiquent que les huiles essentielles extraites d'*Origanum vulgare L.* et de *Rosmarinus officinalis L.* ont un effet significatif sur la lutte contre *Varroa destructor* chez les abeilles *Apis mellifera intermissa*.

#### II.1.1. Quantités d'huiles essentielles extraites

- Le rendement de la distillation a été calculé pour chaque session. Les résultats ont montré que les quantités d'huiles essentielles extraites variaient selon la période de récolte.
- La quantité d'huile essentielle extraite un jour après la récolte était inférieure par rapport aux extractions effectuées cinq et six jours après la récolte (**Figure 42**).



**Figure 42 :** Rendement d'origan et Romarin en mg par date **Selon les résultats obtenus**

#### II.1.2. Efficacité des huiles essentielles sur les ruches

- Les expériences ont révélé que les huiles essentielles avaient une activité notable contre *Varroa destructor*.
- Dans les ruches traitées avec le mélange d'huiles essentielles, une réduction significative du nombre de *Varroa* a été observée.
- Les ruches témoins, qui n'ont reçu aucun traitement, ont montré une infestation constante de *Varroa*.

#### II.1.3. Comportement des abeilles

- Aucun comportement anormal n'a été observé chez les abeilles dans les ruches traitées, ce qui indique que les huiles essentielles n'ont pas d'effet négatif sur les abeilles elles-mêmes.

- Les ruches traitées ont montré une activité normale et une bonne santé générale des colonies.

## **II.2. Discussion**

Les résultats obtenus dans cette étude confirment l'efficacité des huiles essentielles extraites de *Origanum vulgare L.* et de *Rosmarinus officinalis L.* dans la lutte contre *Varroa destructor*. Les propriétés antiparasitaires de ces huiles, bien documentées dans la littérature, soutiennent nos observations expérimentales.

### **II.2.1. Efficacité des huiles essentielles**

- Les huiles essentielles ont montré une efficacité élevée contre *Varroa destructor*, soutenant l'utilisation de traitements naturels dans la gestion des parasites chez les abeilles.
- Le mélange d'huiles pourrait avoir un effet synergique, augmentant l'efficacité globale du traitement.

### **II.2.2. Implications pour l'apiculture**

- L'utilisation des huiles essentielles comme moyen de lutte contre *Varroa destructor* offre une alternative durable et moins toxique par rapport aux traitements chimiques traditionnels.
- Cette méthode peut aider à réduire les résidus chimiques dans les produits apicoles et à promouvoir une apiculture plus saine et respectueuse de l'environnement.

### **II.2.3. Recommandations pour les apiculteurs**

- Il est recommandé aux apiculteurs d'envisager l'intégration des huiles essentielles dans leurs stratégies de lutte contre les parasites.
- Une surveillance continue et une évaluation périodique de l'efficacité des huiles essentielles sont nécessaires pour optimiser les traitements et assurer la santé des colonies.

Les résultats encourageants de cette étude suggèrent que les huiles essentielles extraites d'*Origanum vulgare L.* et de *Rosmarinus officinalis L.* peuvent être utilisées comme outil efficace dans la lutte contre *Varroa destructor*, contribuant ainsi à la durabilité et à la productivité de l'apiculture.





# **Conclusion**

## **Conclusion**

À la fin, le rôle du contrôle biologique se distingue clairement comme une solution vitale et efficace pour protéger les abeilles et améliorer leur santé environnementale face aux défis des maladies telles que Varroa. En utilisant les huiles essentielles de thym et de romarin, nous travaillons à renforcer l'immunité des abeilles et à améliorer leur capacité à faire face aux effets néfastes des agents pathogènes de manière naturelle et respectueuse de l'environnement. Ces solutions ne sont pas seulement des techniques modernes, mais représentent également une réponse durable et socialement responsable envers l'environnement et l'agriculture.

De plus, cette approche biologique soutient la durabilité de l'écosystème agricole en favorisant la biodiversité et en améliorant la qualité de l'environnement général des zones agricoles. Grâce à l'application de la technologie naturelle, nous préservons l'environnement et renforçons la capacité des systèmes naturels à s'adapter et à perdurer. Cela contribue à la stabilité à long terme de l'agriculture et à la préservation de la biodiversité, garantissant ainsi une alimentation sûre et saine pour les communautés locales et mondiales.

En conséquence, ces solutions biologiques peuvent être considérées comme une étape innovante et nécessaire vers un avenir agricole durable, où l'innovation technologique et la durabilité environnementale se rejoignent pour améliorer continuellement la santé des abeilles et la qualité de l'environnement.





**Références  
bibliographiques**

## Références bibliographiques

### A

- ❖ **Adam G., 2010.** La biologie de l'abeille. Ecole d'apiculture Sud-Luxembourg. P. 4-5.
- ❖ **Adjlane N., Chahbar N., Maidi A., Doumandji S. E. & Haddad N., 2013.** Scientific note on side effects of oxalic acid on the worker bee (*Apis mellifera*): biochemical aspect. Journal of Materials and Environmental Science, Vol. 4, n° 4. Pp. 420-423.
- ❖ **Amimer-Hacib H., 2017.** Bioactivité de quelques huiles essentielles par l'évaluation de l'effet acaricide vis-à-vis de la varroase, et incidence sur la qualité du miel. Doctoral dissertation, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie – EL HARRACH- Alger.
- ❖ **Amroune O., 2022.** « Traitement à base des huiles essentielles pour le contrôle de Varroa Destructor : Comparaison d'efficacité et de tolérance. » École nationale supérieure agronomique. PP. 12, 19, 29-30.
- ❖ **Anderson D. L. and Trueman J. W. H., 2000.** Varroa jacobsoni (Acari: Varroidae) is more than one species. Experimental and Applied Acarology, 24, 165–189.
- ❖ **Andriamanantoanina, H., 1984.** Extraction d'arômes alimentaires : cas du gingembre. Mémoire de fin d'étude Antananarivo, Université d'Antananarivo ; département Industries agricoles et alimentaires, ESSA, 78 p.
- ❖ **Apiculture.net. (S.D.).** Le cycle de vie des abeilles. Consultez le 1 juin 2024 . Disponible sur : ( <https://www.apiculture.net/blog/cycle-vie-abeilles-n38>)
- ❖ **Arvy M.P. et Gallouin F., 2003.** Epices, aromates et condiments. Ed. Belin, Paris.
- ❖ **Atmani M.G., 2018.** Huiles essentielles de trois espèces d'Eucalyptus d'Algérie : composition et activité acaricide (Varroa Destructor). Thèse de Doctorat. Université des frères Mentouri Constantine 1 : Algérie.
- ❖ **Au Jardin., 2024.** L'abeille domestique. Consultez le 31/05/2024. Disponible sur : (<https://www.aujardin.info/fiches/abeille-domestique.php>)
- ❖ **AFNOR., 1986.** Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles », AFNOR. Paris. 57 p .

### B

- ❖ **Bakkali F., Averbécka S., Averbécka D. et Idaomarb M., 2008.** Biological Effects Of Essential Oils. Food and Chemical Toxicology, Elsevier. Vol. 46, p. 447-475.
- ❖ **Bardeau F., Fesneau M. et Canavaté A., 1976.** La médecine aromatique : Propriétés et Utilisations des Huiles essentielles végétales. Laffont R.
- ❖ **Baser K.H.C. and Buchbauer G., 2015.** Handbook of Essential Oils : Science Technology and Applications. CRC Press. Pp. 17-19.
- ❖ **Baudoux D., 2017.** Propriétés physiques des essences et HE. *In.* Aromathérapie.Pp. 37-38.
- ❖ **Behidj K., 2011.** La compétitivité de la filière apicole algérienne – cas de la région centre Wilaya d'Alger, Blida et Boumerdes. Mémoire de magister : Ecole Nationale Supérieure Agronomique.

- ❖ **BELAID M, 2011.** Effet du parasitisme par *Varroa destructor* sur les paramètres morphologiques et physiologiques de l'abeilles ouvrière, *Apis mellifera L*, dans la région médio-septentrionale d'Algérie. Thèse de doctorant en science agronomique. INRA El Harrach. 19 p.
- ❖ **Beloued A., 2009.** Plantes médicinales d'Algérie. 5ème édition. Office des Publications Universitaires. P.184.
- ❖ **Ben Cheikh S. E., 2017.** Étude de l'activité des huiles essentielles de la plante *Teucrium polium* Ssp *Aurasianum* Labiatae. Thèse de Doctorat. Université Kasdi Merbah d'Ouargla. 64 P.
- ❖ **Ben Miri Y., 2019.** Étude du potentiel antifongique, antiaflatoxinogène et antioxydant de certaines huiles essentielles et de leur efficacité dans le système alimentaire. Sciences Biologiques. Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou. 121 p.
- ❖ **Besombes C., 2008.** Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques : applications généralisées. Thèse de Doctorat. Université de La Rochelle : France. p. 45-47.
- ❖ **Bouamama A., et Morsli R., 2023.** Contraintes liées au développement de l'apiculture, étude de cas : le choix de type de ruche en élevage apicole. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme De Master académique en Sciences agronomiques, spécialité Production animale. Université de Tissemsilt. 87 P.
- ❖ **Boughendjioua H. And Seridi R., 2017.** Antimicrobial Efficacy Of The Essential Oil Of *Origanum Vulgare* From Algeria. *Journal Of Pharmacy And Pharmacology Research*, Vol.1, N° : 1. Pp. 19-27.
- ❖ **Boukhatem M. N., Ferhat A. et Kameli A., 2019.** Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : Revue de littérature. *Revue Agrobiologia*. Vol. 9, N° 2. Pp. 1653-1659.
- ❖ **Boumedienne N. et Agha O., 2014.** Contribution à l'étude de l'activité biologique d'une espèce du genre *Rata* de Djebel Tessala (Algérie occidentale) et à la faisabilité d'un plan de conservation. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master II. 80 p.
- ❖ **Bourkache F., et Perret C., 2014.** La filière apicole dans les Wilayate de Tizi-Ouzou et de Blida : une ressource territoriale en devenir. Université de Tizi-Ouzou et Université de Savoie. Disponible sur : (<https://shs.hal.science/halshs-01016660v3/document>)
- ❖ **Breton V., 2016.** Lutter contre *Varroa* de manière raisonnée. p. 21.
- ❖ **Bruneton J., 1993.** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. 2ème édition. Paris, France : Éditions Tec & Doc.

## C

- ❖ **Carreck N. et Quigley A., 2016.** catalogue des abeilles. *In*. Wilson-Rich N., *Abeilles : une histoire naturelle*. ARTÉMIS. FRANCE. P. 185.
- ❖ **Chahbar N. et Hamadi K., 2020.** Les abeilles domestiques locales et l'environnement. Un modèle parfait pour la sensibilisation environnementale. *L'éducateur*. Vol. 23. pp. 136 - 143.

- ❖ **Chapleau J. P., 2003.** Varroase développement d'une stratégie de lutte intégrée et sélection pour la résistance de l'abeille. Congrès annuel de la fédération des apiculteurs du Québec.
- ❖ **Charriere J. D., Maquelin C., Imdorf A. & Bachofen B., 1998.** Quelle proportion de la population de Varroa prélève-t-on lors de la formation d'un nuclé. Revue Suisse d'apiculture. Vol. 6, n° 95. Pp. 217-221.
- ❖ **Charrière J.-D., Dietemann V. et Dainat B., 2018.** Guide de la santé de l'abeille : Centre de recherche apicole, Agroscope Transfer, No 245. Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR), Agroscope. Disponible sur : (C:/Users/HP/Downloads/YXRpb25JZD00MTA2NA==.pdf)
- ❖ **Choquet J., 1978.** "L'Apiculture simplifiée". Ed. Maison rustique, Paris, pp. 2-20.
- ❖ **CLEMENT H., 2002.** Le traité rustica de l'apiculture. Edition Rustica, Paris. Consultez le 31/05/2024. Disponible sur : (<https://www.alimentarium.org/fr/savoir/les-abeilles>)
- ❖ **COLIN M. E., 1983.** La varroase. REV.SCI.TECH.INT.EPIZ. Vol. 4, n° 1. Pp. 1177-1189. (Article D6884).
- ❖ **Côté Ruche, (s.d.).** La loque américaine : un fléau pour les apiculteurs. Côté Ruche. Consulté le : 2/06/2024. Disponible sur : (<https://coteruche.com/blog/p-la-loque-americaine-un-fleau-pour-les-apiculteurs>)

## D

- ❖ **Dorosso S. J., 2002.** Composition chimique des huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso : valorisation. Université Ouagadougou.

## E

- ❖ **El Moudjahid, 14/02/2023.** Bouira - Développement de l'apiculture : Rush sur les ruches. El Moudjahid. Consultez le : 06/05/2024. Disponible sur : (<https://www.elmoudjahid.com/fr/regions/bouira-developpement-de-l-apiculture-rush-sur-les-ruches-195481>)

## F

- ❖ **Farhat A., 2010.** Microwave Steam Diffusion : Conception, Optimization et Application. National Engineering School Of Gabes. P. 25. Retrieved from (<https://Www.Researchgate.Net/Publication/278635494>)
- ❖ **FAUCON J.-P., DRAJNUDEL P., CHAUZAT M. P. et AUBERT M., 2007.** Le contrôle de l'efficacité de médicament APIVARD ND contre le Varroa destructor , parasite de l'abeille domestique. Revue Méd-Vét . Vol. 6, n° 158. Pp. 283-290.
- ❖ **Ferhat M., 2007.** Extraction sans solvant assistée par microondes des huiles essentielles des Citrus d'Algérie : compréhension, application et valorisation. Thèse de doctorat. Université des Sciences et Technologies Houari Boumediene. Faculté de Chimie : Algérie.
- ❖ **FERNANDEZ G., RODRIGUEZ R. B et ORANTES-BERMEJ O.F.J., 1995.** Influence du climat sur le développement de la population du Varroa jacobsoni oud. Dans

des colonies d'*Apis mellifera iberica* (GOETZE) dans le sud de l'Espagne. *Apidologie*. Vol. 26, pp. 371-380.

- ❖ **Figueredo G., 2007.** Étude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne. Thèse de doctorat. Université Blaise Pascal : France. P. 50.

## G

- ❖ **Gagnon F., 1987.** Apiculture pratique. Ed. la renaissance, Paris, pp. 12-45.
- ❖ **Gbenou J. D., 1999.** Huiles essentielles de quelques plantes aromatiques des genres *Eucalyptus* et *Chenopodium* du Bénin : variations inter et intraspécifiques du rendement et de la composition chimique et propriétés pharmacodynamiques. Thèse de doctorat. Université Nationale du Bénin. Pp. 11-12.
- ❖ **Génial Végétal, 2014.** *Rosmarinus officinalis*. Consultez le : 01/05/2024. Disponible sur : (<https://www.genialvegetal.net/-Romarin->)
- ❖ **Ghalem-Berkani Z., 2012.** Étude de quelques caractères transmis par les reines d'abeilles de race locale *Apis mellifera intermissa* sur trois générations. Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure Agronomique.
- ❖ **Guba R., 2001.** Toxicity Myths – Essential Oils and Their Carcinogenic Potential. *International Journal of Aromatherapy*, vol. 11, p.76-83.

## H

- ❖ **Hameedullah, M. (s.d.).** Traduction des significations du Coran en français - sourate an-nahl / les abeilles en français. Sourate 16, verset 69. P. 267. Consulté le 22 mai 2024. Disponible sur : ([https://quranenc.com/ar/browse/french\\_hameedullah/16#69](https://quranenc.com/ar/browse/french_hameedullah/16#69))
- ❖ **Hamzaoui M., 2017.** Apiculture – objectif professionnalisation. Algérie. Consultez le : 06/05/2024. Disponible sur : (<https://www.fert.fr/apicultureprofessionnalisationalgerie/>)(<https://www.fert.fr/apiculture-professionnalisation-algerie/>)
- ❖ **Hanley A. et Duval J. 1995.** La varroase des abeilles. AGRO-BIO, 370-08.
- ❖ **Hummel R. et Feltin M., 2014.** Reconnaître les maladies des abeilles quand on est apiculteur débutant. Syndicat des apiculteurs de Thann et environs.
- ❖ **Hýbl M., Bohata A., Iva R., Kopecky M., Irena C. H., Alena V. C. et Petr M., 2021.** « Evaluating The Efficacy Of 30 Different Essential Oils Against *Varroa Destructor* And Honey Bee Workers (*Apis Mellifera*). »

## I

- ❖ **Ietswaart, J. H. (1980).** A taxonomic revision of the genus *Origanum* (Labiatae). Vrije Universiteit, Amsterdam. p. 1-2. Consultez le 15/05/2024. Disponible sur : (<https://repository.naturalis.nl/pub/508224/LBS1980004001001.pdf>)

## J

- ❖ **Jardin Botanique de La Citadelle, 2017.** Le Romarin : Domaine de La Citadelle. Consultez le : 01/05/2024. Disponible sur : <https://jardindelacitadelle.com/le-romarin/>

## K

- ❖ **Kaloustian J. Et Hadji-M. F., 2012.** La connaissance des huiles essentielles : qualité et aromathérapie. Paris. Édition Springer.
- ❖ **Kehal F., 2013.** Utilisation de l'huile essentielle de Citrus limon comme agent conservateur et aromatique dans la crème fraîche. Mémoire Magister. Université de Constantine, 193 p.
- ❖ **Kintzios S. E., 2002.** Oregano : The genera Origanum and Lippia (Medicinal and Aromatic Plants Industrial Profiles). Taylor et Francis : production de toxines d'*Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus*.
- ❖ **Kotwal S. & Abrol D. P., 2013.** Evaluation of essential oils and cultural practices for the management of *Varroa destructor*. The Bioscan. Vol. 1, n° 8. Pp. 15-20.

## L

- ❖ **La Catoire Fantastique, 29/04/2017.** Le cycle de développement des abeilles. Accueil Animaux, Abeille, Biologie. Consultez le 1 juin 2024 . Disponible sur : (<https://catoire-fantastique.be/cycle-de-developpement-abeilles/>)
- ❖ **Leplat M., 2017.** Le Romarin, *Rosmarinus officinalis L.*, une Lamiacée médicinale de la garrigue provençale. Thèse de doctorat, Faculté de Pharmacie de Marseille. HAL Archives Ouvertes.
- ❖ **Louis-Jeune J., 5 Août 2020.** Huile essentielle et santé : les techniques d'extraction des Huiles. Digital Marketing & SEO. Consultez Le : 16/03/2024. Disponible sur : (<https://nidoessentialoil.com/extraction-des-huiles-essentielles/>)

## M

- ❖ **Mackowiak C., 2009.** Le déclin de l'abeille domestique *Apis mellifera* en France, Université Henri Poincaré-Nancy1- pour obtenir le Diplôme d'état en Docteur en pharmacie. Pp. 2-96.
- ❖ **Mahfouf N., 2018.** Étude de l'espèce *Origanum vulgare L.* Thèse de doctorat. Université Chadli Bendjedid – El-Tarf. P. 3.
- ❖ **Mallick A., 2013.** Action sanitaire en production apicole : Gestion de la varroose face à l'apparition de résistance aux traitements chez *Varroa destructor*. Thèse de doctorat, Université de Claude-Bernard de Lyon 1.
- ❖ **Merabti A., 2015.** Implantation d'un rucher au niveau de l'exploitation agricole de l'Université d'Ouargla. Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département des Sciences Agronomiques. Université Kasdi Merbah Ouargla.
- ❖ **Miel Direct, 2020.** La très grande famille des abeilles : *Apis Mellifera* et les autres.... Consultez le 31/05/2024. Disponible sur : (<https://www.miel-direct.fr/famille-abeilles-apis-mellifera/>)

- ❖ **Mondet F., Maisonnasse A., Kretzschmar A., Alaux C., Vallon J., Basso B., Dangleaux A., Le Conte Y., 2016.** Varroa - son impact, les méthodes d'évaluation de l'infestation et les moyennes de luttés. Innovation agronomique. Vol. 53, pp. 63-80 .
- ❖ **Muller F., 06/05/2019.** La quinzaine des abeilles et des pollinisateurs. Point Culture. Consultez le : 1 juin 2024. Disponible sur : (<https://www.pointculture.be/articles/focus/la-quinzaine-des-abeilles-et-des-pollinisateurs/>)

## N

- ❖ **Noel A., 2023.** Ecologie chimique de la défense comportementale de l'abeille domestique (*Apis mellifera*) face au parasite *Varroa destructor*. Thèse de doctorat, Université d'Avignon, France.
- ❖ **Nourachani I., 2010.** Caractérisation physico-chimique et biologique de l'huile essentielle des écorces de *Cryptocarya Crassifolia* (LAURACEAE). Thèse de doctorat Biochimie appliquée aux sciences médicales : Université d'Antananarivo. P. 5.

## O

- ❖ **Oliviers & Co, 2022.** « Le Romarin : Histoire, Bienfaits & Vertus ». Oliviers & Co. Consultez Le : 20/03/2024. Disponible Sur : (<https://www.oliviers-co.com>)(<https://www.oliviers-co.com/apprendre/romarin-histoire-bienfaits-vertus>)

## R

- ❖ **Rachid Al-Nahal, 2011.** L'apiculture en Algérie. Consultez le : 06/05/2024. Disponible sur : (<https://www.elmoudjahid.com/fr/regions/bouira-developpement-de-l-apiculture-rush-sur-les-ruches-195481>)
- ❖ **Rameau J. C., Mansion D., Dumé G. et Gauberville C., 2009.** Flore forestière française Tome 3 : Région méditerranéenne, Institut pour le développement forestier.
- ❖ **Rashid, M. (s.d.).** Traduction des significations du Coran en français - sourate an-nahl / les abeilles en français / Sourate 16, verset 68. P. 267. Consulté le 22 mai 2024. Disponible sur : ([https://quranenc.com/ar/browse/french\\_rashid](https://quranenc.com/ar/browse/french_rashid))
- ❖ **Raynaud S., 22 Février 2022.** « Romarin : Qu'est-Ce Que C'est ? ». Futura Sciences. Consultez Le : 24/03/2024. Disponible Sur : (<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/botanique-romarin-7692/>)
- ❖ **Rosario C. A., Miller, R. H. et Moore A., 2014.** Varroa mite (*Varroa destructor*) (Acari: Varroidae). Guam New Invasive Species Alert No. University of Guam. P. 1-2.
- ❖ **Rosenkranz P., Aumeier, P., & Ziegelmann B., 2010.** Biology and control of *Varroa destructor*. Journal of Invertebrate Pathology. Vol. 103, n° 1. Pp. 96-119.

## S

- ❖ **Salame, 29/09/2017.** Les castes d'une société d'abeilles mellifères. Dans Thématiques / Génétique moléculaire et évolution / Dossiers thématiques / Epigénétique / Epigénétique de l'abeille. Consultez le 31/05/2024. Disponible sur : (<https://acces.ens-lyon.fr/acces>)
- ❖ **Satyral P., Jones T. H., Lopez E. M., McFeeters R. L., Ali N. A. A., Mansi I., Al-kaf A. G. and Setzer W. N., 2017.** Chemotypic characterization and biological activity of *Rosmarinus officinalis*. "Molecules". vol. 22, N°: 3. Pp.1-15 . Disponible sur : (<https://doi.org/10.3390/molecules22030385>)
- ❖ **Simoneau-A D. M. V., 2004.** La varroase. MAPAQ-CQIASA, laboratoire de pathologie animale, l'Assomption, pp. 1-10.

## T

- ❖ **Tela Botanica, 2021.** *Rosmarinus officinalis*. Consulté le : 3 juin 2024, Disponible Sur : (<https://www.tela-botanica.org/bdtx-nn-57823-nomenclature>)
- ❖ **Teuscher E., Anton R. et Lobstein A., 2004.** Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- ❖ **The Polistes Corporation (s. d.).** *Rosmarinus officinalis*. DISCOVER LIFE. Consultez le: 02/05/2024. Disponible sur : (<https://www.discoverlife.org/20/q?search=Rosmarinus+officinalis>)
- ❖ **Von Frisch K., 1969.** Vie et mœurs des abeilles, Ed. Albin Michel, Paris, 255 p.

## W

- ❖ **WENDLING S., 2014.** Les particularités de la reproduction de *Varroa destructor*, Agent de la varroase de l'abeille domestique. Perspective de lutte. Pp. 16-85.
- ❖ **Wikipedia contributors (s.d.).** *Apis mellifera*. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Consultez le : 06/05/2024. Disponible sur : ([https://fr.wikipedia.org/wiki/Apis\\_mellifera](https://fr.wikipedia.org/wiki/Apis_mellifera))
- ❖ **Wilson-Rich N. Et Allin k., 2016.** Anatomie & biologie. In. Wilson-Rich N., *Abeilles : une histoire naturelle*. ARTÉMIS. FRANCE. Pp. 28-50.

## Z

- ❖ **Zayat A., 2023.** Méthodes d'extraction. Consultez le 20/03/2024. Disponible sur : (<https://Zayataroma.Com/Methodes-Dextraction/>)