

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES

Mémoire de fin de cycle
En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Biodiversité et Physiologie Végétale

Thème :

Effet de la toxicité de quatre huiles essentielles de plantes de deux familles Lamiacées et Myrtacées sur l'abeille domestique Apis mellifera intermissa.

Présenté par :

M^{elle} : AZZOU G Manel

M^{elle} : BACHA Hanane

Soutenue devant le jury :

Présidente : M^{me} CHERFAOUI D. MCB UMMTO

Promotrice : M^{me} DJOUBER F. MCB UMMTO

Co – promotrice : M^{me} TALEB K. MCA UMMTO

Examinatrice : M^{me} LEKMACHE Y. MAA UMMTO

Promotion : 2019/2024

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu le bon Dieu, de nous avoir données la force, la patience et la volonté afin d'accomplir ce modeste travail qui présente le fruit de plusieurs années de sacrifices.

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice **M^{me} DJOUBER Fatima** Enseignante à l'UMMTO, pour sa précieuse aide, ses orientations, son encouragement, sa gentillesse et le temps qu'elle nous a accordés pour notre encadrement.

A notre Co-promotrice **M^{me} TALEB Karima** MCA à l'UMMTO pour son encadrement, sa patience et ses précieux conseils durant toute la période de réalisation de ce modeste travail, merci infiniment.

Aux membres de jury :

Nous vifs remerciements vont à la présidente

M^{me} CHERFAOUI Djamila, MCB à l'UMMTO d'avoir accepté de présider notre jury

à l'examinatrice **M^{me} LEKMACHE Y.**, Enseignante à l'UMMTO pour l'intérêt porté à notre travail en acceptant de l'examiner.

A L'ensemble des apiculteurs qui ont pu tenir à leurs promesses, et qui nous ont aidés à réaliser notre recherche et à obtenir les échantillons nécessaires, particulièrement **M. IDIR** de MAKOUA merci infiniment.

Enfin, nos remerciements sont adressés plus particulièrement à nos familles

AZZOUG ET BACHA

Et tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.



Dédicaces

Je tiens à dédier ce mémoire à ma famille, source inébranlable de soutien et d'encouragement tout au long de mon parcours académique.

À mes chers parents, maman **Dalila** et papa **Atmane**, à qui je témoigne ma profonde gratitude pour leur amour inconditionnel et leur foi inébranlable en mes capacités. Leur soutien indéfectible a constitué un pilier fondamental dans l'accomplissement de ce travail. Je vous aime énormément.

À ma sœur **Imane** et mon frère, **Ali**, j'exprime ma reconnaissance pour leur joie de vivre et leur présence constante à mes côtés. Ils ont su égayer les moments difficiles et partager avec moi les moments de réussite.

À mon futur mari, **Aissa**, à qui je dédie tout particulièrement ce mémoire. Son amour inconditionnel, son soutien indéfectible et ses encouragements permanents ont été ma source de motivation tout au long de cette aventure. Mon amour pour toi est éternel.

À mes chers grand parents mama **Zahra** et papa **Amar** remerciements infinis pour votre sagesse et votre guidance.

À ma chère arrière-grand-mère **Thaklith** ma deuxième maman, une source de force et d'inspiration pour tous ceux qui t'ont entourée je t'aime.

Enfin, à la famille **Yakoubi**, plus particulièrement mes chers, belle-mère **Leila** et beau-père **Belkacem**, je témoigne ma profonde gratitude pour leur chaleureux accueil et leur affection constante. Ils ont su créer un environnement familial propice à l'épanouissement et à la réussite.

C'est grâce à l'amour, au soutien et à la confiance de chacun d'entre vous que j'ai pu mener à bien ce projet. Je vous suis infiniment reconnaissante pour votre présence inestimable dans ma vie.

Avec toute ma considération,

Manel



Dédicaces

À ma mère bien-aimée **Safia**, à mon père adoré **Madjid**, à ma chère sœur **Rania**, à mon frère **Amine** dont mon amour est inestimable,

et ma tante **Naïma**

Je vous dédie ce mémoire en signe de reconnaissance infinie pour votre soutien indéfectible tout au long de mon parcours académique.

Maman, tes encouragements constants et ton amour inconditionnel ont été ma source de motivation.

Papa, tes précieux conseils et ta sagesse m'ont guidée à chaque étape de mon chemin.

Rania, ma sœur chérie, ton amitié et ta confiance en moi m'ont donnée la force de persévérer.

Amine, mon frère bien-aimé, ton soutien indéfectible et ta joie de vivre ont illuminé mes moments de doute.

Enfin, à ma tante **Naïma**, merci pour ton soutien indéfectible. Tes encouragements, tes conseils et ta relecture attentive qui sont précieux. Ton soutien moral m'a permis de persévérer. Je suis reconnaissante pour tout ce que tu as fait pour moi

Sans vous, ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Je vous remercie du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait pour moi

Je vous aime

C'est grâce à l'amour, au soutien et à la confiance de chacun d'entre vous que j'ai pu mener à bien ce projet. Je vous suis infiniment reconnaissante pour votre présence inestimable dans ma vie.

Avec toute ma considération,

Hanane



Table des matières

Liste des figures.

Liste des tableaux

Introduction 1

Partie bibliographique

Chapitre 1 : Le monde des abeilles

I	Généralités sur l'abeille domestique : (<i>Apis Mellifera</i>)	2
I.1	L'origine de l'abeille :	3
I.2	La taxonomie : Classification de l'abeille (<i>Apis mellifera</i>).....	3
I.2.1	Répartition géographique des abeilles.....	5
I.3	L'anatomie de l'abeille.....	6
I.3.1	La morphologie d' <i>Apis mellifera</i>	6
I.4	Composition et structure de la colonie	7
I.5	Le cycle biologique de développement d'abeille (<i>Apis mellifera</i>).....	11
I.5.1	La détermination des castes	14
I.5.2	Thermorégulation.....	15
I.6	La communication entre les abeilles.....	15
I.7	Les produits majeurs de la ruche.....	17
I.8	Importance des abeilles ; lien entre écologie et économie :	19
I.9	Les maladies d'abeille domestique.....	19
I.9.1	Les maladies d'abeille adulte	20
I.9.2	Les maladies du couvain	22
I.9.3	Les maladies d'abeille adulte et du couvain.....	24
I.10	Les ennemis de l'abeille domestique.....	25
I.11	Défense de la colonie d'abeilles face aux agents pathogènes	26
I.12	Les facteurs influençant les pertes des colonies.....	27
I.12.1	Les facteurs environnementaux	27
I.12.2	L'homme et ces pratiques :	27

Chapitre 2 : les huiles essentielles

II.1 Généralité.....	30
II.2 Répartition, localisation et synthèse des huiles essentielles	31
II.3 Rôle des huiles essentielles.....	32
II.4 Les propriétés physiques des huiles essentielles	33
II.5 Composition chimique des huiles essentielles	34
II.6 Critères et facteurs de variabilités et de quantité des huiles essentielles	36
II.6.1 Dénomination et origine botanique	37
II.6.2 Identification de la plante	37
II.6.3 Conditions de production	37
II.6.4 Origine géographique	38
II.6.5 Partie de la plante utilisée.....	38
II.7 Les méthodes et techniques d'extraction des huiles essentielles	38
II.8 La toxicité des huiles essentielles.....	41
II.9 Domaines d'utilisation des huiles essentielles	42

Matériels et méthodes

III.1.1 Identification des plantes médicinales utilisées dans notre étude.....	45
A. <i>Eucalyptus globulus</i>	45
➤ Description botanique	45
B. <i>Lavandula stoechas</i> (La lavande)	47
C. <i>Mentha spicata</i> :	48
D. Le clou de girofle	49
III.1.2 Matériel biologique animal.....	52
a. Situation géographique de la région d'échantillonnage.....	52
b. Méthodologie de travail sur le terrain.....	54

Résultats et discussions

a. Le témoin	59
b. Effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles de la famille Myrtacée.....	59
i. Eucalyptus.....	59
ii. Le clou de girofle	61
c. Effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles de la famille lamiacées	62
i. La lavande :.....	62

ii. La menthe.....	64
Conclusion.....	67
Référence bibliographique	68
Résumé	

Liste des figures :

Figure 01 : L'abeille domestique <i>Apis mellifera</i>	2
Figure 02 : L'abeille solitaire charpentière (le xylocope violet).....	3
Figure 03 : Les premiers signes connus de la consommation du miel par l'homme (l'apiculture de la préhistoire au moyen âge)	3
Figure 04 : Un essaim d'abeilles.....	3
Figure 05 : La systématique de l'abeille <i>Apis mellifera</i>	4
Figure 06 : Répartition des espèces du genre <i>Apis</i> avant l'intervention humaine.....	5
Figure 07 : Distribution géographique des races abeilles mellifères.....	6
Figure 08 : Les deux différentes races algériennes (<i>Apis mellifera sahariensis</i> et <i>Apis mellifera intermissa</i>).	6
Figure 09 : L'anatomie d' <i>Apis mellifera</i>	7
Figure 10 : Les deux types du couvain d' <i>Apis mellifera</i> au centre du couvain operculé.....	8
Figure 11 : La reine d'abeille.	8
Figure 12 : Le développement et la différenciation des abeilles en reine et en ouvrières.....	9
Figure 13 : Le faux bourdon (le mâle).....	10
Figure 14 : La métamorphose de l'abeille.....	11
Figure 15 : Le premier stade de l'œuf.....	11
Figure 16 : Le deuxième stade larvaire.....	12
Figure 17 : Le troisième stade nymphal.....	12
Figure 18 : L'abeille adulte.....	13
Figure 19 : Le développement depuis la ponte de l'œuf jusqu'à l'émergence de la reine, des ouvrières et les faux bourdons.....	14
Figure 20 : Les trois différentes castes dans une colonie.	15
Figure 21 : Abeilles gardiennes et ventileuses.....	16
Figure 22 : La communication pour la défense de la ruche.....	17

Figure 23 : La représentation de la pathosphère de l'abeille mellifère.....	20
Figure 24 : L'acariose des trachées sous le microscope.....	21
Figure 25 : La nosémore.	22
Figure 26 : (A) : couvain en mosaïque ; (B) : larves noires mortes ; (C) : test d'allumette (bouillie marron).	23
Figure 27 : Larves infectées par la loque européenne a divers stades et différentes apparences.....	23
Figure 28 : (A) : couvain mosaïque, (B) : filaments mycéliens entourent les larves, (C) : la transformation des larves détruites en larves momifiées.	24
Figure 29 : (A) : Cellule sécrétrice d'huile essentielle dans un rhizome de gingembre au microscope électronique à balayage, (B) : Poils sécteurs présents sur la face inférieur de la feuille d'une tomate, (C) : Poches sécrétrices d'une feuille d'eucalyptus citronné.....	32
Figure 30 : Structure chimique de quelques monoterpènes extraits des huiles essentielles.....	35
Figure 31 : Structure chimique de quelque sesquiterpènes extraits des huiles essentielles....	35
Figure 32 : Structure chimique de quelque composé aromatique extrait des huiles essentielles.....	36
Figure 33 : <i>Mentha x piperita</i> (a : plante fraiche, b : feuilles séchées, c : chromatographie sur couche mince, d : poil tecteur au microscope optique.).....	37
Figure 34 : Montage d'extraction par hydrodistillation.....	40
Figure 35 : Montage d'extraction par entrainement à la vapeur.....	41
Figure 36 : Montage d'installation de Vapo-hydrodistillation.....	41
Figure 37 : Arbre d' <i>Eucalyptus globulus</i>	46
Figure 38 : Plante de <i>Lavandula stoechas</i>	48
Figure 39 : La plante de <i>Mentha spicata</i>	49
Figure 40 : Boutons floraux récoltés.....	51
Figure 41 : la méthode d'hydrodistillation type Clevenger pour extraction de l'huile essentielle (Originale, 2024)	54

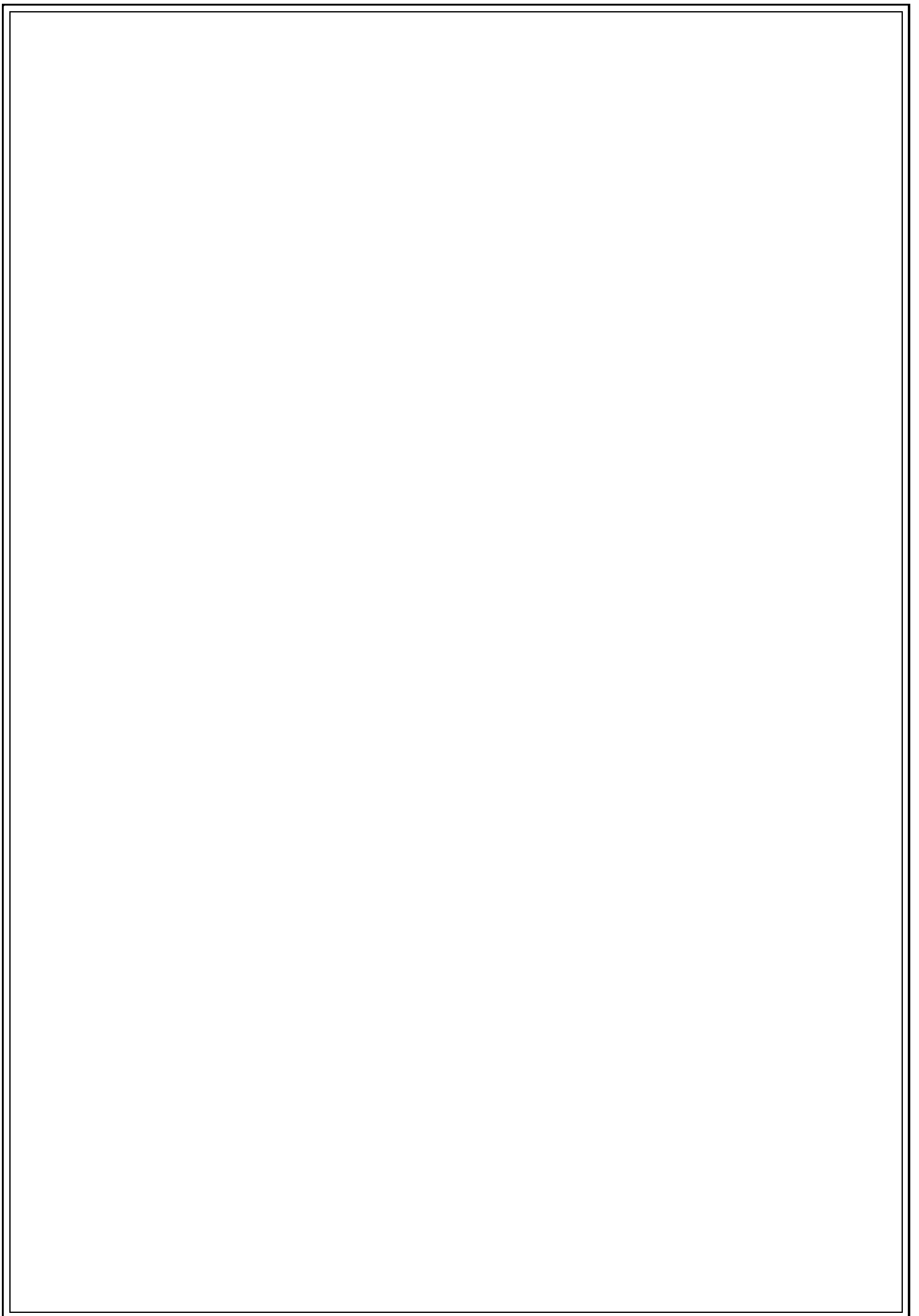
Figure 42 : Situation géographique de Makouda (TalaBouzrou).....	54
Figure 43 : Le rucher (Originale, 2024).....	55
Figure 44 : Matériel utilisé sur le terrain : (A) Combinaison apicole ; (B) Gants ; (C) Lève cadre ; (D) Enfumoir (Originales, 2024).....	55
Figure 45 : Matériel pour l'échantillonnage : (E) Bocal ou boîte ; (F) Brosse abeilles (Originales, 2024).....	56
Figure 46 : la méthode d'échantillonnage des abeilles (Originales, 2024).....	56
Figure 47 : Matériel utilisé au laboratoire : (A); Micropipette ;(B) Cagettes pains; (C) Papier filtre ; (D) un flacon rempli de sirop ; (E) Tube gradue ; (F) pince ; (G) l'étuve (Originales, 2024).	57
Figure 48 : Méthodes utilisées pour tester l'effet des huiles essentielles sur l'abeille <i>Apis mellifera</i> (Originales, 2024).....	58
Figure 49 : Mortalités des abeilles témoin	60
Figure 50 : Mortalités des abeilles exposées à l'huile essentielle d'Eucalyptus	60
Figure 51 : signe d'intoxication avec l'huile d'Eucalyptus (Originale, 2024)	61
Figure 52 : Mortalités des abeilles exposées à l'huile essentielle de clou de girofle	62
Figure 53 : Mortalités des abeilles exposées à l'huile essentielle de Lavande.....	63
Figure 54 : Les symptômes d'intoxication à l'huile essentielle de Lavande induisant la morte des abeilles (Originale, 2024)	64
Figure 55 : Mortalités des abeilles exposées à l'huile essentielle de la Menthe	65
Figure 56 : perturbation dans le comportement des abeilles (Originale,2024)	66

 *Liste des tableaux :*

Tableau 1 : Différentes tâches de l'abeille selon l'âge (Caillas, 1974).10

Tableau 2 : Les principaux ennemis des abeilles (Barbangon, 2002)25

Tableau 3 : Composition de *l'eucalyptus globulus* (Taleb, 2015).....47



Introduction

L'environnement et l'agriculture sont tributaire de nombreuse et diverse espèces pollinisatrice, dont 20 000 espèces d'abeille dans le monde qui contribuent à la survie et l'évolution, de Plus de 80% des espèces végétales dépendantes des abeilles pour leur reproduction (**Chiron et Hattenberger, 2009**), elles jouent un rôle primordial pour le biotope et une valeur monétaire pour la production végétale destinée à l'alimentation humaine.

L'abeille domestique ou abeille à miel, est l'un des insectes les plus populaires dans notre monde moderne, elle est apparue sur terre il y a près de 100 millions d'années ; Elle est considérée à l'échelle mondiale comme l'espèce les plus importantes, grâce à ses services d'efficacité de pollinisation qui est exceptionnelle et résulte d'une combinaison unique d'organisation sociale, de morphologie adaptée et de comportement intelligent ; pour illustrer l'importance de leur travaille, on estime qu'une seule colonie d'abeille peut visiter jusqu'à 10 millions de fleur en une seule journée (**Dechune-Moncharmont, 2003**). Ce qu'elle fait dans un enjeu économique et écologique pour le maintien de l'équilibre des écosystèmes (**Potts et al. 2016**).

Elles sont vitales pour notre planète et notre qualité de vie, d'après, **Jasse, 1994** sans l'abeille nous risquons de perdre la nature, la richesse de la faune et la flore, et l'être humaine.

Malheureusement, comme tous les êtres vivants l'abeille, subit de plein fouet les effets néfastes de l'environnement actuel on distingue : la pollution, la réduction de la couverture végétale, changement climatique, humidité excessive, hiver long et température extrême et surtout aux divers pathogènes, sont autant des facteurs qui apportés à leur stress et à leur affaiblissement.

Il est nécessaire pour les apicultures de préserver la santé de leur abeilles mellifères en réduisant la présence de parasite de *varroa* dans toutes les colonies pendant la saison apicole, dans la plus part des cas des traitements chimique sont obligatoire selon les études de (**Faucon et al., 2007**), l'utilisation d'acaricides chimique est actuellement la méthode la plus efficace contre ce parasite , cependant , leur travaille écharné génère des générations de varroa résistant à ces produits qui peuvent également polluer les produits des ruches et la dégradation des colonie , ils sont toxique à la fois pour les abeilles et pour quand l'industrie des pesticides ravage notre planète. Nous sommes tenus de produire bio, de consommer bio et de traiter bio.

Dans ce contexte, l'orientation vers des molécules naturelles non polluantes tels que les huiles essentielles des plantes médicinales qui ont un pouvoir antiparasitaire et donnent des solutions valides (**Bagdanov et al., 2002**), mais au cours d'utilisation, il faut respecter la posologie, le mode d'administration de ces extraits (**Colin et al., 1990**).

En effet, les plantes représentent une source de remèdes traditionnels et efficaces grâce aux principes actifs qu'elles contiennent : alcaloïdes, flavonoïdes, hétérosides, saponosides, quinones, vitamines, ...et huiles essentielles. (Lafon *et al.*, 1988)

De nos jours, les huiles essentielles suscitent de plus en plus l'intérêt des chimistes, biologistes, et médecins en raison de leurs utilisations dans le traitement de certaines maladies infectieuses, pour lesquelles les antibiotiques de synthèse deviennent de moins en moins actifs ou dans la préservation des aliments contre l'oxydation comme alternatives aux produits chimiques de synthèse (Farnsworth *et al.*, 2007)

L'utilisation croissante d'huiles essentielles dans l'environnement constitue un risque pour les populations d'abeilles sauvages et domestiques. Les apiculteurs doivent être informés des dangers potentiels des huiles essentielles et prendre des mesures pour minimiser leur exposition aux colonies. Des recherches approfondies sont nécessaires pour mieux comprendre les effets à long terme des huiles essentielles sur les abeilles et l'environnement.

- L'objectif général de notre étude :

Ce travail vise à étudier l'effet acaricide des différentes huiles essentielles des plantes (la lavande, l'eucalyptus, la menthe et le clou de girofle) sur la performance d'*Apis mellifera* et déterminer la dose idéale afin de protéger notre abeille.

- Ce mémoire s'articule autour de deux grandes parties et une conclusion :

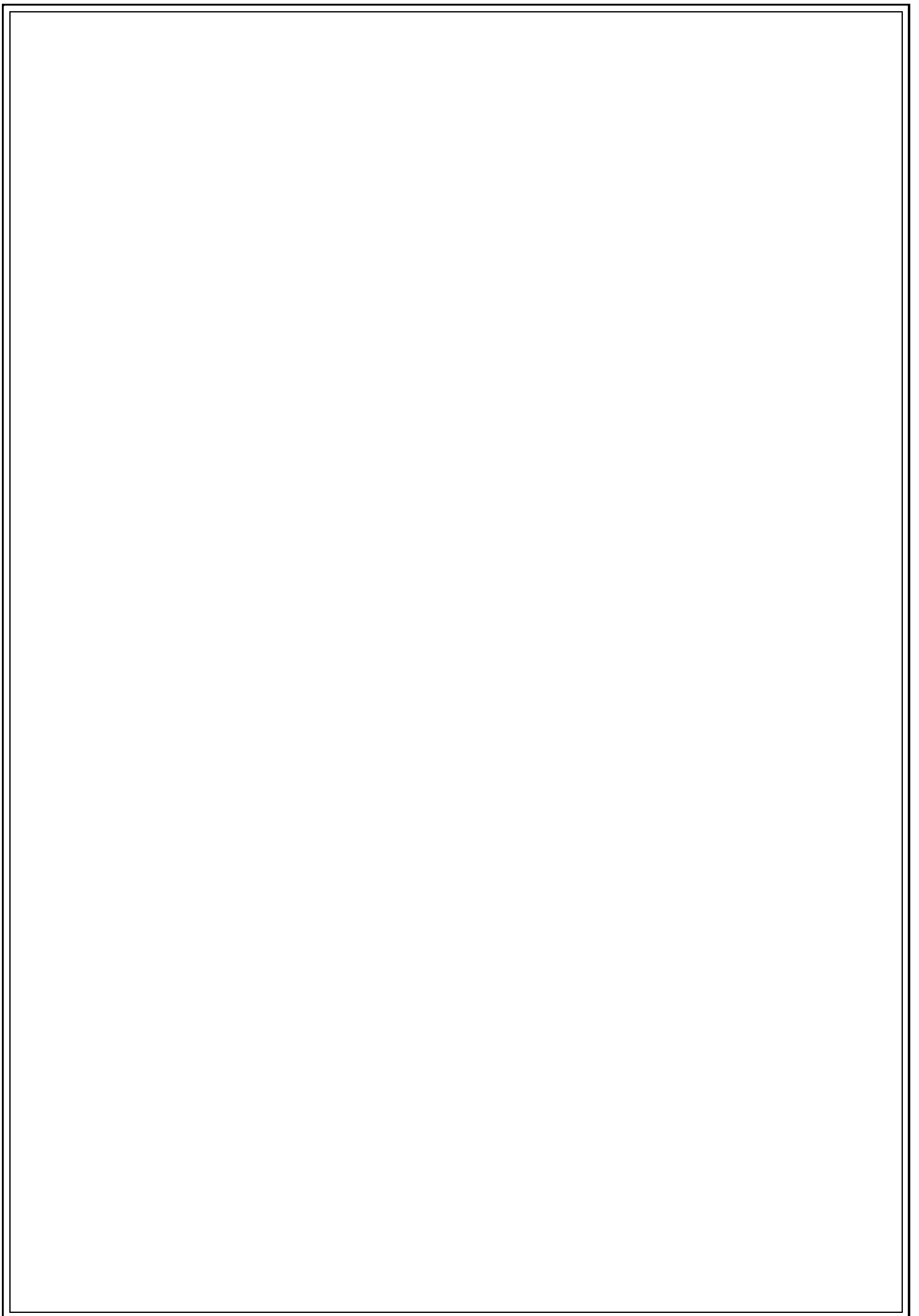
- La première partie est consacrée sur la synthèse bibliographique, dans le

Premier chapitre sur le monde des abeilles et ces généralités, un bref aperçu sur les maladies de l'abeille, et le deuxième chapitre sur les généralités des huiles essentielles.

- La deuxième partie Matériels et méthodes présente : une étude ethno-

Pharmacologique des plantes médicinales testées (la lavande, l'eucalyptus, la menthe et le clou de girofle) et les résultats expérimentaux qui nous ont permis d'atteindre notre principe objectif, qui est de tester l'efficacité des doses de l'extrait des plantes sur les performances d'abeilles.

- Le présent travail débouche sur une conclusion générale et perspective.





- « Une abeille (*Apis mellifera*) sur une fleur est un bon bio-indicateur pour l'environnement, la présence d'abeille indique un écosystème plutôt sain ».

Chapitre 1

Le monde des abeilles



I Généralités sur l'abeille domestique : (*Apis Mellifera*)

➤ Description :

Les abeilles sont des insectes hyménoptères sociaux qui vivent en colonies permanentes et se divisent par essaimage (Martin *et al.*, 2001)

Elles sont des espèces holométaboliques, c'est à dire qu'elles subissent une métamorphose complète lors de leur développement selon leurs différentes stades évolutifs (œuf, larve, et différant radicalement de l'adulte) (Döke *et al.*, 2015)

❖ Les abeilles sont classées en deux grandes catégories : les espèces sociales et les espèces solitaires :

➤ **les abeilles sociales** vivent en groupes au sein de colonies ; l'abeille domestique *Apis mellifera* (**Figure 1**) est la plus connue, également connu sous le nom d'abeille mellifique (Peterson, 2008) , Linné décrit pour la première fois l'abeille occidentale *Apis mellifera* en 1758 le nom vient du latin « mellis » qui signifie miel et « ferre » qui signifie porter , étant donné que l'abeille produit du miel à partir du nectar des plantes et fleurs de butinées, le terme « mellifica » plus approprié (Terzo et Rasmon, 2007)



• **Figure 1** : L'abeille domestique social *Apis mellifera* (Pirou, 2014)

➤ **Les abeilles solitaires** : Il existe une vaste gamme d'abeilles sauvages ou solitaires, (Figure 2) comptant plus d'un millier d'espèces. Ces abeilles, comme l'osmie ou l'abeille maçonne, passent souvent inaperçues en raison de leur nature discrète - noires et velues. Cependant, cette description ne s'applique pas à l'abeille charpentière ou xylocope, très présente dans les jardins. Cette abeille noire de grande taille, contrairement à ses homologues sociaux, ne vit pas en colonies et ne produit pas de miel. Au lieu de cela, il trouve son habitat dans de petites crevasses ou dans des tiges creuses de plantes à moelle. Le rôle principal de ces abeilles solitaires est la pollinisation des fleurs négligées par les abeilles domestiques, complétant ainsi efficacement leurs efforts (Anonyme I).



- **Figure 2** : L'abeille solitaire charpentière (le xylocope violet) (Anonyme, 2018)

I.1 L'origine de l'abeille :

La présence de cet insecte remonte à l'an 3600 avant J.C en Egypte, les dessins existent sur différentes sarcophages (**figure 3**) assurent que l'élevage des abeilles était rependu à l'époque des Pharaons. Aujourd'hui, *Apis Mellifera* est l'abeille la plus connue dans le monde (Le Conte, 2004). (**Figure 4**)



- **Figure 3** : Représente les premiers signes connus de la consommation du miel par l'homme (l'apiculture de la préhistoire au moyen-âge) (Avisse, 2014)

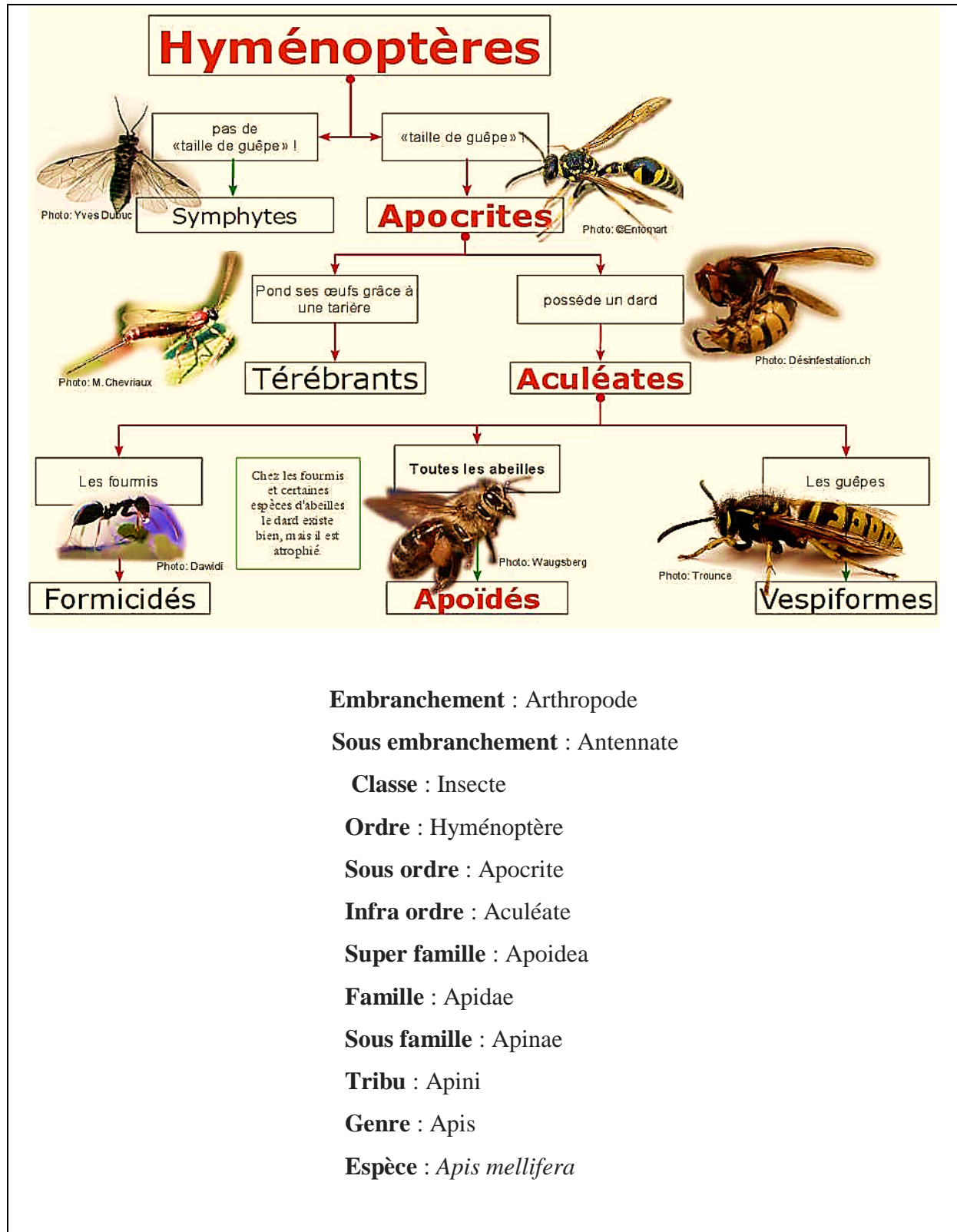
- **Figure 4** : Un essaim d'abeilles (par Alaux, 2015)



I.2 La taxonomie : Classification de l'abeille (*Apis mellifera*)

L'ordre des Hyménoptères comprend l'abeille mellifère, c'est le deuxième ordre le plus diversifié chez les insectes, (**Figure 5**) après l'ordre des coléoptères. *Apis mellifera* appartient à la superfamille Apoidea et est proche du groupe des fourmis (Jonson *et al.*, 2013). Les Apidae sont des Hyménoptères, cette famille est représentative la grande majorité des insectes pollinisateurs (Rasolofoarivao, 2014).

La Position systématique de l'abeille au sein du règne animal selon (Adam, 2010) (Figure 5) :



Embranchement : Arthropode

Sous embranchement : Antennate

Classe : Insecte

Ordre : Hyménoptère

Sous ordre : Apocrite

Infra ordre : Aculéate

Super famille : Apoidea

Famille : Apidae

Sous famille : Apinae

Tribu : Apini

Genre : Apis

Espèce : *Apis mellifera*

• **Figure 5** : La systématique de l'abeille *Apis mellifera*. (Adam, 2010)

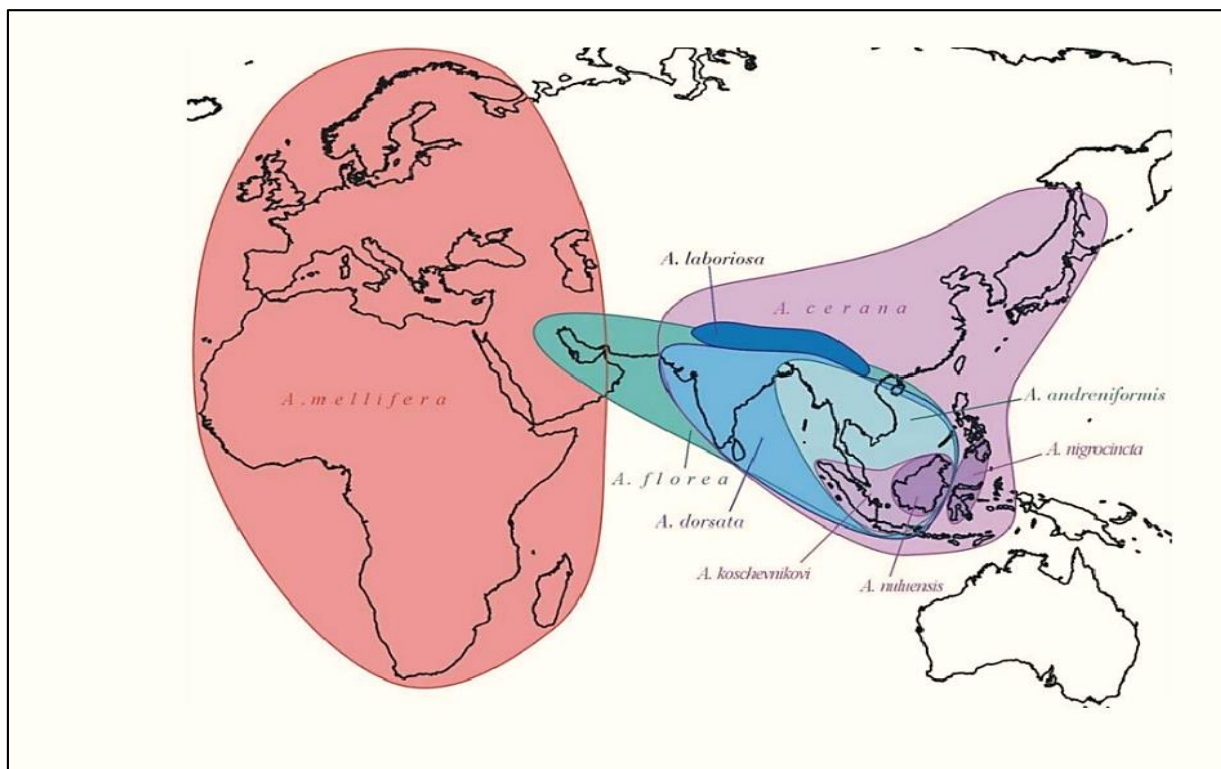
I.2.1 Répartition géographique des abeilles

I.2.1.1 Dans le monde

L'aire de répartition d'*Apis mellifera* recouvre l'Europe, l'Afrique et le proche orient, actuellement, elle est présente dans le monde entier (**Bertrand, 2013**). Les autres espèces d'*Apis* sont réparties en Asie en particulier dans le sud-est asiatique sous des climats tropicaux (**Ruttner, 1988**)

Selon, (**Bertrand, 2013**), cette famille se subdivise en 3 sous-groupes : (**Figure 6**)

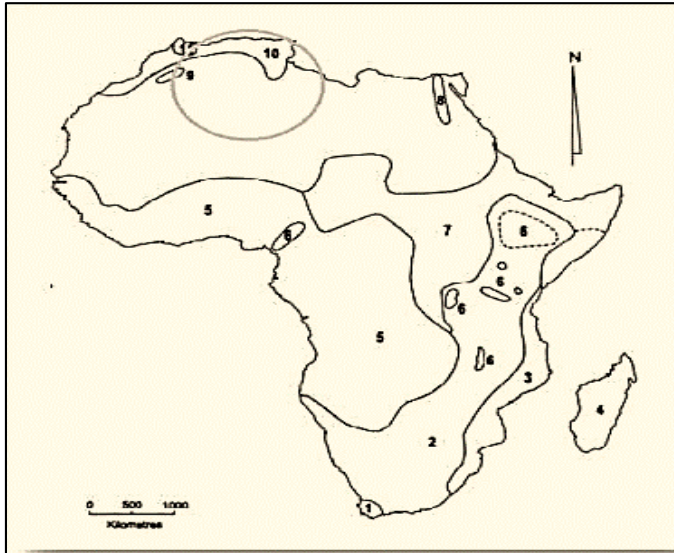
- *Micrapis* (abeilles naines) : *Apis florea*, *A. adreniformis*
- *Megapis* (abeilles géantes) : *A. dorsata*, *A. laboriosa*, *A. nigrocincta* et *A. indica*
- *Apis* (abeilles nichant dans des cavités) : *A. mellifera*, *A. cerana*, *A. koschevnikovi*, *A. nulensis* et *A. breviligulal*



- **Figure 6** : Répartition des espèces du genre *Apis* avant l'intervention humaine (**Franck et al., 2000** et **le Conte et Navajas, 2008**)

I.2.1.2 En Algérie :

répartition d'*Apis mellifera* recouvre tous l'Afrique du nord : (**Figure 7**), Maroc, Tunisie, Algérie (**Barrou et al., 2011**) Précisément, elle est rencontrée au nord du Sahara Algérien (**Adam, 1953 ; Bendjedid et Achou, 2014**), *Apis sahariensis* est localisée au sud d'Algérie (Bechar, Ain Safra...). L'abeille algérienne est représentée en 2 races (**Figure 8**) : *Apis mellifera intermissa* est également connue sous le nom d'abeilles tellienne (**Ruttner , 1968**) et *Apis sahariensis* (**Haccour, 1960**).



• **Figure 7** : Distribution géographique des races d'abeilles mellifères selon **Ruttner (1988)** avec légères modifications selon **Ruttner (1992)** (in **Hepburn et Radloff, 1998**).

1. *A.m.capensis* ; 2. *A.m.scutellata* ;
3. *A.m.litorea* ; 4. *A.m.unicolor* ;
5. *A.m.adansonii* ; 6. *A.m.monticola* ;
7. *A.m.jemenitica* ; 8. *A.m.lamarkii* ;
9. *A.m.sahariensis* ; 10. *A.m.intermissa* ;
11. *A.m.majo*



• **Figure 8** : *Apis mellifera intermissa*. (**Ruttner, 1998**)

I.3 L'anatomie de l'abeille

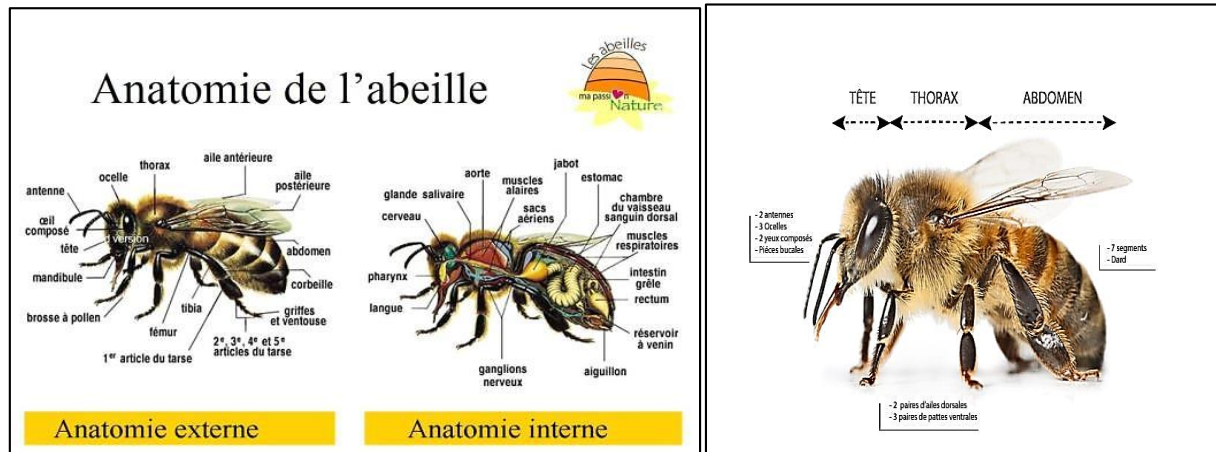
I.3.1 La morphologie d'*Apis mellifera*

L'abeille domestique *Apis mellifera* est un insecte qui possède 2 paires d'ailes membraneuses couplées par des crochets, des structures buccales de type broyeur - lécheur qui servent à la collecte du nectar et de pollen, et par la présence d'une corbeille qui accumule le pollen aux 2 pattes postérieures. (**Figure 9**)

- **La tête** a pour fonction d'ingérer et digérer partiellement la nourriture au moyen des glandes associées.
- **Le thorax** est constitué de 3 segments thoraciques, il porte les éléments locomoteurs de l'abeille.

- **L'abdomen** est constitué de 7 segments visibles reliés entre eux par une membrane inter - segmentaire. Il est constitué du système respiratoire trachéen, du système digestif, système circulatoire et du système reproducteur (**winston, 1993**).

Le corps de l'abeille est recouvert d'une peau protectrice : exosquelette, cette peau est plus dure dans les zones centrales, plus molle entre les segments (**Biri, 2010**).



• **Figure 9** : L'anatomie d'*Apis mellifera* (**Hennebelle, 2010**)

I.4 Composition et structure de la colonie

Les abeilles vivent dans les ruches en colonie elle forme une société extrêmement organisée chaque colonie comprend :

- Un ensemble composé de la population adulte ou caste : une seule reine, plusieurs milliers d'ouvrières, et quelques centaines de faux bourdons ou les mâles (**Dade, 1994**).
- Du couvain est l'ensemble des formes immatures d'abeilles pendant son développement (œufs, larves et nymphes) (**Affsa, 2009**), on distingue (**Figure 10**) :
 - Un couvain ouvert est composé : des œufs, et des larves, avec une durée de vie de 3 et 5 jours pour chaque caste.
 - Un couvain operculé représente le stade nymphal, les alvéoles abritent les nymphes qui sont recouvertes d'une fine couche de cire fabriquée par les ouvrières cirières, la durée de ce stade varie selon la caste elle dure 7 jours pour la reine, 13 jours pour les ouvrières et 16 jours pour les mâles selon (**Rouibi, 2016**).



- **Figure 10** : Les deux types de couvain d'*Apis mellifera* (couvain operculé et le couvain ouvert) (**Rouibi, 2016**)

➤ Une colonie comprend trois sortes d'abeilles adultes qui sont :

- **La reine ou la mère :**

C'est la seule femelle fertile dans la ruche (**Boussila, 2011**), (**Figure 11**), qui est indispensable à la vie de la colonie (**Frères et Guillaum, 2011**). Une morphologie qui convient sa mission de reproduction dans la ruche. Elle pond des œufs et organise l'activité de la colonie. Le taux de pontes est d'environ 2500 à 3000 par jours (**Martin *et al.*, 2011**).

Elle mesure en moyenne 16 mm de long, 45 mm de diamètre (**Biri, 2010**), et elle pèse environ 298 mg (**Wendling, 2012**) elle est de couleur brune foncée (**Bellerose, 1883**) facilement reconnaissable par son abdomen et son thorax qui est plus développés que ceux des ouvrières (**Le Conte *et al.*, 1994**). La durée de vie de la reine est environ de quatre à cinq ans, très longue par rapport à celle des ouvrières (**Frères et Guillaum, 2011 ; Fluri, 1994**).

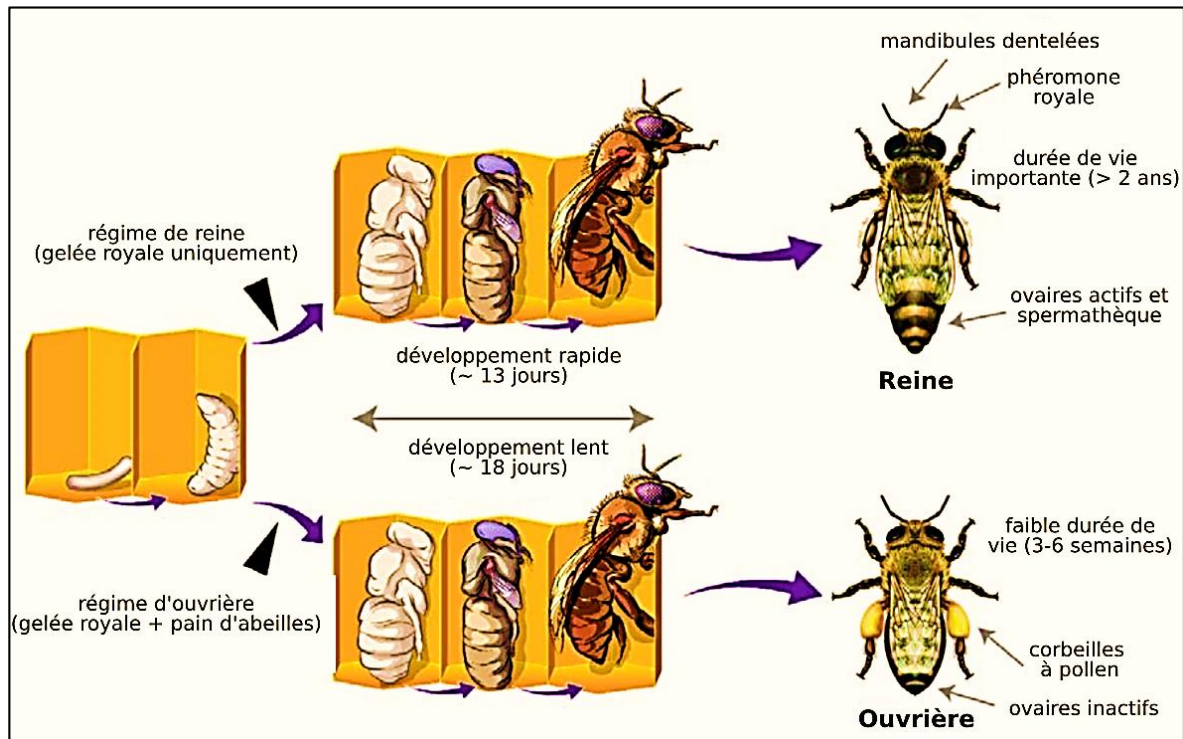
L'œuf de l'ancienne reine doit être nourri exclusivement avec de la gelée royale de haute qualité pour devenir reine, le temps de croissance, c'est-à-dire du moment où l'œuf est pondu jusqu'à la durée de vie d'une reine est de 16 jours. Le rôle de la reine n'est pas seulement la reproduction mais aussi elle a un rôle de réguler les activités de la colonie par la sécrétion des phéromones (**Biri, 2010 ; Vandame, 1996**).



- **Figure 11** : La reine d'abeille (**Gàbor, 2023**)

▪ Les ouvrières (femelles non reproductives)

Les ouvrières représentent la très grande majorité de la population. Elles sont plus petites que la reine, mesurent entre 10 et 12 mm de long avec un diamètre de 4 mm et pèsent entre 81 et 151 mg (**Figure 12**). Dès leurs naissances, elles réalisent une série des tâches (**Tableau 1**) dont la séquence est une partie intégrante de l'organisation sociale de la colonie. Elles occuperont de plusieurs rôles : la récolte du pollen, le nettoyage de la ruche, soins du couvain, production de cire, Construction des rayons, butinage et défense de la ruche.



- **Figure 12** : Le développement et la différenciation des abeilles en reine et ouvrière (**Le Conte, 2010**).

Bien que leurs ovaires soient atrophiés, elles peuvent parfois pondre des œufs qui ne donneront naissance qu'à des faux bourdons (**Ravazzi, 1996 ; Le Conte, 2002**). Elles ont une espérance de vie de 15 à 70 jours en été et de 170 à 243 jours en hiver (**Fluri, 1994**).

Tableau 1 : Différentes tâches de l'abeille selon l'âge (Caillas, 1974).

Activités	Age (jours)
Nourrices : nourrissage des larves de moins de 4 jours	3 - 11
nourrissage des larves de plus de 4 jours	6 - 11
Magasinières : réception du nectar des butineuses par trophallaxie.	8 – 14
Nettoyeuse : enlever les débris de la ruche.	10 – 23
Architectes : égaliser les bords des cellules et construction des nouvelles alvéoles grâce aux glandes cirières.	2 - 52
Ventileuse : l'aération avec ses ailes pour éviter l'humidité dans la ruche	18
Sentinelles (gardiennes) : protection de la colonie en surveillant l'entrée de la ruche.	12 – 25
Butineuses : récolter la nourriture indispensable pour la colonie par exemple : le pollen, le nectar et l'eau.	21 - 42

- **Le mâle (faux bourdon) :**

Les mâles sont plus trapus, peuvent être légèrement plus grands que les ouvrières, mais leurs ailes sont plus petites, en revanche ils ont des yeux plus grands, ne collectent pas de pollen et n'ont pas de dard donc ne piquent pas, ils naissent au printemps, ils sont issus d'œuf non fécondés, la transformation de cette dernière aux faux bourdons se fait 24 jours (**Bouakaz et Tiab, 2012**). Selon **Wendling, (2012)**, ils pèsent entre 196 et 225 mg, tandis que leur longueur varie entre 12 et 14 mm (**Figure 13**). Leur rôle principal est la fécondation de la reine qui a lieu auprès de l'essaimage (**Alphandery, 2002**) et aussi un autre rôle dans la régulation de la température en ventilant et stimule l'activité des ouvrières par sa simple présence. Les faux bourdons sont tués ou expulsés de la ruche, ne sachant pas se nourrir seuls, ils meurent. Au total un mâle adulte vit au maximum 4 à 6 semaines.

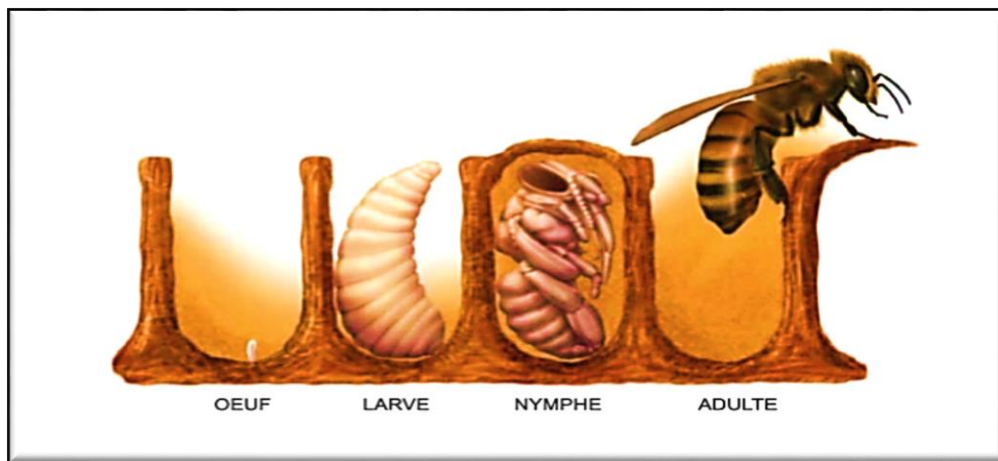


- **Figure 13** : Le faux bourdon (le mâle) (**Originale, 2024**)

I.5 Le cycle biologique de développement d'abeille (*Apis mellifera*)

Peu après sa naissance, une reine accomplit son vol nuptial, pendant ce vol la reine est fertilisée par plusieurs faux bourdons fictifs pour enrichir sa réserve de sperme, cela lui donne la possibilité de pondre tout au long de sa vie sans avoir à sortir, après l'élection de la reine fécondée, elle dirige vers le centrale à l'intérieur d'un rayon dans la ruche et choisit une position au milieu, à partir de là elle pourra commencer à produire des œufs ; un œuf dans chaque alvéole en suivant un mouvement circulaire qui part de centre vers la périphérie (**Prost, 2005 ; Von Frisch, 1950**).

Il y a plusieurs stades de développements dès que l'œuf est pondu qui sont les suivant (**Figure 14**) : le stade de l'œuf, le stade larvaire, le stade nymphal, et ensuite la formation d'une abeille adulte (**Von Frisch, 1950**).



• **Figure 14** : La métamorphose de l'abeille (**Von Frisch, 1950**)

- **L'œuf** : la phase initiale est caractérisée par la présence de l'œuf blanc cylindrique, mesurant entre 1,3 et 1,8 mm et pesant entre 0,12 et 0,22 mg, (**Figure 15**) subit un processus de développement de trois jours alimenté uniquement par la vitelline qu'il contient. Au début du processus de développement, l'œuf est positionné verticalement à l'intérieur de la cellule, formant un angle droit avec le fond de la cellule. Au fil du temps, il se pliera et s'inclinera progressivement jusqu'à atteindre sa position finale. Après trois jours, la membrane cellulaire se dissout, la faisant s'allonger et se plier vers le bas La larve au stade L1, pesant environ 0,1 mg, est produite pendant le processus de mise bas (**Alberti et Hänel, 1986 ; Winston, 1993**).



- **Figure 15** : Le premier stade de l'œuf (Winston, 1993)

- **La larve** : Lorsque les larves L1 éclosent, elles sont initialement recouvertes d'une petite quantité de gelée royale (**Figure 16**), c'est blanc, divisé, incliné et dépourvu des yeux. Durant sa croissance, la larve dévorera toute la nourriture distribuée par des nourrices qui n'ont jamais déféqué afin de maintenir la stabilité microbienne de leur alimentation (**Webster et Peng, 1988**). Les larves augmenteront leur masse d'environ 1 500 en 5,5 jours et ce qui est très important, elle a pu le faire quatre fois (**Rembold et al., 1980**). Les ouvriers s'imprèneront de gelée royale pendant deux heures, soit les 3 premiers jours, puis tout le stade larvaire, un mélange de miel et de pollen appelé bouillie larvaire. Ces différents aliments contiennent entre 60 % et 80 % des sécrétions des glandes hyopharyngiennes et 20 à 40 % des sécrétions des glandes mandibulaires (gelée royale) (**Sammataro et Avitabile, 1998**).

De plus, ils produisent de la soie, ainsi que du pollen et du miel. A la fin de la phase larvaire, leur poids moyen est compris entre 140 et 165 mg, ces changements sont dus aux aléas environnementaux, aux réserves disponibles et différences entre les espèces d'abeilles. Une fois que les larves au stade L5 ont consommé toute la nourriture, les ouvrières operculées les cellules avec des bouchons de cire et les larves entrent au stade LS (larve spinning) en se dressant et en formant des cocons. Pour ce faire, elle bougeait la tête de droite à gauche tout en abaissant la soie sur l'alvéole en cire grâce à ses glandes séricigènes et tournent 5 fois dans les cellules, il s'agit alors de larve LS (spin) défèquent pour la première fois entre différentes couches de soie (**Jay, 1964**). Après le tissage de cocon, les larves s'arrêtent et entrent dans le stade pré-nymphal, la cinquième mue est observée avant le passage au stade nymphal (**Jay, 1964**).



- **Figure 16** : Le deuxième stade larvaire (Jay, 1964).

- **La nymphe** : A ce stade, (**Figure 17**) tous les organes sont actifs et mise en place, le thorax, l'abdomen et Les ailes et les pattes sont formées. Il y a aussi la création des organes sensitif, les antennes, les yeux et le cerveau, les mandibules sont construites de plus, cela facilitera de désoperculer l'alvéole ainsi de libérer l'abeille pour sortir, cette étape c'est la période pendant laquelle la transformation en un individu mature, il dure environ 8 à 9 jours pour les ouvrières et les faux bourdons, 4 à 5 jours pour la reine. Il est suivi de la 6^{ème} et dernier mue appelée mue imaginale qui va transformée la nymphe au stade adulte (**Winston, 1993**)

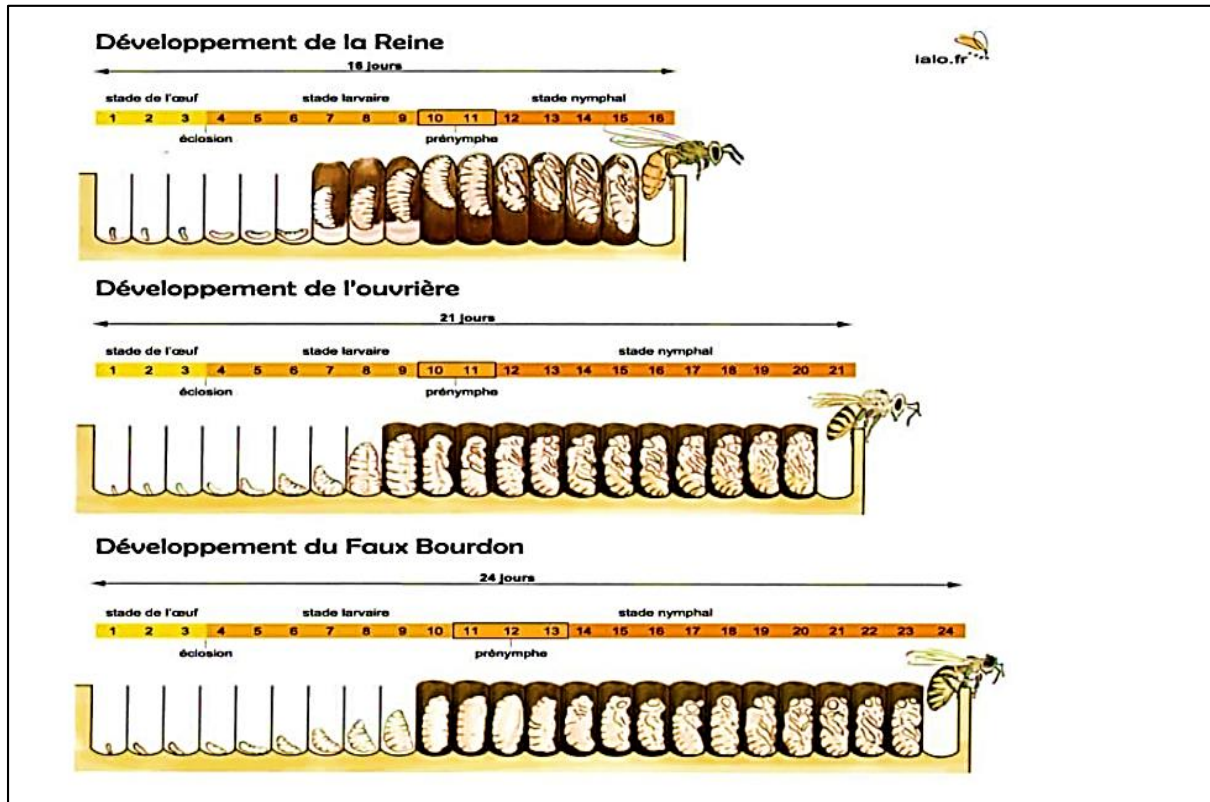


- **Figure 17** : Le troisième stade Nymphal (**Winston, 1993**)

- **Adulte naissant** : le dernier et quatrième stade appelée aussi un imago ce qui signifie l'insecte définitif (**Medori et Colin, 1982**). Il détruit l'opercule avec ses mandibules afin de sortir de la cellule (**Figure 18**) (**Pedigo, 2002**).



- **Figure 18** : L'abeille adulte (**Pedigo, 2002**)

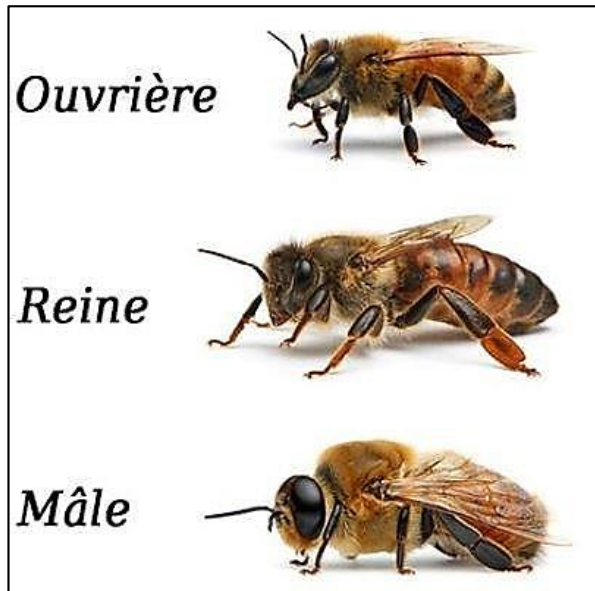


- **Figure 19** : Le développement, depuis la ponte de l'œuf jusqu'à l'émergence : de la reine, d'ouvrière et du faux bourdon d'*Apis mellifera* (Le Conte, 2011)

I.5.1 La détermination des castes

Le choix du sexe mâle ou femelle est associé à la fécondation de l'œuf pondu (**Figure 19**). Les pattes antérieures de la reine permettent de reconnaître les différents types de cellules, qu'elles soient mâles ou femelles (**Winston, 1993**) et elles pondent en conséquence, si la cellule est une femelle (reine ou ouvrière), après avoir contracté sa spermathèque, elle donne naissance à un œuf diploïde ($2n=32$), au contraire, quand une alvéole de faux-bourdon est plus large, elle ne se contracte pas et ne perd pas sa spermathèque, un œuf haploïde ($n=16$) sera pondu et donnera naissance à un mâle (**Adam, 2010**).

Selon **Bruneau, (2006)**, l'alimentation et l'hormone juvénile jouent un rôle essentiel dans l'évolution des castes à partir d'une même larve. Et d'après **Le Conte, (2002)**, la quantité et la qualité des aliments fournis aux larves semblent être les éléments clés, pendant toute leur vie larvaire ; les larves de la reine sont exclusivement nourries de gelée royale, contrairement aux larves d'ouvrière et les larves de mâle qui reçoivent une nourriture composée plus de miel et de pollen et moins de gelée royale au fur à mesure, au fil de leur croissance (**Figure 20**).



- **Figure 20** : Les trois différentes castes dans une colonie (**Joligart, 1996**)

I.5.2 Thermorégulation

On peut affirmer que la colonie est homéotherme, avec une température du couvain variant de 32° à 34°C, avant que les ouvrières ne commencent à éliminer les larves mourantes elles augmentent la température du couvain ce qui suggère une évolution de détection précoce (pré-symptomatique) de l'infection par le champignon (**Stark et al., 2000**)

Les abeilles mellifères peuvent former une boule autour de l'agresseur en le maintenant au centre de celles-ci, dans cas d'agression par les frelons prédateurs d'abeilles (*Vespa simillima xanthopetra*) (**Cameron, 1903**), la température au cœur de la boule monte à 44°C, tandis qu'en parallèle, une température de 45.5°C a été mesurée dans le thorax du frelon ce qui conduit à la mort de ce dernier, trois phases dans la séquence de gestion de la température qui sont : augmentation de la T° rapide, maintien de la T° (phase plateau) et enfin la dernière phase un retour à la normale très rapide (**Hosono et al., 2017**).

I.6 La communication entre les abeilles

Le concept de communication sociale chez l'abeille désigne les échanges de signaux entre les membres d'une même colonie.

Deux modes de communication sont généralement distingués, l'un basé sur les signaux chimiques (les phéromones), et l'autre sur les signaux vibratoires (les danses).

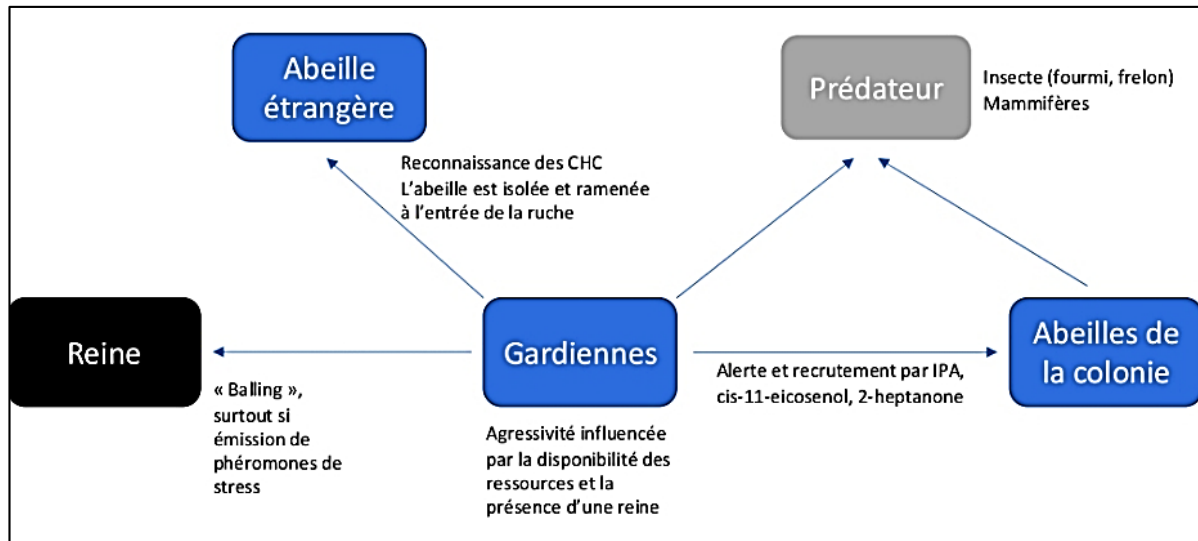
Selon **Le Conte, (2002)**, les signaux chimiques, les phéromones incitatrices et modificatrices des réponses physiologiques des abeilles et de leurs comportements, restent la communication la plus étonnante et complexe. Il est facile de constater leurs conséquences pour certaines :

- la phéromone de Nasanov encourage une activité d'appel lors de l'ouverture d'une ruche ou lors de l'essaimage, garantissant ainsi la cohésion de l'essaim en vol.
- les gardiennes libèrent une phéromone d'alarme qui permet de recruter des soldats pour renforcer leurs rangs en cas de danger. Le comportement des gardiennes (**Figure 21**), qui vérifient constamment l'identité des abeilles entrant dans la ruche, permet de détecter la phéromone de reconnaissance des apparentés qui est constituée de composés cuticulaires spécifiques à chaque colonie.
- la cohésion de la colonie est favorisée par les phéromones royales telles que les phéromones mandibulaires de la reine, qui favorisent la production de la cire et la formation des alvéoles d'ouvrières.
- les ouvrières manipulent chimiquement les phéromones de couvain, qui sont produits par les glandes salivaires des larves, afin de reconnaître l'âge des larves, leur caste et leur besoin de nourriture.
- les phéromones présentes dans les butineuses, comme l'oléate d'éthyle, retardent l'éveil des nourrices, un des composés de l'hémolymphe des jeunes abeilles, l'hormone juvénile, est responsable du développement comportemental des ouvrières adultes.



• **Figure 21** : Abeilles gardiennes et ventileuses (**Charpentier, 2013**)

La défense pour la ruche nécessite une intégration multifactorielle complexe avec des signaux Olfactifs visuels et mécano-sensoriels qui restent encore parfois méconnus à ce jour (**Figure 22**) récapitule les principaux moyens de communication pour la défense chez *Apis mellifera*.



- **Figure 22** : La communication pour la défense de la ruche. (Le Conte, 2002)

1.7 Les produits majeurs de la ruche

Les produits issus des abeilles occupent une position privilégiée, certains depuis l'antiquité, tels que le miel, la cire et la propolis, tandis que d'autres, depuis un demi-siècle, comme le pollen, le venin et la gelée royale

1/ le miel

Il s'agit d'une substance sucrée naturelle issue du nectar des plantes, des sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou des excréments laissés sur celle-ci par les insectes suceurs.

Elles les butinent et les transforment en les combinant avec des matières spécifiques propres, les déposent, les déshydratent et les reposent dans les rayons de la ruche, il est possible que cette dernière soit fluide, épaisse ou cristallisée (Codex, 2001).

2/ la propolis

Aussi connue sous le nom de trésor de la ruche, c'est une substance résineuse, gommeuse, balsamique de couleur variable, collectée par les abeilles sur l'écorce et les bourgeons de certaines plantes et arbres, à laquelle elles ajoutent leurs propres sécrétions (salivaires et cire) (Sauvager, 2014).

3/ la gelée royale :

Également connu sous le nom de lait maternel de l'abeille, elle présente des caractéristiques particulières telles que sa couleur blanchâtre, son odeur typique du phénol et son goût gélatineux visqueux. Elle est produite par des glandes hypopharyngiennes situées dans la tête

des abeilles nourricières. Seule la reine peut en manger toute sa vie, les autres abeilles n'en reçoivent que les trois premiers jours de leurs vie (**Khenfer et al., 2001**).

4/ le pollen

Il s'agit d'un composé issu des cellules reproductrices des végétaux sexués que les abeilles collectent à l'intérieur des fleurs. Ces cellules sont mélangées du nectar ou aux sécrétions des glandes salivaires des insectes puis elles les transportent vers la ruche. Le pollen revêt une importance particulière pour le couvain c'est l'unique nourriture des larves ce qui les conduits à l'état adultes.

5/ la cire

Une masse grasse jaunâtre produite par les glandes cirières des abeilles ouvrières. Il s'agit d'un matériau utilisé pour édifier les rayons de la ruche pour y conserver le miel le pollen et leur couvain.

6/ le venin

Le venin, qui est produit par les glandes acides et basiques caudales des abeilles ouvrières et de la reine, est un liquide à forte odeur constitué d'un mélange actif de protéine. Pour l'abeille, le venin joue un rôle de protection du territoire et de la colonisation, en particulier face à des rivaux, il se libère via la piqûre et il engendre une réaction inflammatoire.

Selon **Blanc, (2010)**, l'abeille est le point commun entre le miel, la gelée royale, le venin, le pollen et la propolis. C'est l'actrice principale de l'api-thérapie, terme désigne l'emploi de ces produits de la ruche à des fins médicinales.

La composition de ces produits est très variée et change suivant l'origine des différents intervenants de leur fabrication (fleurs butinées, influence de l'environnement ...). En effet, ceux-ci possèdent certaines propriétés anti inflammatoire, anti bactérienne, antivirale, antifongiques, antalgiques, cicatrisantes. Ainsi ces produits, présentent une certaine richesse en composants recherchés en thérapeutique humaine.

Toutefois, malgré leurs propriétés connues depuis plusieurs millénaires les produits de la ruche n'ont fait que trop peu l'objet d'études scientifiques visant à confirmer leurs vertus thérapeutiques.

I.8 Importance des abeilles ; lien entre écologie et économie :

Les abeilles ont progressivement tenu un rôle indispensable dans l'équilibre des écosystèmes et également dans les diverses phases de la vie de nombreuses espèces végétales et animales, elles sont un maillon essentiel de la biodiversité.

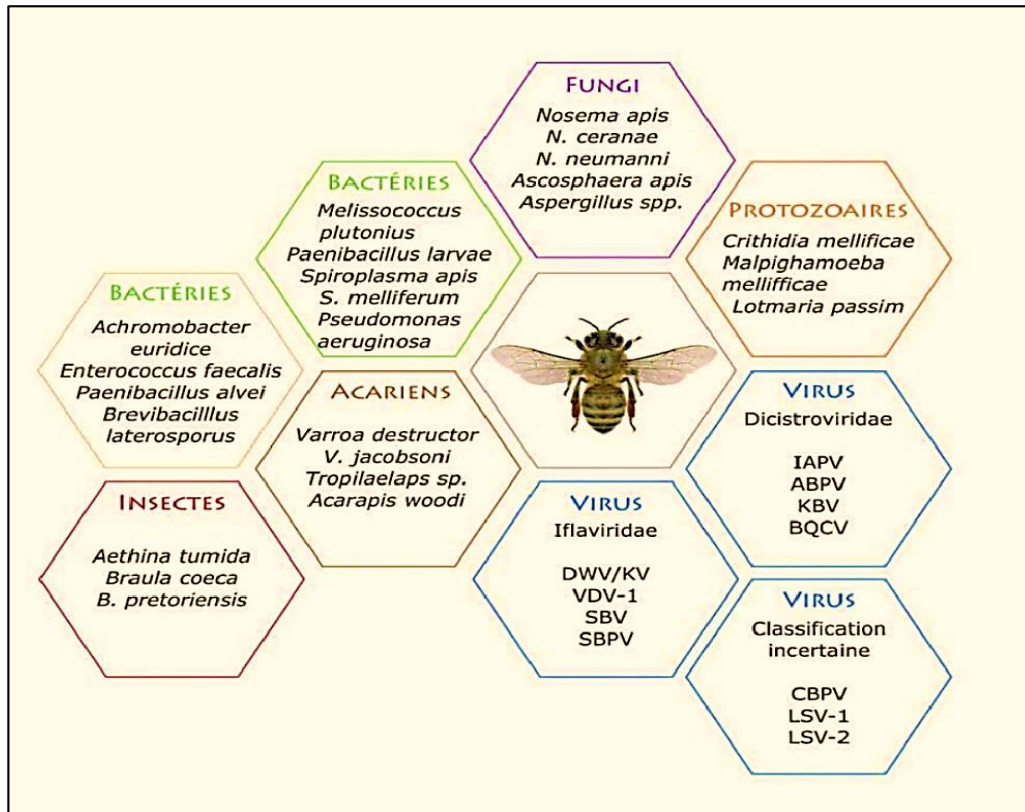
- **Sur le plan économique**, l'abeille présente une valeur primordiale totale probablement élevée : la valeur marchande qui correspond à la production du miel et des cultures (**Decourteye et al., 2010**), celle-ci est estimée à plusieurs milliards de dollar en fonction des différents pays (**Potts et al., 2016**).

- **Sur le plan écologique**, l'abeille est connue par ses services de pollinisation, par la pollinisation, elle assure la fécondation des plantes à fleurs et permet la formation des fruits. Ce processus présente à la fois une importance économique en agriculture mais également un enjeu écologique pour le maintien des écosystèmes (**Potts et al., 2016**). On estime que 35% de la production agricole globale et que 3/4 des plantes qui produisent 90% de la nourriture mondiale dépendent de la pollinisation, elle joue un rôle dans le maintien de la diversité génétique (**Anderson et al., 2011 ; Krupke et al., 2012**).

Elles ont aussi un rôle de bio indicateur ; Une abeille (*Apis mellifera*) sur une fleur est un bon bio-indicateur pour l'environnement, la présence d'abeille indique un écosystème plutôt sain et le rôle le plus important est dans la lutte contre le réchauffement climatique : si le déclin des pollinisateurs se poursuit, cela pourrait déclencher une cascade accentuant le réchauffement climatique. Par ailleurs, il n'y a pas que les fleurs herbacées qui tirent un profit de la pollinisation, c'est également le cas des espèces ligneuses, ainsi, la plupart des arbres ont besoin d'être pollinisés pour se reproduire. S'ils venaient à disparaître, la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère pourrait augmenter avec toutes les conséquences qu'on imagine. L'instabilité du sol et le recyclage des nutriments pourraient aussi être impactés (**Catays, 2016**).

I.9 Les maladies d'abeille domestique

Un large éventail des maladies et d'organismes nuisibles peuvent affecter l'abeille domestique et nuire à son développement ou à la productivité des colonies, ces dangers sont très variés, ils peuvent être due aux bactéries, aux protozoaires, aux champignons, aux arthropodes, aux virus, aux bien encore à plusieurs ennemis (**Figure 23**).



• **Figure 23** : Représentation de la pathosphère de l'abeille mellifère (Evans et Schwarz, 2011)

- Les maladies de l'abeille sont regroupées en trois catégories :
 - Les maladies des abeilles adultes ;
 - Les maladies du couvain ;
 - Les maladies des abeilles adultes et du couvain.

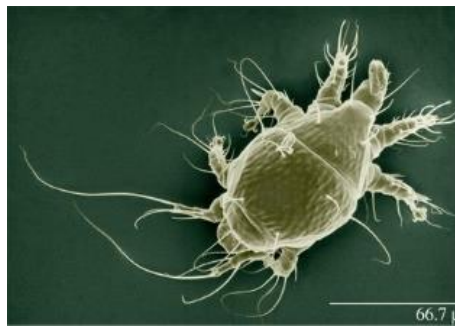
I.9.1 Les maladies d'abeille adulte

Les maladies des abeilles adultes les plus dangereuses sont l'acariose des trachées et la Nosébose.

I.9.1.1 L'acariose des trachées

L'acariose des trachées, comme son nom l'indique, est une maladie parasitaire qui touche le système respiratoire de l'abeille domestique *Apis mellifera* et de l'abeille asiatique *Apis cerana*, due à l'acarien *Acarapis woodi* (Alizée, 2014). Il pénètre dans les trachées des jeunes abeilles à travers les stigmates qui se trouvent dans le prothorax. Cet acarien (**Figure 24**) provoque des troubles physiologiques graves telles que l'obstruction des trachées et la dégénérescence des muscles (Biri, 2010).

Les abeilles atteintes présentent des ailes écartées en position asymétrique et deviennent rampantes et incapables de voler. De ce fait, les colonies peuvent dépérir au printemps (Charrière *et al.*, 2012).



- **Figure 24** : L'acariose des trachées sous le microscope (Ochoa *et al.*, 2005)

I.9.1.2 La nosémosse

Est une maladie parasitaire des abeilles adultes. Elle est due à un protozoaire, *Nosema apis*, qui se développe dans le tube digestif de l'abeille au niveau de l'intestin moyen (Barbangon, 2003). A l'évidence, cette maladie touche les trois castes d'abeille, elle affecte uniquement l'abeille adulte en infectant les cellules épithéliales de leurs ventricules (Bailey, 1955), provoquent ainsi des diarrhées (**Figure 25**), des mortalités et d'affaiblissements importants de beaucoup de colonies d'abeilles (Schein, 2011).

Les symptômes de la nosémosse se manifestent relativement tard après l'infestation, on peut observer :

- Des déjections claires à foncées sur la façade de la ruche.
- Des abeilles traînantes et accrochées aux brins d'herbe.
- Une activité réduite de la colonie, et la disparition des adultes.

- L'intestin de l'abeille saine est normalement foncé, dans le cas de nosérose, il devient très clair.
- La reine, infestée, cesse de pondre.
- Des traces de diarrhées sont observées dans la ruche (Adam, 2012).
- Les abeilles rampant devant la ruche.



• **Figure 25** : La nosérose (Adam, 2012)

I.9.2 Les maladies du couvain

Parmi les maladies du couvain d'origine bactérienne on distingue : la loque américaine et la loque européenne se sont des maladies très contagieuses qui mettent en danger la survie de la colonie.

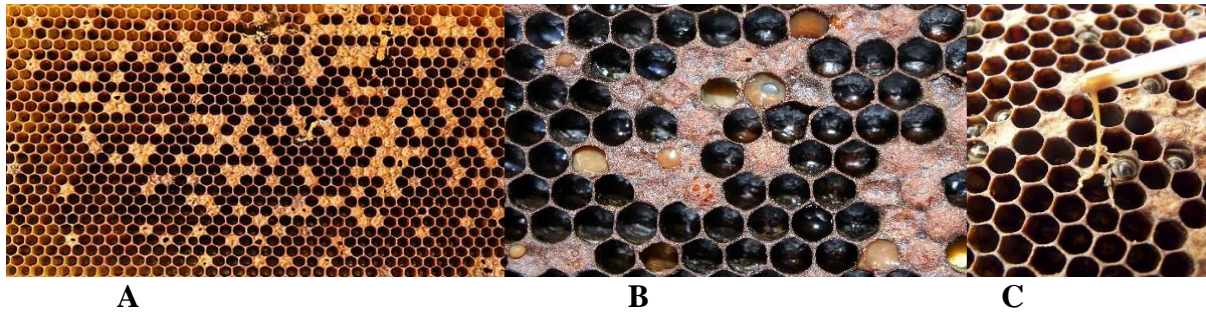
I.9.2.1 La loque américaine :

Maladie très redoutable et très répandue qui affecte le couvain (larves). Elle est provoquée par *Bacillus larvae White*, qui engendre des spores, les larves sont contaminées par voie orale dès que les ouvrières leur régurgitent du miel contenant des spores de *Bacillus larvae*, la maladie touche surtout le couvain operculé ; en cas d'infection très grave, les larves des cellules désoperculées, les nymphes et, exceptionnellement, les larves de faux bourdons sont atteintes (Biri, 2010).

D'après Binon et Defays, (2006), les symptômes (Figure 26) sont :

- Couvain en mosaïque avec des cadres qui semblent humides ou gras.
- Les opercules d'une couleur différente des voisins, sont concaves, déprimés ou troués et semblent humides ou gras ;
- La colonie s'affaiblit ;

- Le couvain dégage une mauvaise odeur ;
- Larves mortes, de couleur brunâtre, transformée en masse visqueuse



- **Figure 26** : A ; Couvain en mosaïque, B ; larves noires, mortes, C ; test d'allumette (bouillie marron) (Faucon et Fleche-Seban, 1988)

I.9.2.2 La loque européenne

C'est une maladie contagieuse du couvain ouvert, moins dangereuse que la loque américaine, causée par une association de plusieurs agents infectieux d'origine bactérienne, l'agent principal étant *Melissococcus pluton* et les agents secondaires les plus fréquents étant : *Paenibacillusalvei*, *Paenibacillusapiari*, *Lactobacillus eurydiceet* *Enterococcus faecali*

Les symptômes d'après **Binon et Defays, (2006)** (**Figure 27**) sont :

- Couvain en mosaïque ;
- Les Larves prennent une couleur anormale (jaune à gris brun), et une position anormale redressée, deviennent fragiles, et meurent généralement avant l'operculation ;
- Larves et écailles non adhérentes sont facilement évacuées par les abeilles ;
- Les écailles loqueuses se détachent très facilement.



- **Figure 27** : Larves infectées par la loque européenne à divers stades et différentes apparences. (Chauzat et Faucon, 2008)

I.9.2.3 La maladie du couvain plâtré

Nommé aussi couvain calcifié, couvain momifié ou ascosphérose. Il s'agit d'une maladie du couvain due à un champignon *Ascospheera apis*, ses spores infectent le couvain ou pénètrent dans les larves à travers la cuticule (**Figure 28**).

Le mycélium entre en compétition pour la nourriture avec les larves, et ils les couvrent d'un feutrage blanc (**Adam, 2012**), la larve morte se dessèche et devient dure comme du plâtre : Elle est appelée « momie » plus tard (**Figure 28**) la larve prendra la couleur noire (**Fernandez et Coinneau, 2007**). Toutes les castes de la colonie peuvent être atteintes.

Selon **Ballis (2016)**, les symptômes sont :

- Larves momifiées au fond de la ruche.
- Momies blanches ou noires dans le couvain operculé ;
- Bruit de grelot lorsqu'on secoue un cadre de couvain atteint ;
- Couvain irrégulier, operculé, en mosaïques ;
- Larves ou nymphes sorties par les abeilles devant le trou de vol ;
- Larves droites dans un alvéole désoperculé ;
- Colonie faible, plus ou moins dépeuplée.



A



B



C

- **Figure 28** : **A** ; couvain mosaïque, **B** ; filaments mycéliens entourent les larves **C** ; la transformation des larves détruites en larve momifiées. (**Fernandez et Coinneau, 2007**)

I.9.3 Les maladies d'abeille adulte et du couvain

Les abeilles adultes et le couvain peuvent être atteints de maladie commune comme :

I.9.3.1 L'aspergillose : Les spores de l'aspergillose sont transmises par l'alimentation.

La présence du champignon *Aspergillus flavus* est responsable de sa propagation sur les larves, les pupes et même les abeilles adultes. La différence avec l'ascosphérose réside dans la couleur des larves, elle est de couleur verdâtre (**Faucon, 1992**).

I.9.3.2 Les viroses : Il semble que certains virus soient liés aux varroas, tels que le *DWV* (virus des ailes difformes) (**Borneck, 1991**). La paralysie chronique, également connue sous le nom de maladie noire, est causée par la prolifération du *CPV* (Chrome Paralysis Virus) dans le tissu nerveux et l'intestin (**Barbangon, 2003**).

I.9.3.3 La varroase : Le varroa (ou varrose) est une maladie redoutable de l'abeille domestique *d'Apis mellifera* elle est due à un acarien hématophage nommé *Varroa destructor*. Cette maladie sera détaillée dans le prochain chapitre.

I.10 Les ennemis de l'abeille domestique

Un certain nombre d'insectes et d'autres animaux nuisibles peuvent agir en tant que prédateurs (**Tableau 2**), ces derniers se nourrissent de larves ou d'abeilles adultes, de miel, de pollen, de plus, certains mammifères tels que les souris, les rats laveurs et les ours peuvent piller les ruches en quête de nourriture et ainsi causer des dégâts considérables aux colonies (**Boucher et al., 2011**).

Tableau 2 : Les principaux ennemis des abeilles (**Barbangon, 2002**)

Classe	Ordre et espèces	Action
Oiseaux	Passeriforme (hirondelle, mésange et le guêpier ...)	Chassent les abeilles
Reptiles	Sauriens (le lézard des murailles et lézard vert)	Chasse les insectes autour de la ruche
Insectes	Coléoptères (cétoines)	Se nourrit de miel
	Hyménoptères (guêpes, le frelon, les philantes apivores, fourmis)	Chasse les abeilles, ils attaquent le couvain et les provisions
	Lépidoptères (la fausse teigne)	Nourrit de bois, cire, pollen

I.11 Défense de la colonie d'abeilles face aux agents pathogènes

Divers éléments, à la fois au niveau individuel et au niveau de la colonie, contribueront à la protection de la colonie d'abeilles contre les agents pathogènes :

▪ Une défense comportementale :

Boecking et Spivak, (1999), ont observé le comportement de nettoyage des alvéoles assidu par les ouvrières. Il a été observé qu'un faible pourcentage (1 à 2 %) des abeilles ouvrières au sein des colonies se consacre à l'élimination des abeilles malades et des cadavres à l'extérieur de la ruche, (**Vischer, 1983**).

- De plus, des comportements d'auto-épouillage et d'allo-épouillage ont été notés par (**Fries et Camazine, 2001**).

▪ Une protection morphologique :

- La cuticule chitineuse agit comme une barrière protectrice séparant les environnements externe et interne (**Boecking et Spivak, 1999**).

- il existe une couche externe cireuse qui joue un rôle essentiel dans la prévention de l'évaporation de l'eau.

- la valve ventriculaire possède la capacité de filtrer les spores ingérées.

▪ Une protection physiologique :

- Plusieurs facteurs contribuent aux mécanismes de défense efficaces des colonies d'abeilles, notamment l'utilisation de substances antibactériennes comme la cire, la propolis et le miel (**Fries et Camazine, 2001**) ;

- remplacement rapide des individus en mauvaise santé en raison de leur courte espérance de vie (**Boecking et Spivak, 1999**) ;

- la capacité de provoquer une « fièvre » au sein de la colonie en réponse à une infection par des agents pathogènes (**Starks et al., 2000**).

▪ Une protection immunitaire :

Les insectes ont un système immunitaire préprogrammé qui permet une réponse chimique et cellulaire qui est régulés par de nombreux gènes. La réponse immunitaire est mesurée par suite à la libération de gènes impliqués dans l'immunité (ex. Phénol-oxydase, niveaux de glucose

déshydrogénase, de glucose oxydase, de lysozyme et de mangeurs). peptides dotés de propriétés antimicrobiennes (par exemple, l'abaécine, la défensine, l'apidaécine et l'hyménoptaïcine). le nombre de marqueurs liés à l'immunité augmente avec le temps en raison de l'évolution de méthodes de biologie moléculaire (Yang et Cox-Foster, 2005 ; Evans, 2006 ; Di Prisco et al., 2011).

I.12 Les facteurs influençant les pertes des colonies

I.12.1 Les facteurs environnementaux

L'influence de l'environnement sur l'abeille domestique est liée à deux facteurs : les ressources alimentaires et le climat. Toutefois, les conditions météorologiques défavorables (froid et pluie), empêchent les abeilles de sortir pour accumuler de la nourriture alors qu'elles doivent faire des réserves, comme ils provoquent la dégradation de l'environnement qui conduira un manque de disponibilité en plantes à pollen qui provoquera l'affaiblissement de la biodiversité et peuvent avoir pour conséquences une carence des abeilles en acides aminés. Or, les carences alimentaires augmentent la sensibilité des abeilles aux insecticides (Wahl et Ulm, 1983) et aux maladies (Fries, 1995). Au moment des grosses chaleurs elles vont récolter de l'eau et ventiler la colonie. Une modification du climat aura donc un impact direct sur le comportement des abeilles, et une influence sur leur cycle de développement.

I.12.2 L'homme et ces pratiques :

- **Pratique apicole :** la gestion zootechnique des ruches (nourrissement transhumances, préparation et gestion de l'hivernage) et la gestion du matériel apicole sont des éléments clés de l'équilibre sanitaire (Dawson, 1994).
- **Pratique agricole :** comme les abeilles sont des insectes pollinisateurs, de ce fait elles sont sensibles aux pesticides utilisés sur les cultures. La toxicité des pesticides est un sujet réel mais malheureusement très controversé (Weibull et al., 2003 ; Todd et al., 2007).
- **Pollution génétique :** Certaines pratiques apicoles s'opposent aux forces exercées par la sélection naturelle qui tendent plutôt à différencier les populations et favorisent leur homogénéisation. Ainsi, les importations des reines de variété étrangères et la transhumance accélèrent de manière artificielle les flux de gènes (Malone et al., 1998).

I. 14 Evolution sanitaire des colonies d'abeilles

1 / En Algérie :

Les apiculteurs constatent depuis plusieurs années des pertes dans leurs ruchers en Algérie. Il n'existe pas encore des données exactes sur ce sujet. Facteurs contribuant à ces décès.

En Algérie, cinq maladies des abeilles figurent dans la liste des maladies animales à déclaration obligatoire selon **le décret n°95-66 du 15 mars 2006**, avec ses diverses modifications et compléments. Plusieurs maladies ont été identifiées comme faisant partie des menaces les plus graves auxquelles les abeilles peuvent être confrontées, notamment la varroase, la loque (américaine et européenne), la nosérose et l'acariose des abeilles. Cependant, il n'existe aucune information sur le nombre réel de colonies perdues en Algérie.

2/ A Tizi-Ouzou :

La maladie la plus dévastatrice pour l'industrie apicole est la varroase, selon la Direction des Services agricoles (DSA) de la Wilaya de Tizi-Ouzou. Cette pathologie est inscrite sur la liste des maladies à déclaration obligatoire dans la région de Tizi-Ouzou

Chapitre 2

Les huiles essentielles



II

II.1 Généralité

➤ Définition

Essences ou huiles – volatiles, sont des substances odorantes volatiles ou étherées (**Guenther, 1948**), obtenues à partir d'une matière première d'origine végétale (fleurs, bourgeons, graines, feuilles, brindilles, écorce, herbes, bois, fruits et racines) (**Riotte, 2017**), après séparation de la phase aqueuse par des procédés physiques.

Elles sont des mélanges complexes de nombreux composés qui ont des propriétés et des modes d'utilisation particuliers et importants soit par leur qualité odorante soit pour soulager la douleur ou pour leur efficacité physiologiques (**Valnet, 2003**).

➤ Historique

L'utilisation des huiles essentielles sont des fins diverses depuis des millénaires, les plantes aromatiques ont toujours été tenues en haute estime par les thérapeutes du monde entier.

L'histoire des plantes aromatiques et médicinales (P.A.M) est liée à l'évolution des civilisations, l'histoire des peuples montre que ces plantes ont toujours une importance en médecine, dans la composition des parfums et dans les préparations culinaires.

Les premières preuves de fabrication et d'utilisation des huiles essentielles datent de l'an 3000 avant J.C (**Baser et Buchbaue, 2015**). Il semble donc que les huiles essentielles accompagnent la civilisation humaine depuis ses premières genèses.

➤ Selon **Ntezurubanza, (2000)**, l'histoire des huiles essentielles peut se résumer en 4 époques suivantes :

- L'époque au cours de laquelle étaient utilisées des plantes aromatiques telles qu'elles ou sous forme d'infusion ou de décoction ;
- Celle dans laquelle les plantes aromatiques étaient brûlées ou mises à infuser ou macérer dans une huile végétale. A cette époque, intervient la notion d'activité liée à la substance odorante ;
- La troisième correspond à la recherche de l'extraction de cette substance odorante. Il

apparaît le concept " huile essentielle " qui aboutit à la création et au développement de la distillation ;

- La dernière qui est la période moderne dans laquelle les connaissances des composantes des huiles essentielles intervient et explique ces effets physiques, chimiques, biochimiques et physiologiques.

Enfin, les preuves scientifiques de la valeur médicinale des plantes constituent d'ailleurs un argument de taille pour leur usage en médecine, ainsi, l'industrie des plantes médicinales est devenue, en peu de temps, le secrétaire de l'industrie pharmaceutique connaissant la plus forte croissance annuelle, soit 15 à 20 % (Small et Catling, 2000)

II.2 Répartition, localisation et synthèse des huiles essentielles

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Les genres capables d'élaborer les constituants qui les composent sont répartis dans une cinquantaine de familles botanique parmi lesquelles les lamiacées, les astéracées, les Rutacées, les cannelacées, les lauracées, les Myrtacées et les Zingibéracées (Bruneton, 1999).

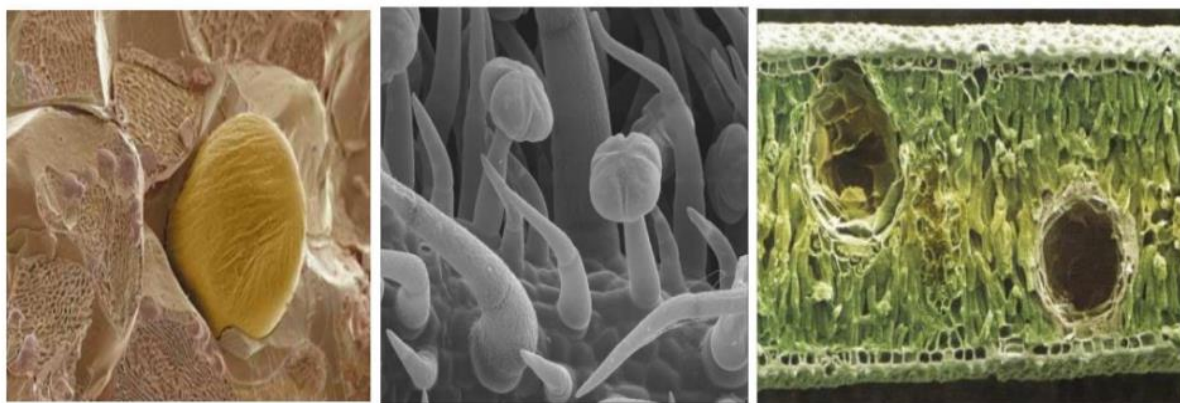
Les huiles essentielles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices (cellules se retrouvent dans les tissus de la plante au niveau de l'épiderme principalement au niveau des feuilles et des organes floraux) et s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées, situées en surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule.

Les cellules sécrétrices sont rarement isolées, elles sont stockées dans des cellules dites " cellules à huiles essentielles "Elles sont regroupées dans des poches sécrétrices (cavités du parenchyme de certaines organes, délimitées par des cellules sécrétrices, qui y déversent leurs produits de sécrétion) ou dans des canaux sécréteurs (poches schizogénèse viennent d'un fil de cellule).

La synthèse des essences se fait au sein de différentes tissus sécréteurs présents dans tous les organes de la plante : les fleurs (lavande, rose, bergamotier), les feuilles (eucalyptus, menthe poivrée), le bois (bois de rose, santal), les racines (angélique, les rhizomes (acore, gingembre), les fruits (badiane), les graines (muscade) (Figure 29).

Cependant la fonction des huiles essentielles pour la plante en elle - même reste obscure, il est toutefois vraisemblable qu'elles aient un rôle écologique.

Ainsi, quelques auteurs, ont expérimentalement prouvé leur rôle de protection contre les prédateurs (insectes, champignons) et rôle dans les interactions végétales (inhibition de la germination) (Benayad, 2008).



(A)

(B)

(C)

- **Figure 29** : (A) Cellule sécrétrice d'huile essentielle dans un rhizome de gingembre au microscope électronique à balayage ;
 (B) Poils sécréteurs présents sur la face inférieure d'une feuille de tomate ;
 (C) Poches sécrétrices d'une feuille d'eucalyptus citronné.

(Robin Deschepper, 2017)

II.3 Rôle des huiles essentielles

1/ rôle dans la plante

Les plantes possèdent des métabolites primaires et secondaires : primaire que sont les protéines, les glucides et les lipides.

Ces composés interviennent dans les relations qu'entretient la plante avec les organismes vivants qui l'entourent.

Ils sont probablement des éléments essentiels de la coévolution des plantes avec les organismes vivants. Les travaux de **(Croteau et Hooper, 1978)** ont montré que bien qu'étant des produits du métabolisme secondaire.

Les composants volatils auraient en fait un rôle mobilisateur d'énergie lumineuse et de régulateur thermique au profil de la plante. Pour certains auteurs, les huiles essentielles constitueraient " les déchets " du métabolisme cellulaire de la plante **(Salle, 1999)**. Pour d'autres auteurs, elles serviraient à attirer les insectes pour permettre la fécondation ou alors à les éloigner de la plante.

L'attrait des insectes pour les plantes à fleur en vue de la pollinisation est également créditée aux huiles essentielles que ces plantes contiennent.

Les huiles essentielles constitueraient enfin un moyen de défense de la plante vis à vis des prédateurs comme les microorganismes (bactérie et champignons) et les herbivores **(Bruneton, 1999)**.

2/ Rôle dans la nature

Dans la nature, les huiles essentielles jouent un rôle important dans la protection des plantes en tant que substances antibactériennes, antivirales, antifongiques, insecticides, et aussi contre les herbivores en réduisant leur appétit pour une telle plante.

Elles peuvent attirer aussi des insectes en favorisant la dispersion de pollens et graines, ou au contraire repousser d'autres indésirables (**Bekkali et al., 2008**).

II.4 Les propriétés physiques des huiles essentielles

Les essences et les huiles essentielles ont des propriétés physiques communes, qui peuvent cependant varier en fonction de leur composition chimique (**Fanchomme et Pénéol, 2001**).

À température ambiante, les huiles essentielles sont liquides. Il existe cependant des exceptions, par exemple l'huile essentielle est visqueuse chez la myrrhe, pâteuse pour le bois et solide pour le cèdre.

Les huiles essentielles sont volatiles c'est ce qui les rend entraînables à la vapeur et particulièrement odorantes.

La volatilité étant très liée à la composition chimique (**Kaloustian et Hadji Minglou, 2012**).

Les huiles essentielles sont lipophiles et donc très peu solubles dans l'eau (exemple : le lavandulol que l'on retrouve dans l'huile essentielle de lavande vrai).

Certains composés sont même très hydrosolubles et vont favoriser l'apparition d'émulsion dans le produit de distillation lors de l'extraction (exemple : l'huile essentielle d'écorce de Cannelle de Ceylan).

- La couleur des huiles essentielles est très variable. Cela comprend l'ultraviolet (UV) du zeste de mandarine , le bleu (lié à la présence de chamazulène) des sommités de tanaïs annuelle , le vert émeraude (azulène) de l'inule odorante , le vert franc du nard de l'Himalaya , le vert pâle du zeste de bergamote , le rouge du certains sarriettes , le jaune pâle de la sauge sclérée ;

- La densité d'une huile essentielle est le rapport de sa masse volumique à la masse volumique de l'eau distillé, à 20 degrés. La densité des huiles essentielles est très souvent inférieure à 1 (densité de l'eau) et varie en fonction de leur composition chimique. La valeur de 0.92 peut être considéré comme une moyenne (l'huile essentielle du Santol blanc) ;

- Quelques huiles essentielles ont même une densité très supérieure à l'eau (l'huile essentielle de gaulthérie) (**Franchomme et pénolé, 2001 ; Fernandez et Chemat, 2012**) ;

- L'indice de réfraction : reflète le changement de direction subi par un rayon lumineux passant d'un milieu optique à un autre à 20 degrés. Il s'agit d'une grandeur sans unité, qui se mesure avec un réfractomètre. Dans le cas des huiles essentielles l'indice de réfraction est généralement élevé (**Franchomme et Pénéol, 2001**) ;

- Le pouvoir rotatoire : caractéristique des molécules chirales, exprime la capacité qu'elles ont à dévier la lumière polarisée. Il s'agit de l'angle, exprimé en milli-radians ou degrés d'angle, selon lequel tourne le plan de polarisation d'une radiation lumineuse lorsque 'elle traverse une solution contenant des molécules chirales.

Les huiles essentielles sont actives sur la lumière polarisée de manière très variable en fonction de la nature et de la concentration des différentes molécules chirales qu'elles contiennent (**Faucon, 2012**).

II.5 Composition chimique des huiles essentielles

D'une manière générale, les huiles essentielles sont des mélanges complexes de constituants appartenant à différentes familles chimiques.

Une étude montre que les plus couramment représentées sont les terpénoïdes et les composés aromatiques, mais on trouve également des constituants aliphatiques issus de la synthèse des acides gras et plus rarement d'autres composants d'origines diverses (dérivés soufrés, nitrites, thiocyanates ...) (**Nyegue, 2005**).

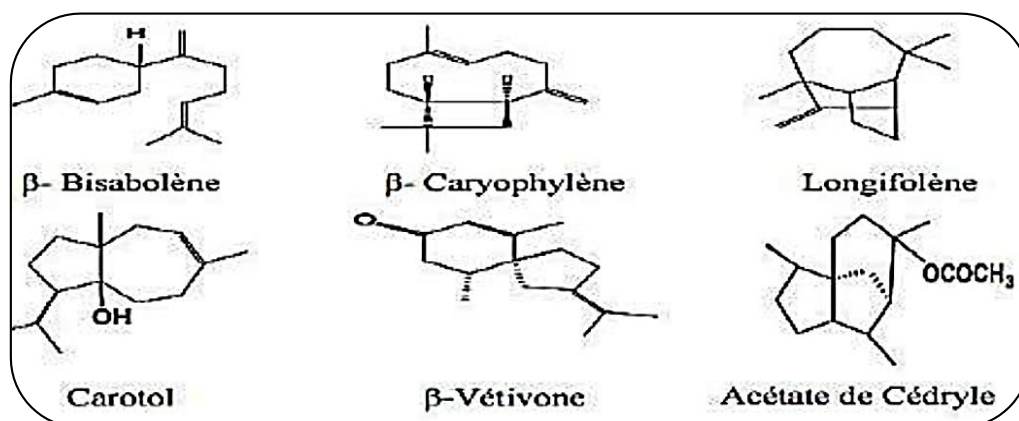
1/ les terpénoïdes

Les terpénoïdes dans les huiles essentielles sont celles qui ont la masse moléculaire n'est pas élevée. Ils portent dans la plupart des cas la formule générale (**C₅ H₈**) **n**.

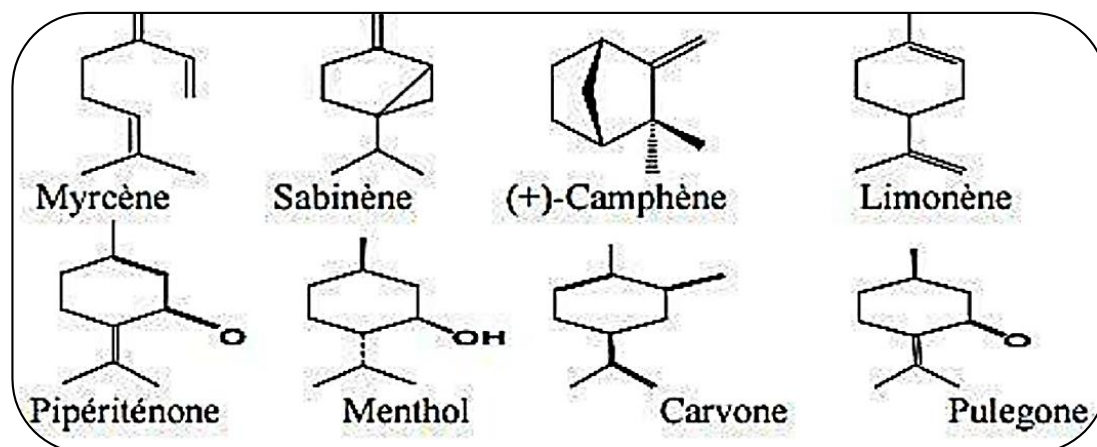
➤ Suivant les valeurs de "n" on a :

- **les hémiterpènes** : (n= 1, C₅ H₈).
- **les monoterpènes** : (n = 2, C₁₀ H₁₆).
- **les sesquiterpènes** : (n = 3, C₁₅ H₂₄).
- **les diterpènes** : (n = 4, C₂₀ H₃₂).
- **les sesterpènes** : (n = 5, C₂₅ H₃₂).
- **les triterpènes** : (n= 6, C₃₀ H₄₈).
- **les tétraterpènes** (n = 8, C₄₀ H₆₄).
- **les polyterpènes** : (n unités isopréniques).

Les monoterpènes (**Figure 30**) et les sesquiterpènes (**Figure 31**) sont les plus courants dans les huiles essentielles car leur masse moléculaire faible permet leur incorporation dans la fraction volatile que constitue l'huile essentielle, globalement, on y retrouve des monoterpènes et sesquiterpènes acycliques, monocycliques, bicycliques ou tricycliques issus de réarrangement complexes du squelette hydrocarboné. Les diterpènes sont rencontrés plus rarement lorsque l'hydro-distillation est longue.



- **Figure 30** : Structure chimique de quelque monoterpène extrait des H.E. (Bruneton, 1999).



- **Figure 31** : Structure chimique de quelques sesquiterpènes extraits des H.E. (Bruneton, 1999).

2/ les composés aromatiques

Ils sont beaucoup moins fréquents que les terpénoïdes, mais également intéressants sur le plan olfactif. (**Figure 32**).

On prend un exemple : l'eugénol est responsable de l'odeur caractéristique de clou de girofle, le cinnamate de méthyle et le méthylchavicol permettent de distinguer des chémotypes intéressants au sein de l'espèce d'*Ocimum basilicum* (Bruneton, 1999).



- **Figure 32** : Structure chimique de quelques composés aromatiques extraits des H.E. (**Bruneton, 1999**).

3/ les composés aliphatiques

Certaines huiles renferment de petites quantités de composés aliphatiques généralement de masse moléculaire faible, qui peuvent être entraînés avec l'huile essentielle lors de l'hydrodistillation.

Ce sont des hydrocarbures linéaires ou ramifiés ou leurs dérivés oxygénés (acides, alcools ou aldéhydes) (**Bruneton, 1999**):

- **Alcool** : Menthol, géraniol, linalol
- **Aldéhydes** : Géraniol, citronellal
- **Cétones** : Camphre, pipéritone ...
- **Phénols** : Thymol, carvacrol...
- **Esters** : Acétate de géranyle ...
- **Oxydes** : 1,8 – cinéole.
- **Autres** : Ethers, composés soufrés, composés azotés.

4/ les composés d'origine diverse

Des produits de masses moléculaires plus importantes, non entraînés à la vapeur d'eau sont souvent retrouvés dans les concrètes, homologues de phénylpropane, diterpènes, coumarines.

En effet, il faut noter les produits soufrés qui sont généralement responsables des odeurs piquantes rappelant le radis, l'ail ... (**Bruneton, 1999**).

II.6 Critères et facteurs de variabilités et de quantité des huiles essentielles

Produire une huile essentielle de qualité n'est donc pas une chose aisée, la composition chimique dépend de deux grandes axes : ordre naturel (génétique, localisation, maturité, sol, climat ...) ou technologiques (mode de culture ou d'extraction d'huile essentielle de la plante), dont nous citons les plus importants :

II.6.1 Dénomination et origine botanique

La composition d'une huile essentielle varie en fonction de l'espèce productrice, il est nécessaire d'identifier la plante avec précision en suivant la dénomination scientifique internationale (la famille, le genre, l'espèce).

On donne l'exemple de la lavande vraie (Famille : lamiaceae, Genre : *Lavandula*, Espèce : (*Lavandula angustifolia*.Mill).

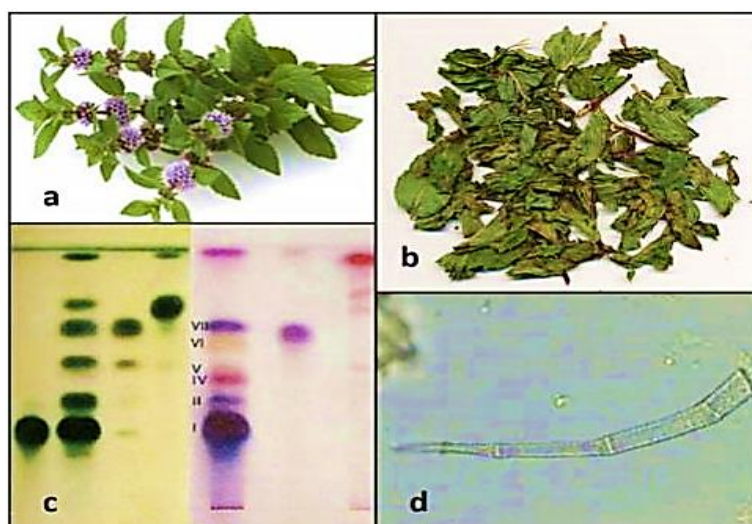
La norme ISO 4720 donne une liste de nomenclatures correspondant à des plantes utilisées pour la production des huiles essentielles (**Afnor, 2009**)

II.6.2 Identification de la plante

Il est indispensable de vérifier que la plante utilisée appartient bien à l'espèce désirée.

La reconnaissance de l'espèce ne peut se faire avec certitude qu'à travers une étude microscopique et macroscopique poussée de la drogue végétale.

On étudie dans un premier temps les caractères botaniques macroscopiques : morphologie, couleur, saveur et le degré de la pureté. On analyse ensuite les caractères botaniques microscopiques de la matière végétale, ce qui permet de rechercher les reconnaissances et les caractères spécifiques ou dominants de l'espèce considérée (**Figure 33**).



- **Figure 33: *Mentha x piperita* L.** a : plante fraîche ; b : feuilles séchées
C : chromatographie sur couche mince ; d : poil tecteur au microscope optique.
(Bruneton, 1999).

II.6.3 Conditions de production

Les conditions de production de la drogue sont capitales pour la qualité des huiles essentielles, les plantes doivent être aussi saines que possibles.

On distingue tout d'abord les plantes selon qu'elles sont cultivées ou sauvages. Le producteur doit s'assurer de la qualité de l'environnement dans lequel la plante a poussé (absence de pollution, usage raisonné des pesticides, respect de la ressource naturelle et de l'habitat et il doit apporter les informations concernant le lieu, la saison et la période du cycle végétatif de la plante, les conditions de stockage, ainsi que les traitements appliqués à la plante avant l'extraction.

De bonnes pratiques de séchage sont alors indispensables pour préserver la drogue végétale des dégradations enzymatiques.

II.6.4 Origine géographique

La connaissance de l'origine géographique de la plante et donc de l'huile essentielle qui en est issue est primordiale pour la traçabilité et contrer les éventuelles volontaires.

Les bonnes pratiques agricoles qui s'appliquent aux producteurs imposent la production d'une matière première végétale exempte d'impuretés : terre, poussière, infection, fongiques, contamination animales (AFSSAPS, 2008).

II.6.5 Partie de la plante utilisée

Comme on a dit précédent, les huiles essentielles étaient produites par des cellules sécrétrices, isolées ou regroupées dans diverses structures, mais ces cellules sont inégalement réparties dans la plante, de ce fait, la partie de la plante utilisée pour l'extraction de l'huile essentielle influe sur le rendement, il convient donc de préciser de quelle partie de la plante est issue l'huile essentielle.

II.7 Les méthodes et techniques d'extraction des huiles essentielles

Plusieurs techniques existent pour extraire les huiles essentielles. Le choix de la méthode la mieux adaptée se fait en fonction de plusieurs paramètres (la nature de la matière végétale à traiter, des caractéristiques physico- chimiques de l'essence à extraire, l'usage de l'extrait et l'arôme du départ au cours de l'extraction (Snate, 2001)

➤ En effet, il existe pour chacune de ces méthodes d'extraction de nombreuses variantes.

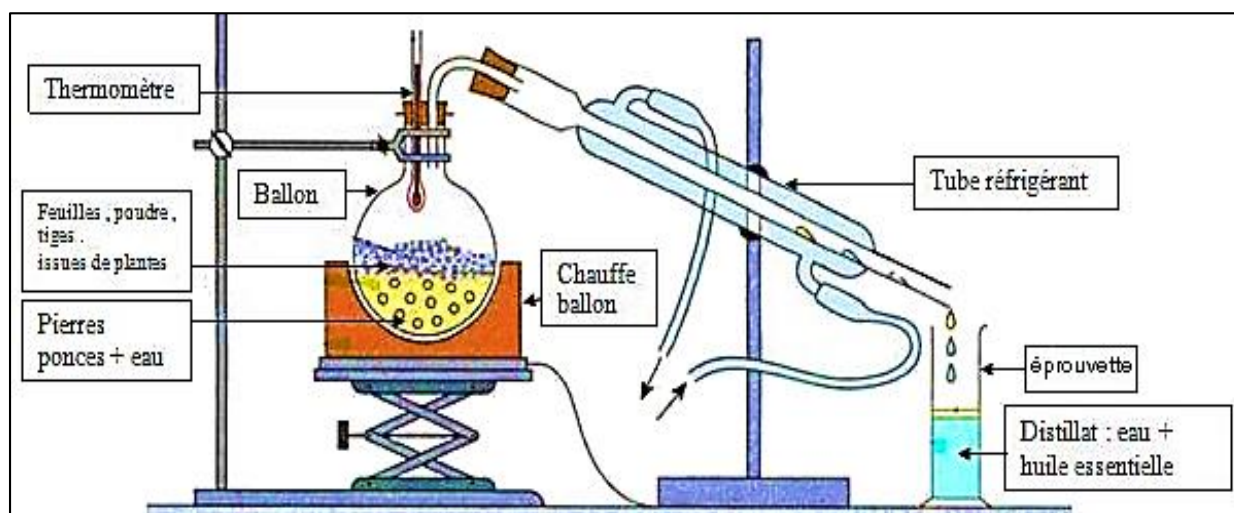
1/ l'hydrodistillation :

C'est une méthode ancienne et simple, elle est depuis peu délaissée au profit de nouveaux procédés de distillation pour des raisons de qualité et de coût de production (Duval, 2012), elle consiste à immerger la matière première végétale dans un bain d'eau de sorte que la vapeur d'eau entraîne les substances volatiles de la plante.

L'huile essentielle constituée de ces différentes substances volatiles se sépare par gravité de l'eau à laquelle elle n'est pas miscible. La chaleur qui s'applique sur la matière première végétale permet l'éclatement des cellules et la libération des molécules contenues, il se forme un mélange azéotrope comprenant l'eau et les molécules volatiles dont la température d'ébullition est proche de 100 degrés alors que la température d'ébullition des molécules aromatiques seules est souvent très supérieure (**Lucchesi, 2005**). Elles sont ensuite canalisées condensées et réfrigérées pour se liquéfier à nouveau, du fait que la différence de densité entre l'eau et les composés aromatiques entraîne la formation d'une phase organique et d'une phase aqueuse.

Ce procédé d'extraction présente plusieurs avantages : outre sa relative simplicité de mise en œuvre, c'est son faible coût qui en fait une méthode d'intérêt. De plus la matière végétale étant en suspension dans l'eau, on peut lui appliquer un brassage qui assure la pénétration de l'eau en son cœur, là où la vapeur d'eau utilisée dans d'autres, ne peut pénétrer.

Dans cette technique (**Figure 34**), la matière première baigne dans l'eau, à température élevée et pendant plusieurs heures, ce qui facilite la survenue d'un certain nombre de transformations au sein de l'essence. Les esters sont en partie hydrolysés, les hydrocarbures monoterpéniques acycliques et les aldéhydes ont tendance à polymériser. Certains composés oxygénés se dissolvent en partie dans l'eau contenue dans l'alambic et ne sont donc pas extraits (**Tuley de silva, 1995 ; Handa et al., 2008**).



• **Figure 34** : Montage d'extraction par hydrodistillation (**Lucchesi, 2005**)

2/ entrainement à la vapeur

L'entrainement à la vapeur d'eau est une variante plus récente de distillation dans laquelle il n'y a pas de contact direct entre la matière végétale et l'eau.

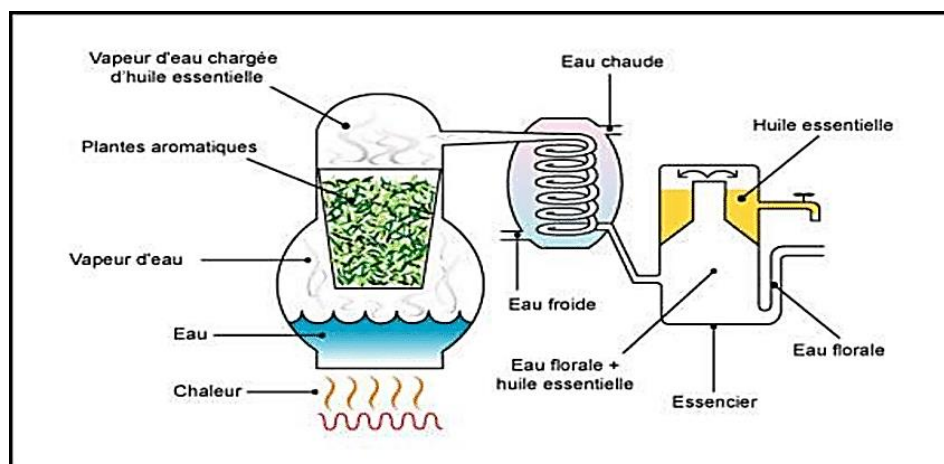
De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au - dessus d'une grille, de la même façon que dans l'hydrodistillation, on assiste à un éclatement des cellules et à la formation d'un mélange azéotrope, récupéré en haut de la cuve et condensé (Lucchesi, 2005) (Figure 35)

Par rapport à l'hydrodistillation, l'un des principaux intérêts de cette méthode est la préservation de la qualité de l'essence.

En effet, dans le cas présent, la plante ne macère pas dans l'eau, ce qui limite les phénomènes de l'hydrolyse. La génération de la vapeur dans une chaudière externe permet d'en contrôler la quantité, la pression ou encore la température à laquelle se fait l'extraction, elle permet également de réduire le temps d'extraction et l'apport de l'énergie nécessaire, enfin, l'entraînement à la vapeur permet des extractions à grande échelle.

Cependant, cette méthode trouve sa limite dans le coût des installations nécessaires à sa mise en œuvre, cela pose un problème de rentabilité pour les huiles essentielles en grande quantité et à faible prix sur le marché.

C'est une méthode encore plus économe en temps et en énergie car elle consomme moins de la vapeur, elle est cependant plus chère à employer et n'est utilisée que pour les matières premières fragiles et dont les huiles essentielles ont un prix plus élevé (Baser et Buchbauer, 2009).

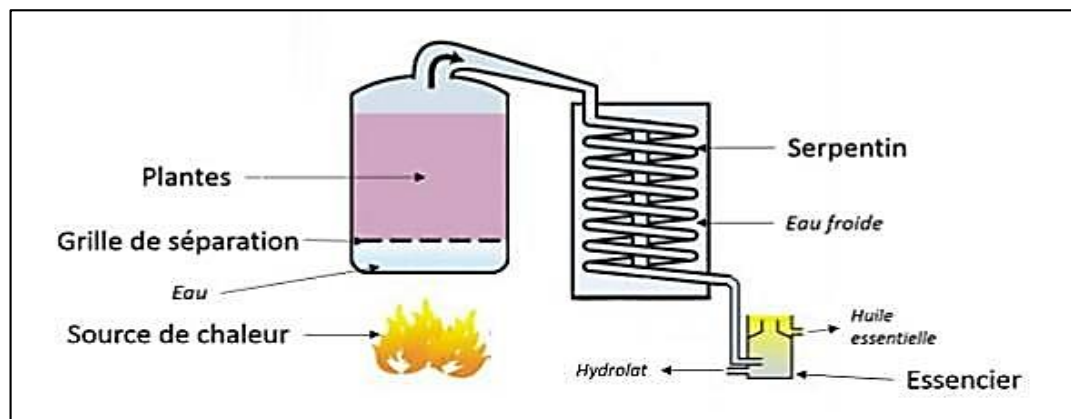


- **Figure 35** : Montage d'extraction par entraînement à la vapeur (Lucchesi, 2005)

3/ Vapo - hydro distillation

Il s'agit d'une variante à mi - chemin entre l'hydro-distillation et l'entraînement à la vapeur dans laquelle la matière végétale et l'eau se trouve dans la même enceinte mais ne sont pas en contact

L'eau est portée à ébullition par le chauffage de la cuve, se transforme en vapeur et passe au travers de la plante posée sur une grille au - dessus de l'eau.



- **Figure 36** : Montage d'installation de Vapo-hydro distillation (**Lucchesi, 2005**)

II.8 La toxicité des huiles essentielles

On présente généralement les huiles essentielles comme étant « sans danger ». Cependant, ces éléments naturels constituent également des composantes puissantes (**Degryse et al., 2008**). Selon (**Benzeggouta, 2005**), les huiles essentielles doivent être utilisées avec une grande prudence en raison de leur composition chimique complexe, car elles peuvent comporter de très sérieux dangers lors d'une utilisation aléatoire autonome. Les effets toxiques d'une huile essentielle diffèrent considérablement en fonction de sa composition (**Traoré, 2006**).

Certaines huiles essentielles ont des effets toxiques sur les cellules. Par exemple, les huiles essentielles du thym et de la lavande ont été démontrées cytotoxiques pour des cellules de hamster chinois en fonction de leur phase de contact. De plus, des huiles essentielles provenant de diverses espèces d'origan ont démontré une influence significative sur des cellules humaines provenant du cancer (**Pibiri, 2006**).

En règle générale, les huiles essentielles ont une toxicité aiguë faible ou très faible par voie orale: une DL50 comprise entre 2 et 5 g/kg pour la majorité des huiles couramment utilisées (anis, eucalyptus, girofle, etc.) ou le plus fréquemment supérieure à 5 g/kg (camomille, citronnelle, lavande, marjolaine, vétiver, etc.) ; d'autres ont une DL50 inférieure à 1g/kg : l'huile essentielle de boldo (0.13 g/kg) ; l'essence de moutarde (0.34 g/kg) ; les essences d'origan et de la sarriette (1.37 g/kg) ; les huiles essentielles du basilic, de l'estragon et de l'hysope (1.5 ml/kg). Tandis que la toxicité chronique est assez mal connue (**Bruneton, 1999 ; Benzeggouta, 2005**).

II.9 Domaines d'utilisation des huiles essentielles

Quatre domaines principaux exploitent les diverses potentialités qui offrent les huiles essentielles :

1/ Pharmacie :

Depuis des milliers d'années, l'homme utilise des huiles essentielles et plus généralement les plantes aromatiques pour se soigner, il est important de bien différencier l'usage traditionnel des huiles essentielles, où elles sont utilisées (les fins thérapeutiques, des applications qu'en fait l'industrie pharmaceutique).

Les huiles essentielles peuvent avoir un intérêt médicamenteux, en particulier dans le domaine des antiseptiques externes. Elles constituent par ailleurs le support de l'aromathérapie.

L'utilisation des huiles essentielles doit se faire avec la plus grande prudence en raison du risque important de mésusage et d'intoxication. Notons aussi que la médecine vétérinaire semble s'intéresser de près aux huiles essentielles, ainsi on utilise ces derniers comme répulsifs ou insecticides comme conservateur, pour soigner les animaux de différentes affections (**Burt, 2004**).

2 / Dans l'industrie agroalimentaire

La consommation des huiles essentielles dans l'agroalimentaire suit la croissance de la consommation des produits préparés, ceci en réponse à une demande croissante de produits naturels de la part des consommateurs.

Certaines plantes sont utilisées brutes (épices), d'autres le sont sous forme d'huiles essentielles où de résinoïde. Tous les secteurs alimentaires en utilisant : boissons alcooliques confiseries produits laitiers, produits carnés...

3 / Apiculture :

L'apiculture semble de plus en plus menacée à l'échelle mondiale avec une origine multifactorielle (maladies parasitaires, facteurs climatiques...). Parmi les agents biologiques mis en cause, l'acarien *varroa destructor* semble responsable d'une partie importante des effondrements et des mortalités des colonies d'abeilles qu'il infeste en fragilisant la filière apicole et en diminuant les rendements des productions agricoles.

Pour cela dans le domaine de l'hygiène et de la prophylaxie de cet insecte demande voire exige des méthodes de lutte draconiennes parmi lesquelles l'utilisation de molécules acaricides

naturelles : les huiles essentielles. Les apiculteurs l'utilisent depuis plusieurs années avec une production d'essaims et de miel correcte.

Il n'existe encore que très peu d'études sur la question. Ces traitements sont avant tout préventifs ou limitatifs.

Indorf et al., (1999), ont testé l'efficacité de 150 huiles essentielles lors de leur utilisation sur la colonie d'abeilles.

De même **Peguin, (1987)**, montre que le traitement avec un mélange à base d'huiles essentielles de thym, d'eucalyptus, de sauge, de lavande, de sarriette, de menthe et de clou de girofle a donné son efficacité sur le terrain et des bons résultats sont apparus lors de la lutte biologique contre le *varroa*.

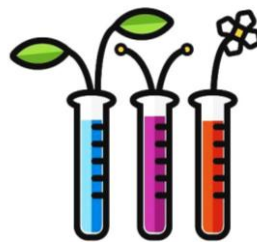
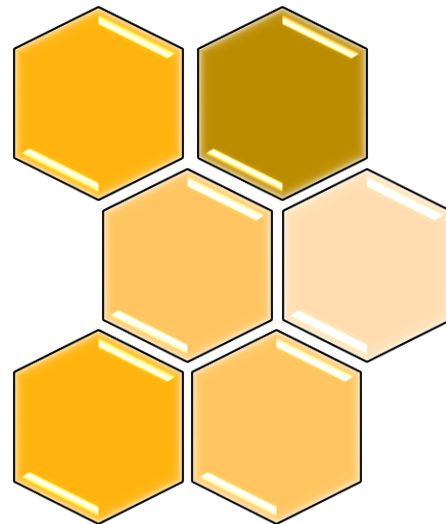
4 / Diverses industries

L'industrie chimique est le principal utilisateur des isolats issus des huiles essentielles comme matières premières pour la synthèse de principe actif médicamenteux, de vitamines, de substances odorants (pines, scalaréol, safrol...) aussi dans la cosmétique.

Matériels

Et

Méthodes



III

Notre étude vise à analyser la toxicité des divers huiles essentielles des plantes médicinales (**Eucalyptus, Lavande, Menthe, Clou de girofle**), utilisées par les apiculteurs pour traiter la varroase, sur l'abeille domestique *Apis mellifera intermissa*, ceci en dénombrant les mortalités des abeilles traitées avec différentes doses de ces huiles essentielles afin de déterminer la dose idéale qui permettra d'éliminer le varroa sans être néfaste aux abeilles.

III.1 Matériel végétal

III.1.1 Identification des plantes médicinales utilisées dans notre étude

A. *Eucalyptus globulus*

➤ Description botanique

Aussi connu sous le nom de Gommier bleu ou Eucalyptus commun, il peut atteindre une hauteur de 10 à 30 m. Le nom de Gommier bleu vient de la pruine cireuse bleue gris qui recouvre les feuilles des arbres juvéniles.

Les arbres adultes ont des feuilles d'un Vert foncé brillant, avec des fleurs blanches solitaires à l'aisselle des feuilles. Ces fleurs produisent un nectar abondant que les abeilles transforment en un miel à saveur intense. Les fruits en ligne ont une capsule extrêmement solide (**Bruenton, 1987**).

L'extraction de l'huile essentielle de la feuille d'eucalyptus globulus (**Figure 37**) est effectuée par hydrodistillation (**Aihua et al., 2009**).

➤ Position systématique :

Selon (**Ghidira et al., 2008**), *Eucalyptus globulus* est classé comme suit :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genres : Eucalyptus

Espèce : *Eucalyptus globulus*



• **Figure 37** : Arbre d'*Eucalyptus globulus* (**Original, 2024**)

➤ **Propriétés thérapeutiques et la composition chimique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* :**

L'HE d'*Eucalyptus globulus* est un remède naturel précieux pour soulager un large éventail de problèmes de santé, en particulier ceux qui touchent les voies respiratoires, il est expectorant, analgésique (Duraffourd *et al.*, 1997), en usage interne et externe, décongestionnant, hypoglycémiant, une action détoxifiante et tétanique, antimicrobien sur les bactéries Gram +, antifongique, anti-inflammatoire, améliore les épreuves fonctionnelles respiratoires, mucolytique, antispasmodique bronchique, fébrifuge, tropisme broncho-pulmonaire très marqué, asséchante en forte proportion.

Les propriétés médicinales de l'*Eucalyptus* sont surtout attribuables à l'eucalyptol (aussi appelé 1,8-cinéole) que renferment ses feuilles. Le 1,8-cinéole que contient l'*Eucalyptus* s'est révélé être efficace pour réduire la dose de corticostéroïdes utilisée par des sujets souffrant d'asthme (Juergens *et al.*, 2003), et pour combattre le rhume (Tesche *et al.*, 2008) et (Kehrl *et al.*, 2004)

• **La composition chimique**

Selon (Taleb, 2015) l'analyse chimique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est présentée dans le **tableau 3** ci - dessous :

Tableau 3 : Composition de l'*Eucalyptus globulus* (Taleb, 2015)

Constituants	Proportions (%)
α -pinène	7,69%
Eucalyptol	47,05%
α -terpène	0,18
Camphène	0,08
β -pinène	0,39
β -myrcène	0,36
1,4-cycloexadienne	1
P. cymène	3,48
Terpinolène	0,24
sopentyl-isovalérate	0,17
Thujone	0,15
α -campholenal	0,15
α -gurjunène	0,17
Myrtenol	0,17
Myrtenol	0,15

B. *Lavandula stoechas* (La lavande)

➤ Description botanique

Il s'agit d'une espèce végétale connue, qui se présente sous la forme d'un arbrisseau pouvant atteindre 1m de haut (**Benabdelkader, 2012**), son toment est blanchâtre et a des tétragones, elle est très ramifiée et elle a une odeur lourde très aromatique.

Les tiges sont de couleur grise et carrées, feuilles de petites tailles, grisâtres opposées de 2 à 4 cm de long, sessiles oblongues, lancéolées planes (**Besombes, 2008**). Les fleurs sont mauves foncées en épis courtement pédonculés, ovales, surmontées d'une houppe de grandes bractées stériles violettes (**Figure 38**)

L'huile essentielle de *Lavandula stoechas* est extraite par hydrodistillation.

➤ Position systématique :

D'après **Quezel et Santa (1963)**, la systématique de *Lavandula Stoechas* est la suivante :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Dialypétales

Ordre : Lamiales (Labiales)

Famille : Lamiaceae

Genre : *Lavandula*

Espèce : *Lavandula stoechas* L



• **Figure 38** : la plante de *Lavandula stoechas* (**Sterin, 2024**)

➤ Propriétés thérapeutiques et la composition chimique de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas*

L'huile essentielle de Lavande stoechas, appelée aussi Lavande papillon, est à employer avec précaution du fait de sa très grande teneur en cétones.

Elle est cependant très efficace en cas de troubles respiratoires chroniques (bronchite, sinusite...) et d'otite, grâce à ses vertus anti-catarrhale et anti-inflammatoire.

Elle est en outre utile en cas de cicatrices difficiles (**Franchomme et al., 2020**).

- **Composition chimiques (Benabdelkader, 2012) :**
- **Cétones :** fenchone (40-45%), camphre (12-16%)
- **Oxydes terpéniques :** 1,8 cinéole (10-15%)
- **Monoterpènes :** alpha-pinène, alpha-thujène, limonène
- **Monoterpénols :** linalol

C. *Mentha spicata* :

➤ **Description botanique :**

La menthe verte, encore connu sous le nom de menthe crépue, est une plante vivace herbacée (**Figure 39**). Elle a une hauteur pouvant varier de 60 cm à 1 m. Les tiges sont solides de section carrée, glabres. Les feuilles ont une couleur verte, sont sessiles, lancéolées et dentées. Les fleurs se trouvent en épis allongés, généralement d'un rose voire d'un blanc (**Paris et Hurabielle, 1981**).

L'huile essentielle de *Mentha spicata* est extraite par hydrodistillation ou par entraînement à la vapeur, seules ces modes d'extraction qui respectent les composants très fragiles de cette plante.

➤ **Position systématique :**

Selon la classification moderne de **Linné** la systématique de la menthe verte est représentée ci-dessous :

Règne : Végétale

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Dialypétales

Ordre : Lamiales

Famille : lamiacées

Genre : *Mentha*

Espèce : *Mentha spicata*, L 1753.



• **Figure 39 :** la plante de *Mentha spicata* (**Original, 2024**).

➤ **Propriétés thérapeutique et la composition chimique de l'huile essentielle de *Mentha spicata***

Mentha spicata présente des vertus médicinales connues depuis l'antiquité. L'huile essentielle de menthe est utilisée dans une variété d'applications, y compris :

- **Aromathérapie:** L'huile essentielle de menthe est souvent utilisée en aromathérapie pour ses propriétés relaxantes et rafraîchissantes.
- **Phytothérapie :** L'huile essentielle de menthe est également utilisée en phytothérapie pour traiter une variété de maux, tels que les maux de tête, les nausées et les problèmes digestifs. De nos jours, son huile essentielle est utilisée en médecine traditionnelle, dans les préparations alimentaires, l'industrie alimentaire, en cosmétique, et récemment des études scientifiques montrent un intérêt promoteur quant à son utilisation en pharmacologie et médecine moderne.

- **Composition chimique :**

La composition chimique de l'huile essentielle de menthe dépend de l'espèce de menthe dont elle est extraite. Cependant, les huiles essentielles de menthe ont généralement en commun d'être riches en **monoterpènes** et en **sesquiterpènes**, qui sont des hydrocarbures volatiles responsables de leur odeur et de leur goût caractéristique.

Menthe verte (*Mentha spicata*) (Aflatuni, 2005) :

- **Carvone :** 20 à 30%
- **Limonène :** 10 à 20%
- **Menthol :** 10 à 20%
- **Acétate de linalyle :** 3 à 10%
- **Autres composés :** 10 à 20% (incluant linalol, géraniol, pulegone, etc.)

D. Le clou de girofle

➤ **Description botanique :**

Selon **Clair (2007)**, le giroflier est un arbre de 8 à 20 m de haut, à tronc gris clair. Il a un feuillage persistant, coriace, vert brillant de 12 cm de long qui émet un effluve enivrant et sucré parfumé. Fleurs de petites tailles, avec 4 pétales blancs et 4 sépales rouges disposés en cymes

colymbiformes terminales de 25 fleurs environ, formant 3 fourches. Le fruit de couleur rouge foncé est ovoïde et renferme une ou deux graines. Le giroflier donne en janvier à février des boutons floraux pourpres : le clou de girofle (**Figure 40**). L'huile de clou de girofle est extraite par hydrodistillation.

➤ **Position systématique :**

Giroflier (*Syzygium aromaticum* (L.)

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Embranchement : Magnoliophyta (=Phanérogames)

Sous-embranchement : Magnoliophyta (=Phanérogames)

Classe : Magnoliophyta (= angiospermes)

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genre : *Syzygium*

Espèce: *Syzygium. Aromaticum* (Goetz et al., 2012)



• **Figure 40:** Boutons floraux récoltés (Frey, 2001)

➤ **Propriétés thérapeutiques et la composition chimique de l'huile essentielle de clou de girofle**

Le clou de girofle, bourgeon aromatique du giroflier, est reconnu depuis longtemps pour ses nombreuses vertus médicinales. Son principal composant actif, l'eugénol, lui confère des propriétés anti-inflammatoires, antibactériennes, antivirales et antioxydants.

Quelques-uns des bienfaits thérapeutiques des clous de girofle :

- **Antalgiques et anti-inflammatoires :** Soulage les douleurs dentaires (rage de dents, abcès), gingivales (gingivite), articulaires et musculaires.
- **Antibactériennes et antimicrobiennes :** Efficace contre les bactéries buccales, les diarrhées d'origine bactérienne et les infections urinaires.
- **Antioxydants et antivirales :** Neutralise les radicaux libres et protège contre les dommages cellulaires. Activité contre certains virus (herpès simplex, influenza).

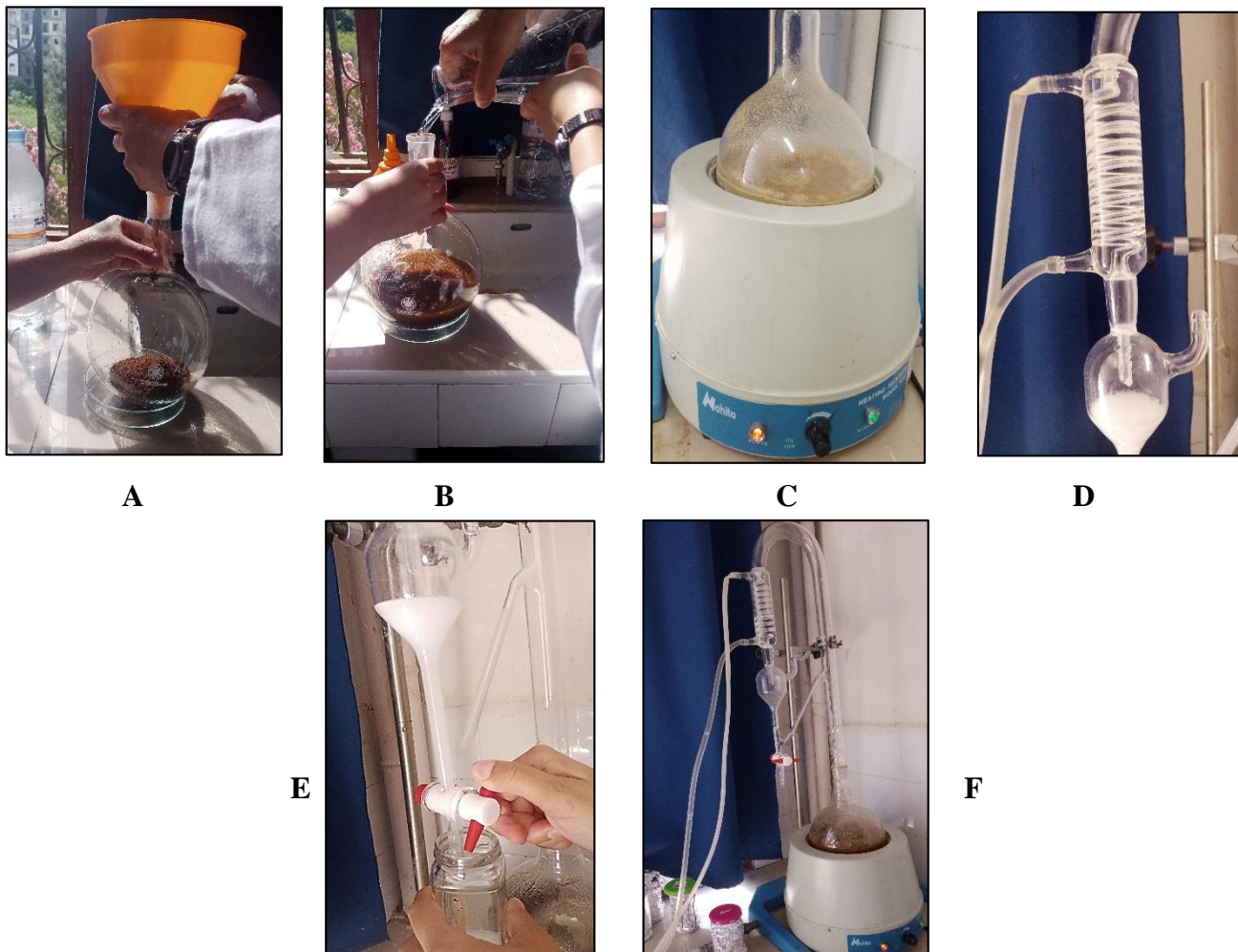
- **Composition chimique :**
 - **Eugénol (70-90%) ; Acétate d'eugényle (10-20%)**
 - **B-caryophyllène (3-5%) : Acides triterpéniques (2-3%)**
 - **Flavonoïdes (1-2%)**

La composition du clou de girofle peut varier selon l'origine, la culture et la récolte.

III.1.1.1 Extraction des huiles essentielles

➤ Protocole

- ✓ Nous avons procédé à l'extraction des huiles essentielles en utilisant la méthode d'hydrodistillation dans appareil de type **Clevenger** qui été inventé en **1928 (Clevenger, 1928) (Fig 41; F)** les plantes récoltées ont été séchées à l'ombre dans une chambre aérée, à température ambiante, pendant une semaine.
- ✓ **4** distillation de **100 g** de matériaux végétaux (**la menthe, eucalyptus, lavande et le clou de girofle**) (**Fig 41; A**), avec **1 L** d'eau dans un ballon de **2 L (Fig 41; B)** qui sa partie inférieure exposée à une source de chaleur (**Fig 41; C**), surmonté d'une colonne de **60 cm** de longueur (condenseur) reliée à un réfrigérant (**Fig 41 ; D**), en suite l'ensemble a été porté à ébullition
- ✓ En traversant le réfrigérant, les vapeurs chargées d'huile se condensent (**Fig 41;D**), ce qui réduit la densité de l'eau et d'huile (**Mouas et al., 2017**) .
- ✓ Les huiles essentielles obtenues, séparées de l'eau (**Fig 41; E**), ont été conservée à **4 degrés** dans des flacons scellés à l'abri de lumière jusqu'à ce qui elle soit utilisées



- **Figure 41:** la méthode d'hydrodistillation type Clevenger pour extraction de l'huile essentielle (Originales, 2024)

III.1.2 Matériel biologique animal

Les abeilles échantillon sont des abeilles locales *Apis mellifera intermissa* qui proviennent d'un rucher installé dans la région de Makouda (Tizi-Ouzou).

a. Situation géographique de la région d'échantillonnage

➤ Présentation du terrain Tala Bouzrou :

Lorsqu'on évoque déjà le nom de ce village, on remarque qu'il est constitué de deux mots : Tala qui signifie fontaine et Azrou qui veut dire pierre ou roche.

Tala Bouzrou est une localité de la commune de **Makouda**, dans la Wilaya de Tizi-Ouzou. Elle est une région montagneuse et rocheuse, comme son nom l'indique composée de plus de 13000 individus.

Ce vaste village se trouve à seulement 5 km de Chef-lieu de la commune de **Makouda** et à 17 km au nord de Chef-lieu de la Wilaya de Tizi-Ouzou sur la route de Tizgirt (**Figure 42**).



- **Figure 42** : Situation géographique de Tala Bouzrou (**Google Maps, 2024**)

➤ **Critère de choix du site :**

Vu l'importance de la biodiversité de la région de **Tala Bouzrou** à **Makouda**, nous avons décidé de rendre visite à l'un des apiculteurs les plus connus de la région qui possède une vingtaine de ruches (dans ce site) en bon état d'hygiène (**Figure 43**) et elles sont traitées pour éviter toute exposition aux différentes maladies et parasites.

➤ **Les conditions de travail :**

Nos essais ont été effectués à 10 h du matin, en présence d'ensoleillement (25 °), absence des vents, des pluies et de l'abreuvement pour diminuer l'excitation des abeilles et les protéger du changement brusque de l'environnement de la ruche.



- **Figure 43** : le rucher (**Originale, 2024**)

b. Méthodologie de travail sur le terrain

Afin de mener à bien cette expérimentation, il a été nécessaire de disposer d'un matériel approprié aussi bien pour les manipulations sur le terrain que celles au laboratoire. **Les figures 44** qui regroupe l'ensemble de ce matériel d'exploitation.



A

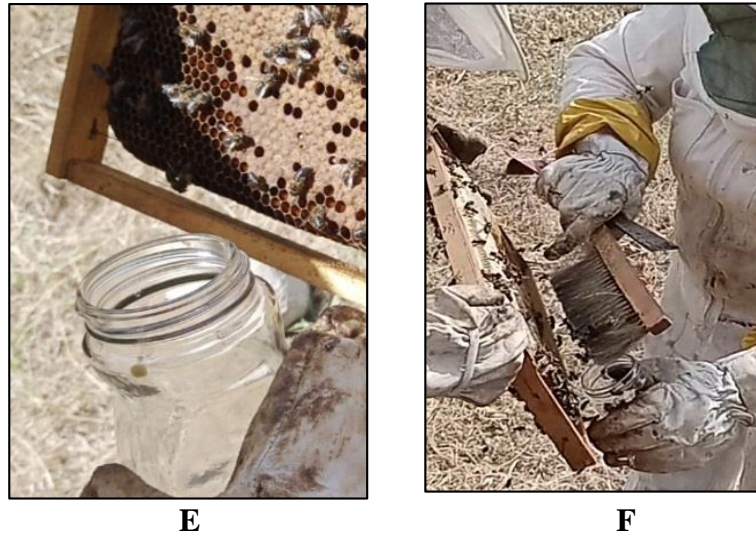
B

C

D

- **Figure 44** : Matériel utilisé sur le terrain : (A) Combinaison apicole ; (B) Gants ; (C) Lève cadre ; (D) Enfumoir (Originales, 2024)

- Pour assurer une manipulation sûre et efficace dans le rucher, il est essentiel de disposer d'un équipement apicole adéquat (**Fig 44**): **la combinaison** pour se protéger des piqûres d'abeilles et une paire **des gants** est obligatoire pour la protection des mains et **un chapeau** avec un large bord et un voile pour protéger la tête et le cou, bien que évidemment **des bottes** jusqu'aux chevilles sont recommandées
- Pour l'échantillonnage des abeilles en vue d'expériences en laboratoire, le matériel nécessaire s'ajoute à l'équipement de base : (**Fig44**)
 - ✓ **Enfumeur**: Produisant de la fumée pour calmer les abeilles et faciliter leur manipulation (**Fig44 ; D**)
 - ✓ **Lève-cadre**: Permet de retirer et de replacer délicatement les cadres de la ruche (**Fig44 ; C**)
 - ✓ **Brosse**: pour capturer délicatement les abeilles. (**Fig45 ; E**)
 - ✓ **Bocal**: Un bocal en verre avec un couvercle hermétique pour collecter les abeilles capturées. (**Fig 45 ; F**)



E

F

- **Figure 45** : Matériel utilisé pour le prélèvement des échantillons : (E) Bocal ou boîte ; (F) Brosse (Originales, 2024)

- **Méthode d'échantillonnage d'abeilles *Apis mellifera intermissa***

- ✓ Une fois que nous avons bien enfumé la ruche (Fig 46 ; A), nous l'avons ouverte et avons collecté 2 à 3 cadres remplis d'abeilles (Fig 46 ; B) et les avons secoués dans des boites en utilisant une brosse abeilles (Fig 46 ; C) ;
- ✓ Après avoir calmé les abeilles, nous avons récolté entre 60 à 80 abeilles. Celles-ci sont placées dans des boites hermétiques qui possèdent des petits trous pour l'aération et un tube rempli de sirop, puis elles sont transportées vers le laboratoire au niveau du département de Biologie (Fig46 ; D)



A



B



C



D

- **Figure 46** : la méthode d'échantillonnage des abeilles (Originale, 2024).

c. Méthodologie de travail au niveau de laboratoire

Le matériel qu'on a utilisé au niveau de laboratoire de physiologie végétale pour tester les différentes huiles essentielles sur l'abeille *Apis mellifera* est le suivant : **(Figure 47)**

- ✓ **Micropipette** : utilisée pour prélever et distribuer les différentes doses d'huiles essentielles **(Fig47 ; A)**
- ✓ **Cagettes « pain »** : Les cagettes pains sont des récipients en bois et plastique en dans lesquels les abeilles sont placées pendant les tests et les observer facilement **(Fig47 ; B)**
- ✓ **papier filtre** : pour diffuser les huiles essentielles dans les cagettes pains. Les abeilles entrent en contact avec l'huile essentielle en se déplaçant sur le papier filtre. **(Fig 47 ; C)**
- ✓ **Flacon rempli de sirop** : est utilisé pour nourrir les abeilles pendant les tests. Les abeilles ont besoin de nourriture pour survivre. **(Fig47 ; D)**
- ✓ **Tube gradué** : est utilisé pour le remplie par le sirop qui permette de nourrir et fournir une source d'énergie facilement accessible aux abeilles dans les cagettes **(Fig47 ; E)**
- ✓ **Pince** : La pince est utilisée pour tenir bien les abeilles, Elle permet de manipuler avec précision et sans les endommager. **(Fig47 ; F)**
- ✓ **Étuve** : L'étuve est utilisée pour maintenir les abeilles à une température constante pendant les tests. Cela permet de s'assurer que les résultats des tests ne sont pas influencés par la température ambiante **(Fig47 ; G)**



A



B



C



D



E



F



G

- **Figure 47** : Matériel utilisé au laboratoire : (A); Micropipette ;(B) Cagettes « Pain »; (C) Papier filtre ; (D) un flacon rempli de sirop ; (E) Tube gradué ; (F) pince ; (G) l'étuve (Originales, 2024).

1. Méthode utilisée pour tester l'effet des huiles essentielles sur l'abeille *Apis mellifera intermissa*

- ✓ Afin d'évaluer l'impact des huiles essentielles sur l'abeille, nous avons mis les boîtes au congélateur afin de rendre les abeilles anesthésiées pendant 10 min .(Fig 48 ; A)
- ✓ Dans chaque cagette, nous avons collé un morceau de papier filtre imbibé de diverses doses d'huiles essentielles d'Eucalyptus, de Lavande, de Menthe, de Clou de girofle. Les doses testées sont **0.3µL ; 0.7µL ; 1µL ; 1.3µL et 1.6µL**. (Fig 49 ; B ; C ; D).
- ✓ Après avoir anesthésiées les abeilles, nous les avons placées dans des cagettes de type « **Pain** » munies de tubes gradués remplis de sirop pour les nourrir. Dans chacune des cagettes, nous avons introduit une dizaine d'abeilles en utilisant une pince. **Fig 48 ; E ; F ; G**).
- ✓ Ensuite nous avons placé les cagettes à l'intérieur d'une étuve à une température de $32 \pm 2^{\circ}\text{C}$ et une humidité de 70%. . (**Fig 48 ; H ; I ; J ; K**).
- ✓ Nous avons effectué 2 répétitions. Les résultats sont analysés après **24h 48h 72h** d'exposition en comptant les abeilles mortes.



A



B



C



D



E



F



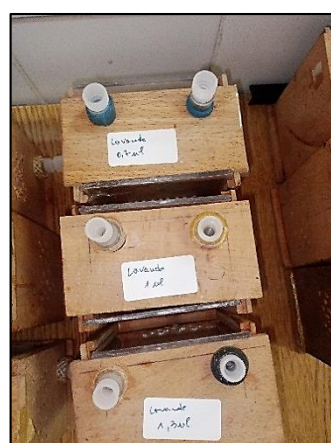
G



H



I



J



K

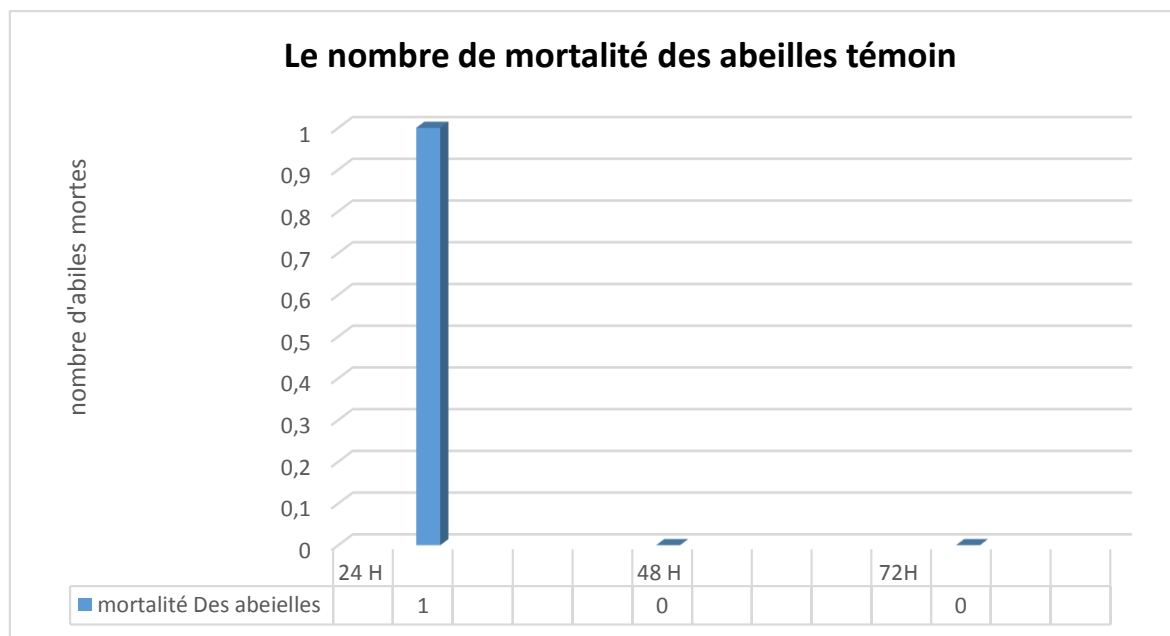
- **Figure 48** : Méthodes utilisées pour tester l'effet des huiles essentielles sur l'abeille *Apis mellifera intermissa* (Originales, 2024)

IV

Les résultats obtenus après l'exposition des abeilles *Apis mellifera intermissa* exposées aux différentes doses des huiles essentielles testées : Eucalyptus, lavande, menthe et clou de girofle sont représentés dans ce qui suit.

a. Le témoin

Le témoin qui n'a reçu, bien sûr, aucun traitement à base d'huiles essentielles révèle qu'après 24h, le nombre de mortalité d'abeilles enregistré est d'une seule (probablement à cause de l'anesthésie), tandis qu'aucune mortalité n'est observée dans les 48h et 72h (**Figure 49**).

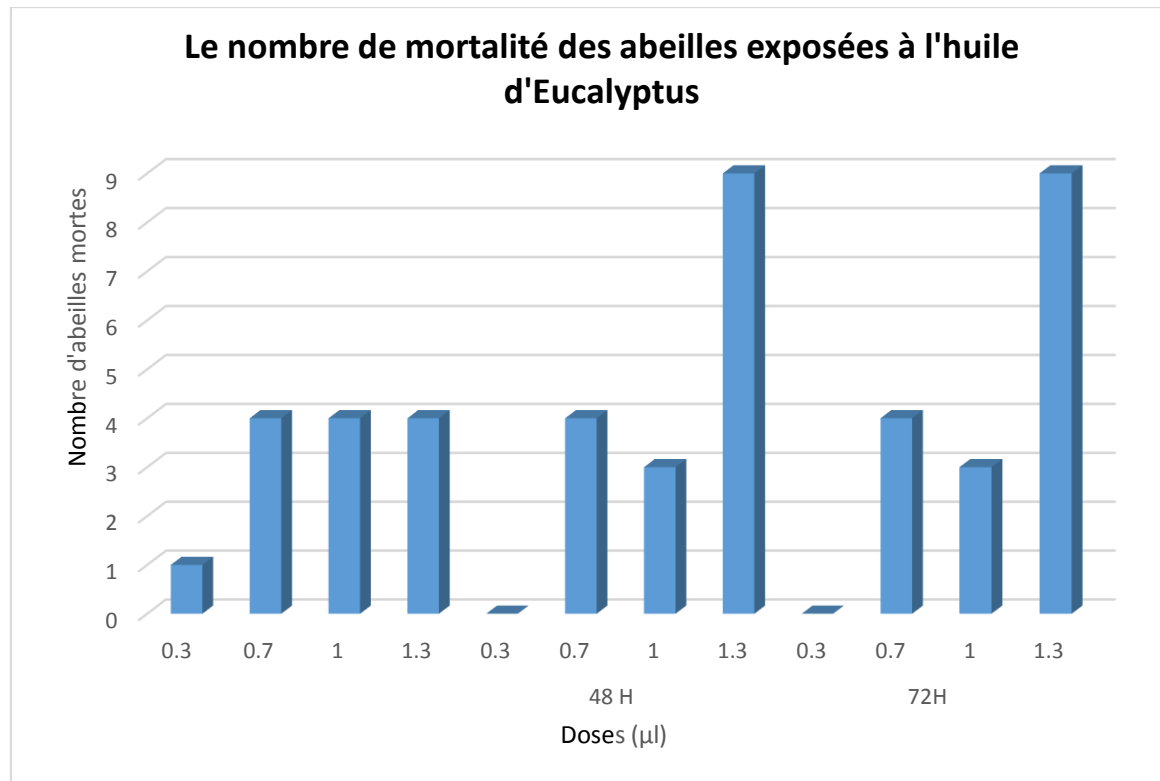


• **Figure 49** : Mortalités des abeilles témoin

b. Effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles de la famille Myrtacée

i. Eucalyptus

La **Figure 50**, montre l'effet de l'huile essentielle d'Eucalyptus sur la mortalité des abeilles. L'axe des x de l'histogramme, représente la dose d'huile essentielle d'eucalyptus appliquée aux abeilles, en microlitres (μL). L'axe des y représente le nombre d'abeilles mortes. Les trois courbes représentent le nombre d'abeilles mortes après 24 heures, 48 heures et 72 heures d'exposition à l'huile essentielle d'eucalyptus.



- **Figure 50** : Mortalités des abeilles exposées à l'huile d'Eucalyptus

L'effet de l'huile d'eucalyptus se manifeste immédiatement après 10 min d'exposition au niveau des cagettes contenant des abeilles traitées par les doses **0.7 ; 1 et 1.3 µl** où les abeilles se mettent à frotter leurs abdomens. Après **24 h**, la présence de l'huile essentielle d'eucalyptus a entraîné la mort d'une abeille pour la dose **0.3 µl** et une mortalité moyenne de 4 individus pour les doses **0.7 ; 1 et 1.3 µl** respectivement. Au bout de **48 h**, nous avons observé une mortalité moyenne de 4 et 3 individus pour les doses **0.7 et 1 µl** respectivement, ainsi qu'une mortalité importante de 9 abeilles pour la plus forte dose **1.3**. À **72h**, nous avons constaté la mort d'une abeille pour la dose **0.3 µl**, une mortalité moyenne de 3 et 4 individus pour les doses **1 et 0.7 µl** respectivement et la mortalité très importante de 9 abeilles pour la dose **1.3 µl**.

Selon l'histogramme l'huile essentielle d'eucalyptus a un effet très toxique sur les abeilles. La mortalité des abeilles est proportionnelle à la dose d'huile essentielle d'eucalyptus appliquée. Après 24 heures d'exposition, la dose létale 50 (DL50) est d'environ 1,3 µL. Cela signifie que 50 % des abeilles exposées à cette dose mourront dans les 24 heures qui suivent leur intoxication. La DL50 augmente avec le temps d'exposition. Après 72 heures d'exposition, la DL50 est d'environ 3 µL.

Selon **Imdorf et al., (1999)**, plusieurs huiles telles que l'eucalyptus globulus ont démontré une activité toxique (**Figure 51**) contre les abeilles dans les tests réalisés en raison de leur présence de terpènes et de composés phénoliques volatils avec un arôme intense.

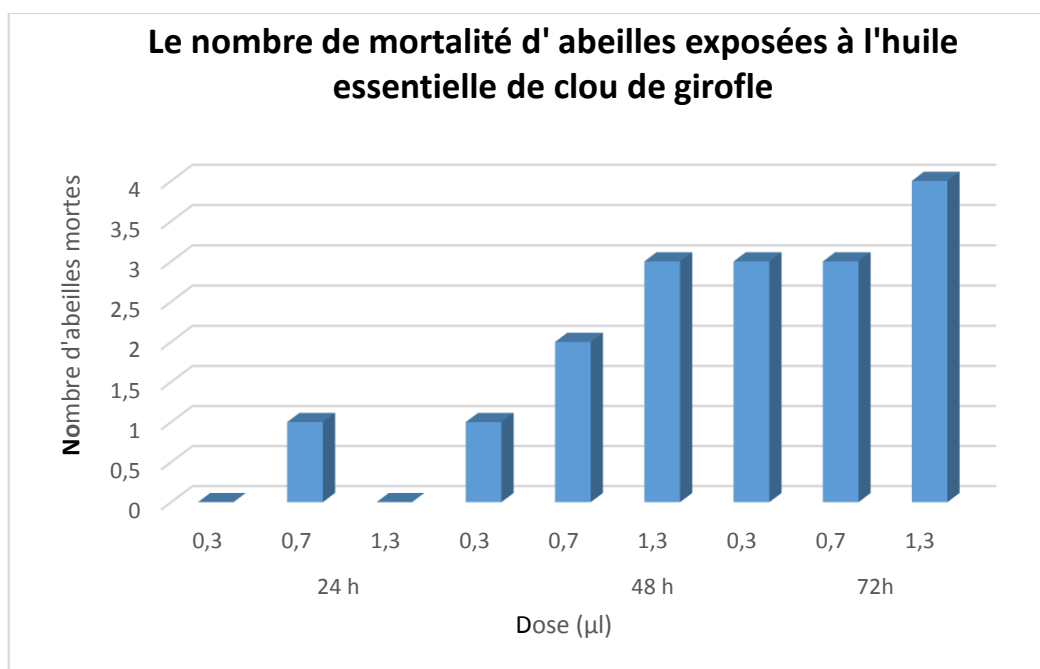
Par ailleurs, **kotwal, (2013)**, mentionne que l'huile d'eucalyptus a une efficacité qui varie en fonction des molécules, de leur association et des dosages utilisés.



- **Figure 51** : L'effet d'intoxication de l'huile essentielle d'Eucalyptus (**Originale, 2024**)

ii. Le clou de girofle

La Figure 52, représente le nombre de mortalité d'abeilles en fonction de la dose de clou de girofle appliquée. L'axe horizontal x de l'histogramme, représente la dose de clou de girofle, exprimée en microlitres (μL), tandis que l'axe vertical y représente le nombre d'abeilles mortes. Les trois courbes représentent le nombre d'abeilles mortes après 24 heures, 48 heures et 72 heures d'exposition à l'huile essentielle de clou de girofle.



- **Figure 52** : Mortalités des abeilles exposées à l'huile essentielle de clou de girofle

L'histogramme montre que **24h** après l'exposition, nous avons remarqué la mort d'une seule abeille pour la dose **0.7 µl**, tandis que les autres individus sont toujours vivants pour les doses **0.3 et 1.3 µl**. Au bout de **48h**, nous avons constaté des mortalités de 1 à 2 abeilles pour les différentes doses. A la fin de **72h**, nous avons remarqué des mortalités supplémentaires de 1 et 2 abeilles pour toutes les doses. Il est évident que le nombre de mortalité d'abeilles est plus élevé après 48h d'exposition qu'après 24 h d'exposition. Cela suggère que le clou de girofle a un effet toxique cumulatif sur les abeilles.

L'histogramme montre que le clou de girofle est toxique pour les abeilles. La dose létale 50 (**DL50**), qui est la dose à laquelle 50 % des abeilles exposées meurent, se situe entre **0,7 et 1,3 µL**.

Ces résultats ont également des implications pour l'utilisation de l'huile essentielle de clou de girofle comme pesticide naturel. Il est souvent utilisé pour lutter contre les parasites des abeilles, tels que le varroa. Cependant, il est important d'utiliser cette huile à des doses bien étudiées, car il peut également être nocif pour les abeilles.

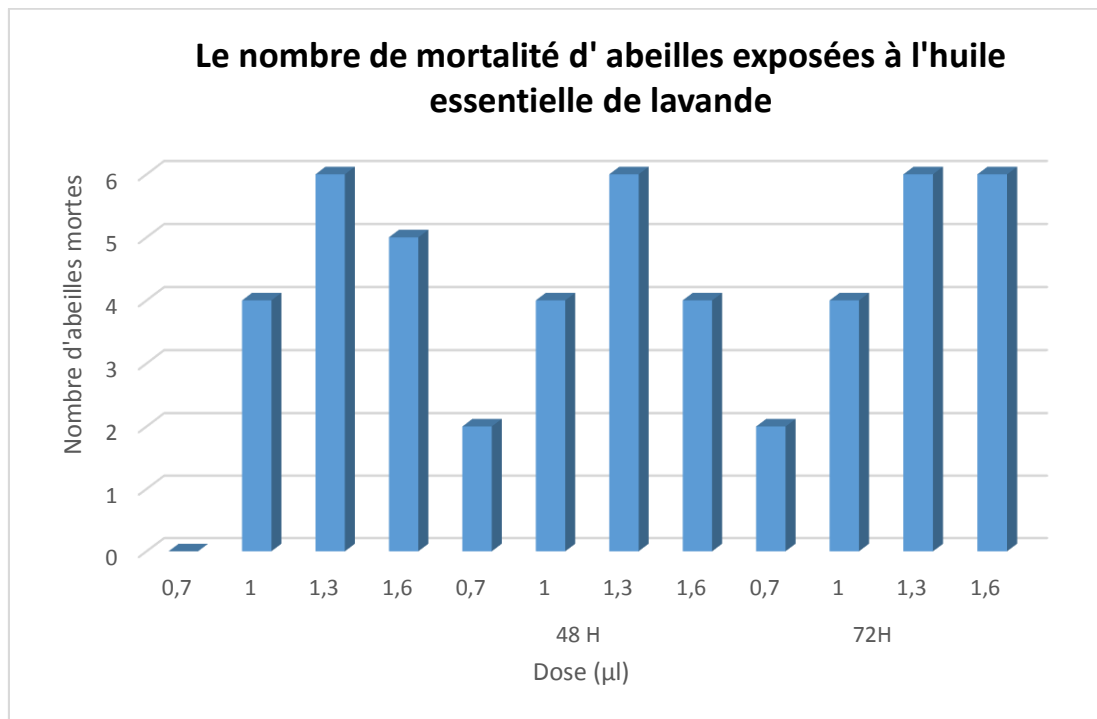
- Effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles de la famille Myrtacée Eucalyptus et clou de girofle :

Les huiles essentielles d'eucalyptus et de clou de girofle présentent une toxicité avérée pour les abeilles. **L'huile essentielle d'eucalyptus** est particulièrement toxique, avec une dose létale 50 (DL50) se situant entre **1,3 et 1,7 µL**. La prudence est de mise pour son emploi dans les produits apicoles, car son inhalation par les abeilles peut s'avérer fatale. Il en est de même pour **l'huile essentielle de clou de girofle** qui est également toxique pour les abeilles, avec une DL50 comprise entre **0,7 et 1,3 µL**. Ainsi, leurs utilisations comme pesticides contre les parasites des abeilles doivent être prudentes et encadrées.

c. Effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles de la famille lamiacées

i. La lavande :

L'étude représentée par la **Figure (53)**, montre la toxicité aiguë de l'huile essentielle de lavande pour les abeilles *Apis mellifera intermissa*. Les abeilles ont été exposées à différentes doses d'huile essentielle de lavande pendant 24, 48 et 72 heures. Le nombre d'abeilles mortes a été prélevé à chaque intervalle de temps.



- **Figure 53** : Mortalités des abeilles exposées à l'huile essentielle de Lavande

Concernant l'exposition à l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* sur la mortalité des abeilles en fonction du temps, après **24h**, aucune mortalité n'a été enregistrée pour la dose **0.7µl**, tandis que *Lavandula stoechas* a conduit à la mort de 4 et 6 abeilles pour les doses **1 ; 1.3 et 1.6 µl** respectivement. Après **48h**, 2 abeilles exposées à la dose **0.7µl** sont morte, en revanche aucune mortalité n'a été observée pour les doses **1 et 1.3 µl** et une abeille supplémentaire a été enregistrée pour la dose **1.6µl**. À **72h**, il n'y a aucune mortalité supplémentaire inscrite pour les doses **0.7 ; 1 ; 1.3 et 1.6 µl**.

D'après la **Figure (53)**, la dose létale 50 (**DL50**) pour les abeilles *Apis mellifera intermissa* est de **1,3 µL** d'huile essentielle de lavande pour une exposition de 24 heures, de **1,6 µL** pour une exposition de 48 heures et de **0,7 µL** pour une exposition de 72 heures.

Les symptômes d'intoxication à l'huile essentielle de lavande chez les abeilles comprenaient la perte de coordination, la paralysie et la mort (**Figure 54**)

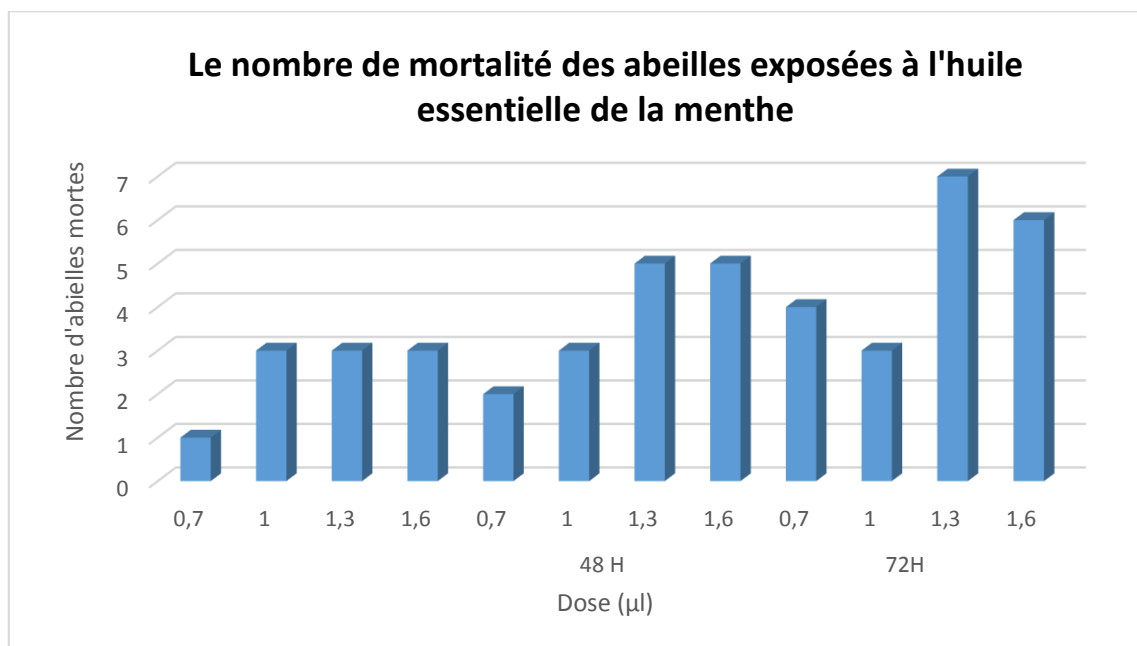


- **Figure 54:** L'intoxication avec l'huile essentielle de lavande (la morte des abeilles) (Originale, 2024)

La toxicité de l'huile essentielle de lavande pour les abeilles est due à plusieurs composés présents dans l'huile, notamment le linalol et le lavandinol. Ces composés peuvent endommager les membranes cellulaires, interférer avec le système nerveux et réduire la capacité des abeilles à réguler leur température corporelle.

ii. La Menthe

L'étude représentée par la **Figure 55**, représente la toxicité de l'huile essentielle de la menthe sur les abeilles *Apis mellifera intermissa*. Les abeilles ont été exposées à différentes doses d'huile essentielle de menthe pendant 24, 48 et 72 heures. Le nombre d'abeilles mortes a été compté à chaque intervalle de temps.



- **Figure 55 :** Mortalités des abeilles exposées à l'huile essentielle de Menthe

Directement après 30 min d'application de l'huile essentielle de menthe, nous avons constaté la mort d'une abeille pour les dose **1 et 1.3 μl** , tandis que pour les doses **0.7 et 1.6** aucune mortalité n'a été enregistrée. **24h** plus tard, nous avons observé une abeille morte pour la dose **0.7 μl** et 2 supplémentaire pour les doses **1 et 1.3 μL** et 3 mortes pour la dose **1.6 μl** . À **48h**, une abeille morte pour la dose **0.7 μl** est observée, plus 2 mortes pour la dose **1.3 et 1.6 μl** . A **72 h** la mortalité a augmenté pour la dose **0.7 μl ; 1,3 ; 1.6 μl** conduite à la morte de 4, 5,6 respectivement.

On peut déduire que le nombre d'abeilles mortes augmente avec la dose d'huile de menthe appliquée. Après 24 heures d'exposition, la dose létale **50 (DL50)** est d'environ **1,3 μL** . Cela signifie que 50 % des abeilles exposées à cette dose meurent dans les 24 heures. Après 72 heures d'exposition, la DL50 est d'environ **1 μL** .

Des études ont montré que l'exposition à court terme à l'huile essentielle de lavande (environ 2 heures) peut avoir un effet calmant sur les abeilles, réduisant leur activité et augmentant leur tendance à se regrouper. Cependant, une exposition prolongée (plus de 24 heures) peut s'avérer répulsive et perturber leur comportement de recherche de nourriture. D'après les résultats obtenus la dose idéale est 0,7 μl à condition que la durée d'exposition ne dépasse pas 24h.

Par ailleurs, des recherches suggèrent que l'huile essentielle de lavande peut perturber la communication phéromonique des abeilles, affectant leur capacité à se localiser et à interagir entre elles (**Goulson, 2013**). D'autres études ont montré que cette huile essentielle peut perturber le système nerveux des abeilles, provoquant des tremblements, une désorientation et des difficultés respiratoires (**Figure 56**).

Plusieurs facteurs peuvent expliquer la variabilité de la toxicité des huiles essentielles observée dans cette étude, notamment la composition chimique des huiles, la concentration appliquée et l'état physiologique des abeilles. Les huiles essentielles peuvent avoir des effets variés sur les abeilles, selon leur composition chimique et leur concentration.



- **Figure 55** : Perturbation de comportement des abeilles (**Originale, 2024**)

L'abeille représente un indicateur biologique de qualité supérieure. Elle veille à la préservation de l'environnement dans lequel elle évolue, et elle contribue également à la biodiversité en tant que pollinisateur.

Notre étude a permis d'apporter des connaissances précieuses sur la toxicité de quatre huiles essentielles (Eucalyptus, Menthe, Lavande et Clou de girofle) issues de deux familles botaniques (Lamiaceae et Myrtaceae) sur l'abeille domestique *Apis mellifera intermissa*. Les résultats obtenus démontrent que ces huiles essentielles présentent toutes une certaine toxicité pour les abeilles, mais à des degrés variables.

L'huile essentielle d'Eucalyptus s'est avérée être la plus toxique, suivie par la Menthe, ensuite par de la Lavande et enfin par le Clou de girofle. Cette toxicité s'est manifestée par une augmentation de la mortalité des abeilles, une diminution de leur activité locomotrice et une perturbation de leur comportement.

Certaines huiles essentielles peuvent avoir des propriétés répulsives contre les parasites et les agents pathogènes. Des doses élevées ou une application inappropriée peuvent s'avérer toxiques pour l'abeille telle que l'eucalyptus.

En conclusion, notre recherche a apporté une contribution importante à la compréhension de la toxicité des huiles essentielles sur les abeilles domestiques *Apis mellifera intermissa*. Les résultats obtenus permettront d'améliorer l'utilisation des huiles essentielles en apiculture et de protéger la santé des abeilles.

Perspectives

Les résultats de cette étude présentent des conséquences importantes pour l'utilisation des huiles essentielles en apiculture. Il est évident de tenir compte de la toxicité potentielle des huiles essentielles pour les abeilles lors de leur utilisation dans les ruches.

Des recherches futures sont nécessaires pour explorer plus en détail les mécanismes de toxicité des huiles essentielles sur les abeilles et pour identifier des moyens de réduire leur impact négatif. Il serait également intéressant d'étudier la toxicité d'autres huiles essentielles issues de différentes familles botaniques et déterminer les doses idéales à appliquer sans nuire aux abeilles.

ADAM B., (2012). L'apiculture. De Boeck Supérieur.

ADAM F., (1953). A la recherche Des Meilleurs lignées d'abeilles (Second Voyage). Publié en Français dans la Belgique Apicole 19 : 72 – 80.

ADAM G., (2010). La biologie de l'abeille Cours Ecole d'apiculture Sud Luxembourg. 26 p.

AFLATUNI A., (2005). The yield and essential oil content of mint (*Mentha* spp) in Northern Ostrobothnia. Oulu University Press, Finland, 52 p.

AFNOR., (2009). Association Française de Normalisation. Norme ISO 4720 : Huiles essentielles- Nomenclature ,3^{ème} éd.

AFSSAPS., (2009). (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé).

AIHUA S., YANEMI L., YING W., (2009). Study on the chemical constituents of the essential oil of the leaves of *Eucalyptus globules*. From China; Asian J. Trad. Med.4 (4):134-140 p.

ALBERTI G., HANEL. H., (1986). Fine structure of the egg envelopes of the honey bee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae). Zoomorphology , 106 (4) , 229 – 242 .

ALIZEE S., (2014). L'acariose des trachées chez les abeilles domestiques. Abeille & Nature, 123 (4), 20 – 22.

ALPHANDREY E., (2002). L'abeille et la vie des abeilles. Edition Robert Laffont.

ANDERSON LK., KLEIN AM., STEFFAN –DEWENTER I., TSCHARNTKE T., WINFRINGE R., (2011). Long-term dynamics of avian , bumblebee , and hoverfly communities in response to tillage , pesticide use , and landscape structure. Biological Conservation , 154 (1) , 98-107.

ATMANI -MERABET G., MERABET B., (2018). Les abeilles mellifères et leur rôle dans la pollinisation des plantes cultivées en Algérie. Revue d'agronomie et d'environnement, 2(1), 1 – 10.

BADGANOV S., CHARRIERE JD., IMDORF A., KILCHENMAM V., ET FLURI P., (2002). Determination of residues in honey after treatments with formic and oxalic acid under field conditions. Apidologie 3: 339 – 409.

BAGDANOV S., (2006). Apitherapy . Bee World, 83 (3) , 5 – 18 .

BAILEY L., (1955). The influence of age on susceptibility of honey bees to *Nosema apis* , Journal of Experimental Biology, 32 (2) , 224 – 231 .

BAKKALI F., AVERBECK S., AVERBECK D ET IDAOMAR M., (2008) .Biological effects of essential oils – A Review. Food and chemical Toxicology. 46 (2).446 - 475.

BALLIS E., (2016). L'apiculture. Delachaux et Niestlé.

BARBANGON F., (2003). Nosema apis , agent of nosemosis in honey bees . Apidologie, 34 (3) , 325-334 .

BARROUR C ET AL., (2011). Forewing shape variation in Algerian honey bee populations of *Apis mellifera intermissa* (Buttel – Reepen 1906) (Hymenoptera: Apidae): a Landmark – based geometric morphometrics analysis. African Entomology 19 (1): 11 – 22.

BASER KH., BUCHBAUER G., (2015). Handbook of essential oils: science technology and applications. CRC Press.

BELLEROSE A., (1883). Traité pratique d'apiculture. Librairie agricole de la Maison Rustique.

BENABDELKADER T., (2012). Biodiversité , bioactivité et biosynthèse des composés terpéniques volatils des *lavandes ailées, Lavandula stoechas sensu lato*, un complexe d'espèces méditerranéennes d'intérêt pharmacologique .Thèse de Doctorat en Science , Filière de Biologie . Université Jean Monnet-Saint-Etienne (France) en co-tutelle avec l'Ecole normale supérieure de Kouba (Alger, Algérie).

BENAYAD N., (2008). Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines :

BENDJEDID H ., ET ACHOU M., (2014). Etude de la diversité morphométrique de deux Algérien populations d'abeilles domestiques (*Apis mellifera intermissa* et *Apis mellifera sahariensis*) du Sud.

BENZEGGOUTA., (2005). Plantes médicinales et aromatiques d'Algérie : une source inestimable de composés bioactifs à propriétés antimicrobiennes. Revue : Revue d'Agronomie. Volume : 8(2) .Pages : 155-170.

BERTRAND B., (2013). Analyse de la diversité génétique de populations d'abeilles de la lignée Ouest Méditerranéenne (*Apis mellifera mellifera*) : Application à la conservation .Université Paris Sud. Paris.

BESOMBES C., (2008). Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction d'hydro-thermo-mécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. Thèse de doctorat.

BINON M., DEFAYS C., (2006). La loque européenne. Abeille & Nature, 115(6) , 14 – 17.

BIRI M., (2010) . Tout savoir sur les abeilles et l'apiculture .Edition De Vecchi .Paris, 13 – 101 p.

Référence bibliographique

- BLANC. P ; (2010).** Apithérapie : l'abeille au secours de vos maux. Editions Jouvence.
- BOECKING O., SPIVAK M., (1999).** Behavioral defenses of honey bees against *varroa jacobsoni* Oud . Apidologie, 30 (2- 3) , 141 – 158.
- BORNECK JM., (1991).** The emergence of deformed wing virus in Europe. Bee World, 72 (3), 81 – 85.
- BOUAKAZ B., TIAB M., (2012).** Contribution à l'étude de la biologie et de l'élevage de l'abeille mellifère *Apis mellifera* L. en zone steppique (Sud _ Est Algérien) .Thèse de doctorat, Université de Batna 2 Algérie. Nathan, Paris , 260 p.
- BOUCHER F., JACQUOT M., DELPUECH JM., (2011) .**Les ennemis naturels des abeilles. Apidologie, 42 (4), 522 – 548.
- BOUSSILA S., (2011) .** Abeilles et miel : Production, transformation et commercialisation. Editions Technique et Scientifique .
- BRUNEAU., (2006).** Titre : Bases physiologiques de la différenciation des castes chez les
- BRUNETON J., (1987).** Pharmacognosie – Phytochimie, plantes médicinales, 4^{ème} éd. Tec & Doc. Editions médicales internationales, Paris : 1188.
- BRUNETON J., (1999).** Pharmacognosie Phytochimie. Plantes médicinales. Editions Tec et Doc .Lavoisier . Paris. 1120 p.
- BURT S., (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. International Journal of Food Microbiology, 94, 223 – 253.
- CAILLAS A., (1974).** Le rucher de rapport : les produits de la ruche , traité pratique d'apiculture moderne. 6^{ème} édition . Edition Loubère.
- CAMERON., (1903).** Titre: The bionomics of the social wasps. Publication: The Journal of the Linnean Society of London, Zoology, 29 (182), 101 – 144.
- CATAYS C., (2016).** Le rôle crucial des pollinisateurs sauvages. Planète Environnement, 150, 30 – 32.
- CHARRIERE Y., IMDORF A., LAMBOUX M., BAUMANN M., FAUCON JP., (2012).** Characterization of the collapse of honey bee colonies in Switzerland . Plos One , 7 (7) , e40859 .
- CHIRON J., HATTENBERGER AM., (2009).** Mortalités, effondrements et affaiblissements des colonies d'abeilles. Afssa Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments .222 .

CLAIR J. (2007). Clair's Gallery. Photo 65.

CLEVINGER J F., (1928). Apparatus for the determination of volatile oil. J. Am. Pharm. Assoc, 17/: 341.

CODEX., (2001) .Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Commission du Codex Alimentarius. Alinorm 01/25, 1-31 de l'abeille, Tome 3. Edition Masson de Cie, Paris, 324 -361 p.

COLIN ME., GARSIA FERNANDEZ P., ET BEN HAMIDAT., (1999). Varroosis. Ciham – Options Mediterraneennes, 25 Bee disease diagnosis: 121 -142.

CROTEAU R., ET HOOPER C., (1978). Metabolism of Monoterpene: Acetylation of (-) – menthol by a soluble enzyme preparation from peppermint (*Mentha piperita*) leaves – Plant Physiol 61. 737 – 742.

DADE H A., (1994) . The hive and the honey bee. Dadant & Sons.

DAR EL OUARRASSIA H., (2011). L'abeille et les produits de la ruche. Edition Dar El Ouarrassia.

DAWSON TD., (1994). Hive management for honey bee health . Bee World, 75(2) , 58-62 .

DECHAUME –MONCHARMONT FX., (2003). Butinage collectif chez l'abeille *Apis mellifera* L. : étude théorique et expérimentale. Thèse de doctorat de l'Université Paris VI, sciences du vivant.

DECOURTEYE A., MADER E., DESNEUX N., (2010). Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. Apidologie, 41: 264 – 277 .

DEGRYSE ET AL., (2008). Safety and efficacy of aromatherapy in clinical practice: a systematic review. Revue: Complementary Therapies in Médecine. Volume: 16(4). Pages: 258-267.

DI PRISCO G., MENDES R., OLIVER M., CAVALIERE C., VARRICCHIO P., LATTANZI V., PENNACCHINI C., (2011) . Genomics of honeybee immune function : insights into disease resistance and response to environmental stressors. Apidologie , 42(3) , 385- 406 .

DOKE MA., FRAZIER M., GROZINGER CM., (2015). Overwintering honey bees: Biology and management .Curs. Opin .Insect Sci .10. 185 – 193.

DURAFFOURD C., JACQUEMOULIN L., BERTRAND Y., MENUT C., (1997). Antitumoral and antibacterial activity of twelve essential oils. Phytotherapie, 25 (3), 12 – 18.

DUVAL L., (2012). Les huiles essentielles à l'officine. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de Rouen.

EVANS JD., (2006). Immune mechanisms in honeybees (*Apis mellifera*). Insect Biochemistry and Molecular Biology, 36 (6) , 625 – 635 .

FARNSWORTH A., BOMPARD E., DRABLIK K., (2007). Plants and their essential oils as potential anti – infective agents. In Medicinal plants and their extracts (pp. 35-64). Taylor & Francis Group.

FAUCON JP., (1992). Les maladies des abeilles. Point Vétérinaire, 242 (40) , 47 – 52 .

FAUCON JP., DRAJNUDEL P., CHAUZAT MP., ET AUBERT M., (2007). Contrôle de l'efficacité du médicament APIVAR ND contre *Varroa destructor*, parasite de l'abeille domestique. « Revue de médecine vétérinaire 158 (6) : 283.

FAUCON M., (2012). traité d'aromathérapie scientifique et médicale. Sang de la terre. 880 p.

FERNANDEZ JC., COINNEAU M., (2007). Les maladies des abeilles . Quae .

FERNANDEZ X., CHEMAT F., (2012). La chimie des huiles essentielles. Editions Vuibert. 288 p.

FLURI B., (1994) . Etude de la longévité des abeilles mellifères en fonction de la saison. Revue Suisse de Zoologie.

FRANCHOMME P., PENOEL D., (2001). L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger. Jollois. 445 p.

FRANCHOMME., (2020). L'aromathérapie scientifique by Dominique Franchomme, Daniel Pénoel, and Jean-Pierre Vernède.

FRERES G., & GUILLAUM M ., (2011) . La vie des abeilles. Edition Quae.

FRIES I., (1995). The impact of climate change on honeybee (*Apis mellifera*) development and distribution . Bee World, 76(1) , 54-56 .

FRIES I., CAMAZINE SO., (2001). Invitation to learning : Honey bee communication in foraging , nest construction , and defense . Oxford University Press .

GABOR A., (2023). Identification des reines des abeilles : un système de marquage international.

GHIDIRA T., OGBUEWU I., ONAWUMNI A., (2008). *Eucalyptus globulus* Labil . A review of its chemistry, pharmacology, safety and potential medicinal applications. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 61 (12), 1517 – 1525.

- GOETZ P., GHEDIRA K., (2012).** Phytothérapie anti-infectieuse: A review of the medicinal properties of clove (*Syzygium aromaticum* L) dans la revue *Phytotherapy Research*.
- GOULSON D., (2013).** *L'abeille et le bourdon : Les pollinisateurs sauvages face aux pesticides*. Éditions Quæ
- GUENTHER E., (1948).** The essential oils: history origin in plants, production and analysis. New
- HACCOUR P., (1960).** Recherche sur la race d'abeilles saharienne au Maroc. *CR Soc Sci Nat Phys. Extrait de la Belgique Apicole* 25 : 13 – 18 .
- HANDA S., KHANUJA S., LONGO G., RAKESH D., (2008).** Extraction technologic for aromatic and medicinal plants. United Nations Industrial Development Organization and the International Centre for Science and High Technology. 260p.
- HOSONOE K., KAWAMOTO M., & IMAI T., (2017).** Thermoregulation in hornets: rapid increase, plateau phase, and rapid decrease. *Journal of Experimental Biology*, 220 (17).
- IMDORFA., BOGDANOV S., OCHOA R ET CALDERONE N M., (1999).** Utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre *Varroa jacobsoni*, parasite des colonies d'abeilles. Centre Sui.
- JASSE JM., (1994).** L'abeille et la pollinisation.
- JAY SC., (1964).** The development of honeybee larvae. Cornell University Agricultural Experiment Station, Ithaca, New York.
- JOHNSON TR., (2013).** Hymenoptera evolution: Integrating molecular data and morphology. *BMC evolutionary biology* 13. 1: 121
- JUERGENS U., MEYER M., BAUER R., (2003).** Efficacy and safety of cineole inhalation in patients with chronic asthma: a randomized, double blind, placebo-controlled trial. *Respiratory medicine*, 97 (12), 1155 – 1161.
- KALOUSTIAN J., HADJI-MINAGLOU F., (2012).** La connaissance des huiles essentielles .Qualitologie et aromathérapie. Springer. 210 p.
- KEHRI S., SONNEBORN U., JOHNSON R., SALLER R., (2004).** Efficacy of standardized eucalyptus extract in the treatment of acute upper respiratory tract infections: A randomized, double blind placebo-controlled rial. *Phototherapy research*, 18(8), 617-623.
- KHENFER MM., MORLIER P., AZZOUZ L., (2001).** Manufacturing process of multilayer sheets . *Concrete Science and Engineering* 3, 185-188

KRUPKE DH ., HUNT GJ., FELTON DJ., FRAZIER JE., (2012) . The role of native bees in crop pollination and the potential effects of honey bees. *Ecological Letters*, 15 (5), 577 – 585.

LAFON JP., THORAND PRAGER C., LEVY G., (1988). Biochimie structural Biologie des plantes cultivées. Tome 1. Lavoisier. TEC. DOC.

LE CONTE Y., (2002). Le traité rustica de l'apiculture. Rustica édition; Paris, p .12 – 83.

LE CONTE Y., (2004). Mieux connaitre l'abeille. La vie sociale de la colonie. In : Bruneau. E ; Brabançon J –M ; Clément H ; Domergo R ; Fert G ; Le conte Y ; Ratia G ; Reeb C ; Vassière B. Le traité Rustica de l'apiculture. Rustica éditions, Paris, 12 – 83.

LE CONTE Y., STRENG L., TROUILLER J., (1994). The recognition of larvae by worker honeybee. *Naturwissenschaften* 81, 462 – 465.

LINNE., (1758). La dixième édition de l'ouvrage *Systema Naturae* publié par le naturaliste suédois Carl Von Linné (ou Carolus Linnaeus), 1758.

LUCCHESI M E., (2005). Extraction sans solvant assistée par les micro-ondes. Thèse pour le diplôme de docteur en sciences (chimie). Université de la Réunion.

MALONE LA., HANNA FM., EVANS JD., (1998) . Genetic diversity in honey bees (*Apis mellifera*) breeding stock; a survey of commercial queen producers in the United States. *Apidology*, 29(2), 151-163.

MARTIN ET AL., (2001). Variations in chemical mimicry by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* according to the developmental stage of the host honey bee *Apis mellifera* “*Insect Biochemistry and Molecular Biology* 31 (4-5): 365 _ 379

MEDORI & COLIN., (1982). Titre : Développement postembryonnaire des Hyménoptères. Publication : *Annales de la Société entomologique de France*, 18 (2), 207 – 224 .

MOUAS Y., BENREBIHA F Z ., CHAOUIA C ., (2017). Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique du romarin *Rosmarinus officinalis L.* *Revue Agrobiologia*. 7(1) : 363-370.

NTEZURUBANZA L., (2000). Essential oils of Rwanda. LASEVE University of Québec, Chicoutimi, Canada; 274.

NYEGUE M., (2005). Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques et médicinales du Cameroun : Evaluation de leurs activités anti radicalaires,

anti-inflammatoires et antimicrobiennes. Thèse de doctorat en chimie organique minérale, analytique et industrielle (p.184) : Université des sciences et techniques de Langue doc. Montpellier.

PARIS M., HURABIELLE M., (1981). Abrégé de Matière médicale, pharmacognosie.

PEDIGO., (2002). Titre : Entomology and pest management . Publication: 6th edition, Prentice Jersey. Hall, New

PETERSON S., (2008). Beekeeping for Dummies John Wiley ET Sons. Le livre disponible en Français sous le titre : l'apiculture pour les nuls (édition Dunod).

PIBIRI., (2006). Editeurs : Denis Reynard et Pibiri. Pages : 285-306 .L'intinérance des savoirs : medicines et pratiques médicales dans l'espace méditerranéen.

POTTS SG., IMPERATRIZ –FONSECA V., NGO HT., BIESMIJER JC., BREEZE TD., DICK LV., GARIBALDI LA., HILL R., SETTEL R., VANBERGEN AJ., (2016). Rapport d'évaluation sur les pollinisateurs, la pollinisation et la production alimentaire. Résumé à l'intention des décideurs.

PROST J., (2005). L'abeille et la société. Editions Quae.

QUEZEL R., SANTA P., (1963). Nouvelle Flore de l'Algérie et de la Région Saharienne.

RAVAZZI L., (1996). L'abeille mellifère . Edition De Vecchi.

REMBOLD H., LACKNER K., PFLUGFELDER O., (1980). Mass and protein content of the honey bee larva (*Apis mellifera*) during its development. Journal of Apicultural Research, 19 (2), 105 – 110.

RIOTTE B., (2017). Guide Huiles Essentielles. Raleigh (Etats Unis) : Lulu. Com. 145p .Mon .

ROSOLOFOARIVAO HE., (2014) .Etude de la pollinisation par les abeilles domestiques (*Apis mellifera L.*) de *Jatropha curcas L.* dans la région d'Analamanga à Madagaxar. Mémoire de fin d'études, Université d'Antananarivo.

ROUBI., (2016) . L'ouvrage : l'abeille domestique. Biologie élevage, produits de Mohamed Rouibi. 978 – 8417 – 7620 – 2

RUTTNER F., (1988) .The foraging? *Apis Dorsata* for Pollen and Nectar. Biogeography and Taxonomy of Honeybee. Ruttner. F (Ed). Springer – Vertag, Berlin Heidelberg, New York: 155 – 120.

Référence bibliographique

SALLE J., (1991). Les huiles essentielles, synthèse d'arômes et introduction à la sympathicothérapie. Ed Frison – Roche. Paris.

SAMMATARO D., AVITABLIE A., (1988). The beekeeper's handbook .Dadant & Sons, Inc

SAUVGER F., (2014). La propolis : définition, récolte, propriétés et utilisation. Tournefeuille le 7 décembre 2014.

SCHEIN O., (2011). Nosemosis in honey bees. Journal of Invertebrate Pathology, 107 (1) , 1-9 .

SMALL E., AND CATLING P., (2000). Les cultures médicinales canadiennes : NRC Research Press.

STARK ET AL., (2000). Titre: Fungal disease detection in honey bee using thermal signatures .Publication: Naturwissenschaften, 87 (11), 504 – 507.

STARKS PT., BLACK KF., COOPER BM., (2000). Fever response of honey bees to infection with *Paenibacillus* larvae . Journal of insect physiology, 46 (5) , 511 – 515 .

TALEB-TOUDERT K., (2015). Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie. Thèse de doctorat, université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie

TERZO M., RASMOT P., (2007). Abeilles sauvages bourdons et autres insectes pollinisateurs. Les livrets de l'agriculture (14).

TESCHE M., ROBBERS C., TERJUNG B., (2008). Efficacy and safety of eucalyptus oil in the treatment of acute upper respiratory tract infections: A randomized controlled trial. Journal of complementary and integrative medicine, 5 (2), 103 – 108.

TODD JH., REED JM., VAN DEN BERG L., (2007). Are honeybees more sensitive to neonicotinoid insecticides than other insects, A comprehensive review and meta-analysis. Bee World , 84(5) ; 82-93 .

TRAORE., (2006). Huiles essentielles et santé : une synthèse des connaissances actuelles. Revue : Afrique Science. Volume : 12(1) .Pages : 37-50.

TULEY DE SILVA K., (1995). A manual on the essential oil industry United Nations Industrial Development Organizations.

VALNET., (2003). Les huiles essentielles, une santé toute naturelle, phytothérapie de la recherche à la pratique ; 2003, 1(1) ; 12.

Référence bibliographique

- VANDAME R., (1996).** L'abeille mellifère : Biologie et comportement. Edition du Point Vétérinaire.
- VISSCHER K., (1983).** Hygienic behavior in honey bee colonies: A review . Bee World, 64 (2), 101 – 124 .
- VON FRICH K., (1950).** The dancing bees : An account of the life and senses of the honey bee
- WAHL O., ULM K., (1983).** Einfluß der Ernährung auf die Anfälligkeit von Honigbienen (*Apis mellifera*) gegenüber der Varroamilbe (*varroa jacobsoni Oued*) . Apidologie , 14(2) , 117-124 .
- WEBSTER TC., PENG Y P., (1988).** The honey bee queen : Ontogeny and behavior . In honey bee pests, predators , and diseases (pp . 33 – 44) . Spring , Dordrecht .
- WEIBULL A., BERGLUND A., LUNDGREN L., (2003).** Effects of pesticide exposure on honeybees (*Apis mellifera*) at two different levels of social organization. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 45(1) , 133-141 .
- WENDLING S., (2012).** *Varroa destructor* (Anderson et Truemann 2000) .Un acarien ectoparasite de l'abeille domestique *Apis mellifera Linnaeus*. 1758. Revue bibliographique et contribution à l'étude de sa production.
- WINSTON ML., (1993).** La biologie de l'abeille. Traduit de l'anglais par G
- YANG X., COX-FOSTER DL., (2005).** Impact of dietary stress on honey bee (*Apis mellifera*) hemocyte function and survivability. Journal of Insect Physiology, 51 (11) 1365 – 1374.
- GOULSON D. ,(2013).** *L'abeille et le bourdon : Les pollinisateurs sauvages face aux pesticides.* Éditions Quæ

Résumé

L'importance de l'abeille domestique est primordiale pour préserver les écosystèmes et assurer la productivité agricole. Néanmoins, les abeilles domestiques font face à des risques de plus en plus importants tels que les maladies, les pesticides et les parasites. Les huiles essentielles provenant de plantes représentent une alternative envisageable aux pesticides synthétiques pour lutter contre les maladies et les parasites. Cette étude a pour objectif d'évaluer l'efficacité et la toxicité des huiles essentielles sur *apis mellifera intermissa*.

L'analyse utilise un protocole expérimental qui consiste à appliquer diverses doses d'huiles essentielles aux abeilles domestiques. Ces huiles sont appliquées sur du papier filtre et placées à l'intérieur des cages de type « Pain ». Le nombre de mortalité est enregistré sur les périodes de 24 ; 48 et 72 heures.

L'huile essentielle d'Eucalyptus s'est avérée être la plus toxique, suivie par la Menthe, ensuite par la Lavande et enfin par le Clou de girofle. Cette toxicité s'est manifestée par une augmentation de la mortalité des abeilles, une diminution de leur activité locomotrice et une perturbation de leur comportement.

Certaines huiles essentielles peuvent avoir des propriétés répulsives contre les parasites et les agents pathogènes. Des doses élevées ou une application inappropriée peuvent s'avérer toxiques pour l'abeille telle que l'eucalyptus.

Abstract

Honeybees play a crucial role in maintaining ecosystems and ensuring agricultural productivity. However, they face increasing threats from diseases, pesticides, and parasites. Essential oils derived from plants offer a potential alternative to synthetic pesticides for controlling diseases and parasites. This study aims to evaluate the efficacy and toxicity of essential oils on *Apis mellifera intermissa*.

The analysis employs an experimental protocol involving the application of various doses of essential oils to honeybees. These oils are applied to filter paper and placed inside "Pain"-type cages. Mortality rates are recorded at 24, 48, and 72 hours.

Eucalyptus essential oil was found to be the most toxic, followed by Mint, Lavender, and Clove. This toxicity was manifested by increased bee mortality, decreased locomotor activity, and behavioral disruption.

