

République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI OUZOU

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES
SCIENCES AGRONOMIQUES

DEPRTEMENT DES SCIENCE BIOLOGIQUE



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en biologie

Spécialité : Biologie de la conservation

Thème

Etude de l'effet acaricide de quatre huiles essentielles
des deux familles Lamiacées et Rutacées contre
l'acarien *Varroa destructor* parasite d'abeille
Apis mellifera

Présenté par :

M^{elle} : BELKESSA Katia

M^{elle} : KENOUI Lamia

Soutenue devant le jury :

Présidente :	CHOUGAR S.	M.C.B.	UMMTO
Promotrice :	MEDJEDOUB-BENSAAD F.	Pr.	UMMTO
Co-Promotrice :	HABBI-CHERIFI A.	M.C.B	UMMTO
Examinatrice :	GUERMAH D.	M.C.B.	UMMTO

Année universitaire : 2021 / 2022

Remerciements

Nous tenons a remercier en premier lieu le bon Dieu, de nous avoir donné 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 de nos sincères remerciements à notre promotrice **M^{me} MEDJDOUB-BENSAAD F.** professeur à l'UMMTO, pour sa précieuse aide, ces orientations et le temps qu'elle nous a accordé pour notre encadrement.*

*A notre co-promotrice **M^{me} HABBI-CHERIFI A MCB** à l'université de Bouira, pour son encadrement, son encouragement, sa gentillesse, sa patience, ses orientations et ses précieux conseils durant toute la période de réalisation de ce modeste travail. Merci infiniment.*

Aux membres de jury :

*Nos vifs remerciements vont à la Présidente **M^{me} CHOUGAR S. MCB** à l'UMMTO, pour le temps consacré à l'évaluation de notre travail à l'examinatrice **M^{me} GUERMAH D. MCB** à l'UMMTO, pour l'intérêt porté à notre travail.*

*Enfin, nos remerciements sont adressés plus particulièrement à nos familles **BELKESSA** et **KENOUI**.*

Dédicaces

A l'aide de Dieu, le tout puissant

Je dédie ce modeste travail :

A Mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, qui m'ont toujours soutenue et encouragée, Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

A Mes très chères sœurs qui ont toujours été à mes côtés, Zakia et Lynda

A Mes très chers frères Mohammed et Hocine

A ma chère Nana et ma grand-mère paternelle Mani que dieu lui accorde une longue vie.

A Mes deux meilleures amies Thinhinane et Kamelia

A mon cher binôme Katia

Ainsi qu'à tous ceux qui me sont chers.

Lamia

Dédicaces

A l'aide de Dieu, le tout puissant

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A ma très chère mère Roza, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père Mohamed Arezki, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

A mon cher oncle Damoh, pour le goût à l'effort qu'il a suscité en moi, ses conseils, son grand amour.

A mes très chères sœurs: Ghania, Yasmine, Warda et Sarah.

A mes cousines : Malika et Fatiha avec leur mère Wiza.

A mes cousins : Samir, Rachid, Kamel et Ali avec sa petite Hadjar et sa femme Djamila

A ma chère grand-mère Waza que Dieu la protège.

A mes tantes paternelles : Roza et Thasadit.

A mes tantes maternelle : Wiza et Malika.

A la famille : Hadj Ramdane chacun avec son propre noms.

A mes copines : Fazia, Linda, Fatima et Zahia.

A mon cher binôme Lamia.

Katia

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : L'hôte <i>Apis mellifera</i>	
1. Généralités sur l'abeille.....	3
2. Position systématique.....	4
3. Etude biologique.....	5
3.1. Morphologie d'abeille domestique.....	5
3.1.1. Tête.....	5
3.1.2. Thorax.....	5
3.1.3. Abdomen.....	6
3.2. Structure de la colonie.....	6
3.2.1. Individus adultes.....	6
3.2.2. Couvain.....	7
3.3 Cycle vital d'abeilles <i>Apis mellifera</i>	8
3.3.1 Stade embryonnaire.....	9
3.3.2 Stade larvaire.....	9
3.3.3 Stade nymphal.....	9
3.3.4 Stade adulte.....	9
4. Maladies et ennemies des abeilles.....	10
4.1. Maladies des abeilles.....	10
4.1.1. Maladies du couvain.....	10
4.1.1.1. Loque américaine.....	10
4.1.1.2. Loque européenne.....	10
4.1.2. Maladies des abeilles adultes.....	11
4.1.2.1. Acariose.....	11
4.1.2.2. Nosémose.....	11

4.1.3. Maladies communes au couvain et aux adultes	12
4.1.3.1. Mycoses.....	12
4.1.3.2. Varroase	12
4.1.3.3. Virus de la Paralysie Aigue (APV)	12
4.1.3.4. Virus des ailes déformés (DWV)	13
4.2. Ennemis des abeilles	13
4.2.1 Fourmis.....	13
4.2.2. Diptère (<i>Braulacoeca</i>).....	13
4.2.3. Coléoptères des ruches	13
4.2.4. Fausse teigne	13

Chapitre II : Le varroa et son effet sur l'abeille domestique

1. Historique et répartition du Varroa.....	15
2. Systématique.....	16
3. Biologie du varroa	16
3.1. Femelle	16
3.2. Varroa mâle	17
3.3. Formes immatures	18
3.3.1. Œuf	18
3.3.2. Larve.....	18
3.3.4. Protonympe	18
3.3.5. Deutonymphe	18
4. Cycle de reproduction de <i>V. destructor</i>	18
5. Nutrition	20
6. Etude de la maladie	20
6.1. Pathogénie de la varroase	20
6.1.1 Pathogénie chez l'individu	20

6.1.2. Pathogénie sur la colonie.....	21
6.2. Facteurs de propagation	21
6.3. Dépistage et évaluation du taux de parasitisme de <i>V. destructor</i>	22
6.4. Symptômes du parasitisme.....	23
7. Moyens de lutte contre le varroa	24
7.1. Méthodes chimiques.....	24
7.1.1. APISTAN®	24
7.1.2. APIVAR®	24
7.2. Méthodes biologiques	24
7.2.1. Application des acides organique.....	25
7.2.1.1. Acide formique.....	25
7.2.1.2. Acide oxalique.....	25
7.2.1.3. Acide lactique.....	25
7.2.2. Application des huiles essentielles	25
7.3. Méthodes biotechniques	26
7.3.1. Plateau grillagé.....	26
7.3.2. Retrait du couvain de mâle.....	26
7.3.3. Formation de nucléi.....	26

Chapitre III : Matériel et méthodes

Objectif du travail.....	27
1. Situation géographique de la région d'échantillonnage	27
1.1. Facteurs climatiques de la région d'étude	27
1.1.1. Température	28
1.1.2. Pluviométrie	28
1.1.3. Humidité.....	29
1.1.4. Rayonnement.....	30

2. Matériel et méthodes	30
2.1. Matériel utilisé.....	30
3. Méthodes	32
3.1. Méthodes d'échantillonnage des abeilles	32
3.2. Méthode d'échantillonnage du varroa.....	33
3.3. Méthode utilisée pour tester l'effet des huiles essentielles au laboratoire	34
4. Analyse statistique.....	34

Chapitre IV : Résultats et discussion

I. Résultats	35
I.1. Effet de la durée d'exposition sur la mortalité des abeilles	35
I.1.1. Effet de la durée d'exposition des abeilles aux huiles essentielles de la famille des Lamiacées.....	35
I.1.2. Effet de la durée d'exposition de la famille des Rutacées	36
I.1.3. Effet des huiles essentielles sur les abeilles	38
I.2. Effet de la durée d'exposition sur la mortalité du varroa.....	40
I.2.1. Effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles de la famille des Lamiacées	40
I.2.2. Effet de la durée d'expositions de la famille des Rutacées.....	41
II. Discussion.....	45
Conclusion.....	47

Références bibliographiques

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
Figure 01	Distribution géographique des races d'abeilles d'Afrique	3
Figure 02	Morphologie de l'abeille	5
Figure 03	Différentes castes de l'abeille domestique	6
Figure 04	Couvain des ouvrières et des faux-bourçons	8
Figure 05	Différents stades de développement d'une abeille ouvrière	8
Figure 06	Dispersion de <i>V. destructor</i> à l'échelle mondiale	15
Figure 07	Femelle du <i>Varroa destructor</i>	17
Figure 08	Mâle varroa adulte	17
Figure 09	Cycle évolutif du varroa	19
Figure 10	Abeille adulte atteinte du DWV	21
Figure 11	Carte de la wilaya de Tizi-Ouzou (Google maps, 2022)	27
Figure 12	Températures moyennes mensuelles, minimum et maximum de la région de Tizi-Ouzou sur dix ans (2010-2020)	28
Figure 13	Précipitations moyennes mensuelles de la région de Tizi-Ouzou sur 10 ans (de 2010-2020)	29
Figure 14	Humidité relative (en %) de la région de Tizi-Ouzou sur 10ans (2010-2020)	29
Figure 15	Nombre d'heures d'insolation dans la région de Tizi-Ouzou	30
Figure 16	Les quatre huiles essentielles utilisées	31
Figure 17	Abeilles échantillonnées	33
Figure 18	Méthode d'échantillonnage du varroa	33
Figure 19	Effet de la durée d'exposition des abeilles à l'huile essentielle de la menthe verte	35
Figure 20	Effet de la durée d'exposition des abeilles à l'huile essentielle de l'origan sauvage	36
Figure 21	Effet de la durée d'expositions des abeilles à l'huile essentielle du citronnier	36
Figure 22	Effet de la durée d'expositions des abeilles à l'huile essentielle du zeste d'orange	37
Figure 23	Effet des huiles essentielles sur les abeilles	38
Figure 24	Effet de la durée d'exposition du Varroa à l'huile essentielle de la menthe verte	40

Figure 25	Effet de la durée d'exposition du Varroa à l'huile essentielle de l'origan sauvage	41
Figure 26	Effet de la durée d'expositions des abeilles à l'huile essentielle du citronnier	41
Figure 27	Effet de la durée d'expositions du varroa à l'huile essentielle du zeste d'orange	42
Figure 28	Effet des huiles essentielles sur le varroa	43

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
Tableau 01	L'importance de l'infestation de Varroa de la colonie d'abeille (Robeaux, 1986)	22
Tableau 02	Analyse de la variance de l'effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles sur les abeilles	37
Tableau 03	Analyse de la variance pour le facteur durée sur la mortalité de l'abeille	38
Tableau 04	Analyse de la variance de l'effet des huiles essentielles sur les abeilles	39
Tableau 05	Analyse de la variance pour le facteur dose sur la mortalité de varroa	39
Tableau 06	Analyse de la variance pour le facteur huile sur la mortalité d'abeille	39
Tableau 07	Analyse de la variance de l'effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles	42
Tableau 08	Analyse de la variance pour le facteur durée sur la mortalité de varroa	43
Tableau 09	Analyse de la variance de l'effet des huiles essentielles sur varroa.	44
Tableau 10	Analyse de la variance pour le facteur dose sur la mortalité de varroa	44



Introduction

L'environnement et l'agriculture sont tributaires de nombreuses et diverses espèces pollinisatrices, dont l'abeille domestique *Apis mellifera* qui est la plus répandue et celle que la mieux connue (Mollier et *al.*, 2009). Elle est apparue sur terre il y a près de 100 millions d'années (Fao 2009). En effet, l'importance de cet insecte se manifeste en tant qu'élément indispensable de l'équilibre environnemental dans le monde notamment pour son rôle dans la pollinisation de très nombreuses espèces de plantes. Elle présente aussi d'autres intérêts comme la production du miel, de la propolis, de la gelée royale et de la cire. Ces produits de la ruche sont connus non seulement pour leur importance économique, mais aussi pour leurs effets bénéfiques sur la santé humaine et animale (Bogdanov, 2006 cités par Rouibi, 2016).

Depuis ces dernières années, les populations d'abeilles connaissent un déclin manifeste et alarmant. Ces insectes précieux, subissent des attaques parasitaires féroces qui nuisent à leur santé et à leur existence ce qui est devenue inquiétant depuis quelques années. En effet, leur taux de mortalité a atteint 30 à 35%, taux anormalement élevé, et qui peut atteindre dans certains cas les 50% de pertes en périodes hivernales et 30% à 40% de pertes en période printanières (Boucher, 2009). Ces problèmes d'affaiblissement des ruches se posent également en Algérie avec acuité depuis les années 1990.

Le monde de l'apiculture s'inquiète sur l'état de santé des colonies d'abeille et des possibilités de disposer et d'appliquer des traitements médicaux adéquats. Cet affaiblissement est connu sous le nom de 'Colony Collapse Disorder' (CCD). Une conjonction de plusieurs facteurs semble expliquer ce problème, mais sont pointés en première ligne les aléas climatiques (chute des températures, neige et sécheresse), modifications du paysage entraînant la réduction des ressources florales, l'exposition à des substances chimiques (produits phytosanitaires), ainsi que de différentes pathologies dont la plus redoutable et la plus répandue est « la varroase » (Straub, 2007). Cette maladie est engendrée par l'acarion *Varroa destructor* qui est considéré actuellement par tous les apiculteurs, comme étant le parasite le plus dangereux de l'abeille domestique *Apis mellifera*.

Le varroa a été signalé pour la première fois à l'île de java en 1994, cet acarion s'est propagé dans le monde entier par plusieurs facteurs tel que la vente des reines et des essaims, ainsi que la transhumance qui ont favorisé la propagation de cette maladie (Garcia-Fernandez, 1995).

Les chercheurs Milani et Dellavedova (2002), Rademacher et Harz (2006) et Gregorc et SmodišŠkerl (2007) ont montré que l'utilisation des acaricides chimiques constitue à l'heure actuelle est la technique la plus adaptée pour lutter contre le varroa à cause de son efficacité et

son application rapide et facile. Cependant, leurs emplois intensifs créent des générations du varroa résistantes à ces produits, et en plus ils peuvent provoquer une pollution des produits des ruches et l'affaiblissement des colonies, ils sont toxiques, non seulement pour les abeilles, mais également pour les produits de la ruche.

Dans ce contexte, l'orientation vers la lutte biologique avec des moyens naturels tels que les plantes aromatiques offre une solution valide car leur présence est normale dans l'ambiance de la ruche. Des chercheurs ont montré que de nombreuses plantes ont un effet antiparasitaire, elles agissent sur le comportement et/ou le développement de certains arthropodes, mais en cours d'utilisation il faut respecter la posologie et le mode d'administration de ces extraits.

L'objectif de ce travail est de déterminer au laboratoire l'effet acaricide de quatre huiles essentielles du citronnier, zeste d'orange, la menthe verte et de l'origan sauvage sur le parasite *V. destructor* ainsi que leurs effets sur l'abeille locale *A. mellifera intermissa*.

Le présent travail comporte quatre chapitres dont le premier et le deuxième présentent une synthèse bibliographique de l'hôte l'abeille *A. mellifera*, et de son parasite *V. destructor* respectivement et le moyen de lutte contre le parasite *V. destructor*. Dans le troisième chapitre porte sur l'ensemble du matériel et des méthodes appliquées au laboratoire pour la réalisation de cette recherche, ensuite dans le quatrième chapitre les résultats des essais au laboratoire qui portent sur l'efficacité de quatre huiles essentielles : citronnier, l'origan sauvage, zeste d'orange et la menthe verte dans la lutte biologique contre *V. destructor*.

Notre travail est clôturé par une conclusion et quelques recommandations.

Chapitre I

*Généralités sur l'abeille
domestique *Apis mellifera**

1. Généralités sur l'abeille domestique

Les abeilles sont apparues il y a 45 millions d'années nettement avant l'homme (Daniel, 1983). Cependant, certains paléontologues découvrirent leurs fossiles dans les ambres de la Baltique depuis plus de 60 millions d'années (Winston, 1993).

Les abeilles appartiennent à l'ordre des Hyménoptères regroupés, dans la super famille des Apoïdeae qui comporte environ 16000 espèces décrites jusqu'à ce jour et 1197 genres dont le genre *Apis*. Ce dernier renferme 9 espèces dont *Apis mellifera* (Michener, 2000).

C'est en 1758 que Linné décrit pour la première fois l'abeille occidentale *A. mellifera* dont le nom de l'espèce vient du latin « mellis » miel et « ferre » porter. Le terme *mellifica* serait plus approprié puisque l'abeille ne fait pas que transporter le miel mais elle le produit à partir du nectar des fleurs butinées (Guerzou et Nadji, 2002 ; Terzoet Rasmont, 2007).

Selon Louveaux (1977) et Le Conte (2002), *A. mellifera* est l'espèce la plus répandue dans le monde. En effet, son aire de répartition s'étend depuis la pointe sud des savanes africaines, passant par la Méditerranée, jusqu'à atteindre la limite de son expansion en Europe du nord et en Scandinavie du sud. Elle a pu s'adapter aux différents climats et flores, ce qui a permis le développement de plusieurs sous-espèces ou races. Elle en compte à ce jour 27 sous-espèces, qui ont été décrites sur la base de certains caractères morphologiques, écologiques et comportementaux (Figure 01) (Le Conte et Najavas, 2008).

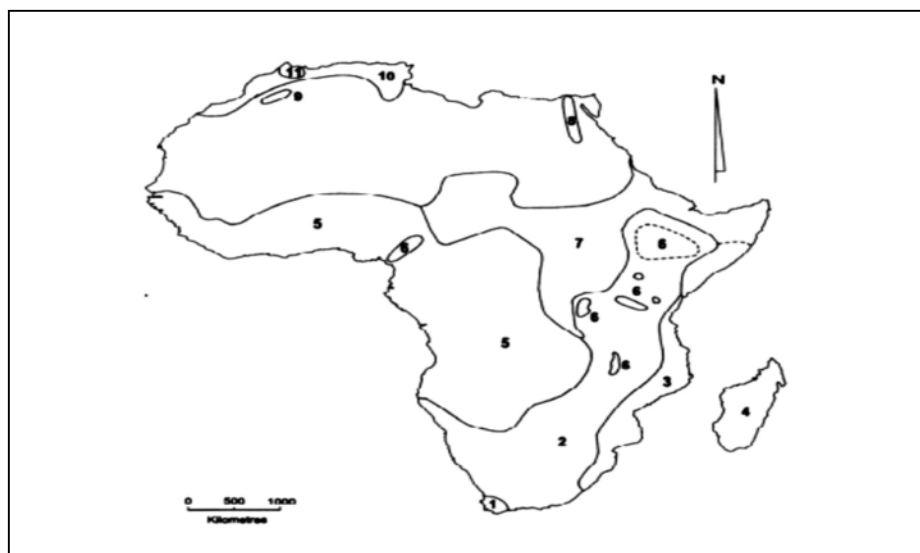


Figure 01: Distribution géographique des races d'abeilles d'Afrique (Ruttner, 1992):
1: *Apis mellifera capensis*, 2: *A.m. scutellata*, 3: *A.m. litorea*, 4: *A.m. unicolor*, 5: *A.m. adansonii*, 6: *A.m. monticola*, 7: *A.m. lamarkii*, 9: *A.m. sahariensis*, 10: *A.m. intermissa*, 11: *A.m. major*.

Les deux races présentes en Algérie sont : la sous-espèce *Apis mellifera intermissa* et *A. mellifera sahariensis* (Philippe, 1994).

1.1. *Apis mellifera intermissa* : Appelée également "abeille tellienne", très répandue au nord du pays. Elle est de couleur noire et réputée par son agressivité, sa grande production de propolis et sa tendance à l'essaimage (Ruttner, 1988). Néanmoins, *A. mellifera intermissa* s'adapte facilement aux grandes variations de conditions climatiques et résiste mieux à certaines maladies (Barour et *al.*, 2011 ; Haddad et *al.*, 2015) .

1.2. *Apis mellifera sahariensis*: Connue également sous le nom d'abeille saharienne. Elle est répartie essentiellement dans les oasis algériennes, elle est d'une coloration jaune d'où le nom de l'abeille jaune. Contrairement à *A. mellifera intermissa*, cet écotype essaime peu (Haccour, 1960 ; Ruttner, 1988). Son intérêt réside dans la pollinisation (Fettal, 1996). Selon Fert (1999), l'abeille saharienne hiverne particulièrement bien et elle est relativement douce, et son couvain compact.

2. Position systématique

Selon Le Conte (2002), la classification systématique d'*A. mellifera* est établie comme suit :

- **Règne:** Animal
- **S/Règne:** Métazoaires
- **Embranchement:** Arthropoda
- **Sous-embranchement :** Hexapode.
- **Classe:** Insecta
- **Ordre:** Hyménoptéra
- **S/Ordre:** Aculéates
- **Famille:** Apidae
- **S/Famille:** Apinea
- **Genre:** *Apis*
- **Espèce:** *Apis mellifera* ou *Apis mellifeca* (Linnaeus, 1758).

3. Etude biologique

3.1. Morphologie d'abeille domestique

Le corps de l'abeille est divisé en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen (Figure 02) (Jeanne, 1998).

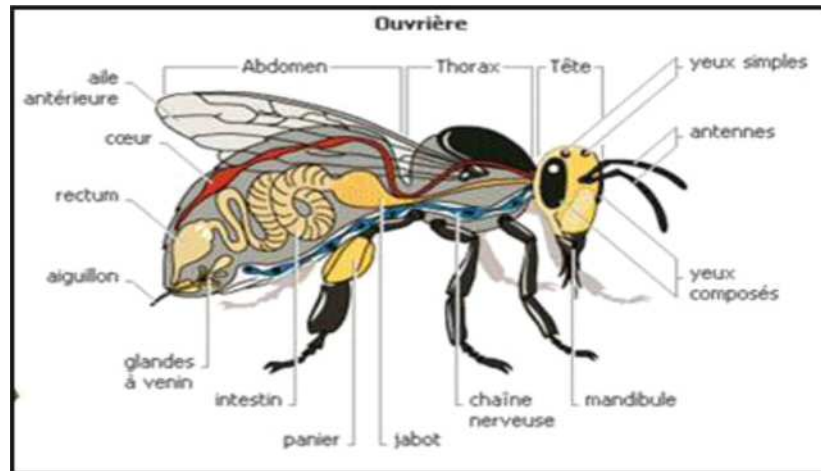


Figure 02: Morphologie de l'abeille (Hennebelle, 2010).

3.1.1. Tête

La tête de l'abeille domestique est de forme ovoïde chez la reine, plus ou moins triangulaire chez l'ouvrière et arrondie chez le mâle (Biri, 2002). Elle contient :

- Les yeux : une paire des yeux composées qui servent à voir les longues distances et trois yeux simples (ocelles) qui lui permettent de voir tout ce qui est proche d'elle.
- Les antennes : jouent le rôle d'organes de sens et de goût.
- L'appareil buccal : est constitué d'une trompe entourée par des mandibules, ainsi que la langue qui lui permet de récolter le nectar ou le miellat.

3.1.2. Thorax

Selon Biri (2010), le thorax est formé de trois segments appelés prothorax, mésothorax et métathorax. Ces derniers sont recouverts d'une enveloppe chitineuse rigide, qui fait office de squelette (Ravazzi, 2007). Le thorax assure la locomotion de l'abeille car il, porte les pattes et les ailes (Clément, 2015). Chaque paire de pattes est spécialisée : l'antérieure est utilisée pour nettoyer les antennes, la médiane et la postérieure sont adaptées chez l'ouvrière à la récolte du pollen dans une corbeille (Ravazzi, 2007).

3.1.3. Abdomen

L'abdomen de l'abeille domestique est composé de sept anneaux interférés. Il renferme le tube digestif, le système respiratoire et circulatoire, ainsi que l'appareil de reproduction et le dard. L'abdomen comporte aussi les différentes glandes : Cireuses et Nassanov qui sont présentes seulement chez les ouvrières, ainsi que les glandes de mâchoire qui sont très développées chez la reine pour la production des phéromones (Adjimi *et al.*, 2011).

3.2. Structure de la colonie

Chez les abeilles, chacun travaille dans l'intérêt du groupe, et de la vitalité de ce dernier dépend la survie de chacun. Au sein de la ruche, aucun individu ne peut vivre seul (Clément, 2009). En fonction de la taille et du stade de développement de la colonie, l'effectif de la population peut varier de 20000 à 80000 individus, dont : une reine, 1000 à 4000 mâles (présents uniquement d'avril à septembre), le reste étant constitué par les ouvrières (Figure 03) (Le Conte, 2002).

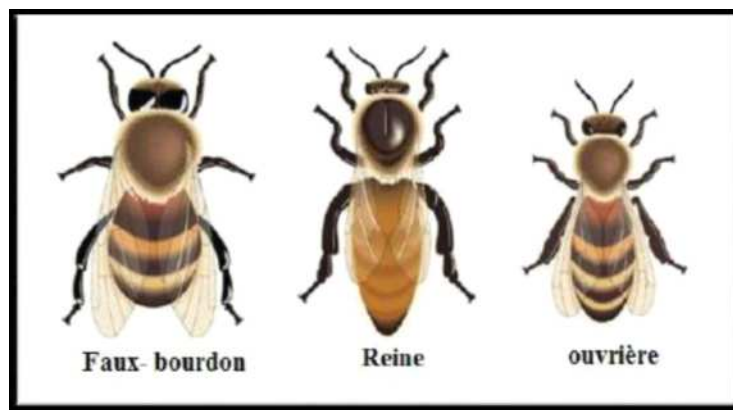


Figure 03: Différentes castes de l'abeille domestique (Rosolofoarivao, 2014).

3.2.1. Individus adultes

3.2.1.1. La reine

La reine est l'unique femelle capable de se reproduire. Ses principales fonctions sont la ponte des œufs et la régulation des activités de la colonie par la sécrétion des phéromones produites par les glandes mandibulaires. Ces phéromones contribuent à la stimulation de la production de cire, inhibition de la construction d'alvéoles royales et le développement ovarien des ouvrières (Le Conte, 2004). D'après Martin (2009), la reine se caractérise par sa longue taille et son abdomen très développé. Sa durée de vie est de 3 à 4 ans. La reine ne

s'accouple qu'une fois et met en réserve le nombre de spermatozoïde dont elle aura besoin, par la suite, elle peut pondre jusqu'à 2.000 œufs par jour (Le Conte, 2002).

3.2.1.2. Les ouvrières (femelles non reproductives)

Ce sont des femelles stériles (non reproductrices) mais possèdent des organes spécialisés pour la récolte de nourriture, la construction ou la défense du nid (Phan- Délègue, 1998). Elles constituent la quasi-totalité des Individus de la ruche : entre vingt et vingt-cinq mille individus en hiver, jusqu'à plus de cinquante mille en pleine saison (Clément, 2009). Deux catégories d'ouvrières se succèdent au cours de l'année : les abeilles d'été qui vivent environ quarante jours (entre trois et six semaines) et les abeilles d'hiver qui survivent jusqu'au printemps suivant, soit quatre à cinq mois. Les abeilles d'été voient leurs tâches évoluer en fonction de leur âge (Le Conte, 2004). En effet, à sa naissance l'ouvrière est nettoyeuse puis devient cirière, magasinnière, gardienne et butineuse jusqu'à la fin de ses jours (Spurgin, 2008).

3.2.1.3. Les faux- bourdons ou mâles

La colonie d'abeilles ne renferme que plusieurs centaines de faux bourdons et sont présents durant quelques mois seulement (Gary, 1992). Les mâles ne naissent qu'à partir du mois de mars. Ils sont caractérisés par un corps trapu, poilu, avec une couleur sombre, et de gros yeux (Zambou, 2009). La principale mission des mâles est la reproduction (Le Conte, 2002). Ils se contentent de consommer le pollen et le nectar apportés par les ouvrières, et attendent l'envol d'une reine vierge pour tenter de la féconder (Clément, 2009).

3.2.2 Le couvain

Le couvain représente les formes immatures du l'abeille, nous distinguons deux types du couvain :

3.2.2.1. Couvain ouvert : Il est constitué des œufs et des larves, dont la durée de vie est de 3 jours pour les œufs des trois castes des larves, 5 jours pour la reine, 6 jours pour l'ouvrière et 7 jours pour le faux bourdon (Phillipe, 2007).

3.2.2.2. Couvain operculé : Il correspond au stade nymphal. Les alvéoles, renfermant les nymphes, sont couvertes par une mince couche de cire produite par les ouvrières cirières (Figure 04). La durée de ce stade diffère d'une caste à une autre, elle est de 7 jours pour la reine, 13 jours pour l'ouvrière et 16 jours pour le mâle (Dade, 1994).

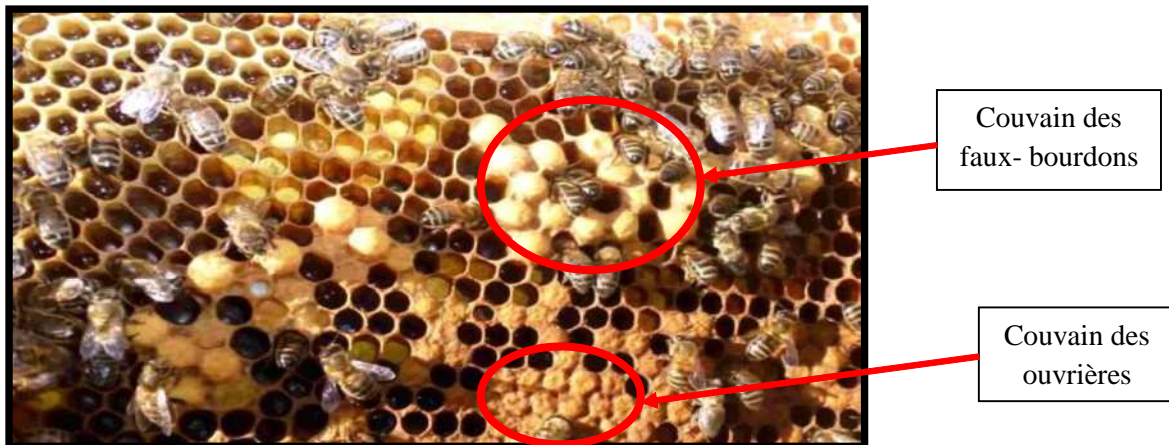


Figure 04 : Couvain des ouvrières et des faux-bourçons (Alice, 2013).

3.3 Le cycle vital de l'abeille *A. mellifera*

Le cycle de vie annuel de la colonie d'abeilles débute en fin d'hiver quand la colonie commence à se développer (Seeley, 2002). L'abeille *A. mellifera* est un insecte à métamorphose complète. Il s'agit d'un insecte holométabole et le cycle de développement est identique pour les trois castes de la colonie, dont les durées sont variables (Figure 05). La reine présente le cycle le plus court qui dure en moyenne 16 jours. Les mâles ont par contre le cycle le plus long, d'une durée moyenne de 24 jours. Le cycle des ouvrières est intermédiaire, il se déroule en moyenne en 21 jours (Prost, 2005).

Les durées de développement varient en fonction des sous-espèces d'abeilles, mais aussi en fonction des facteurs environnementaux comme la température, l'humidité, et la nutrition du couvain (Winston, 1993). La température idéale pour le développement du couvain est de 35°C.

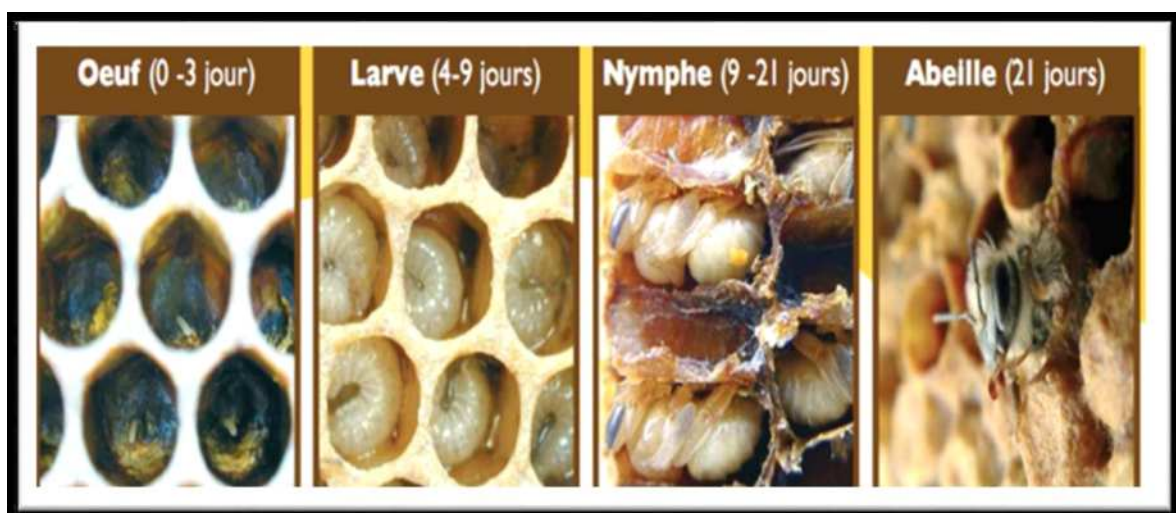


Figure 05 : Différents stades de développement d'une abeille ouvrière (Bertrand, 2003).

Après le stade œuf, cinq stades larvaires se développent successivement dans le couvain ouvert, les larves étant alimentées et soignées par les abeilles nourrices jusqu'à l'operculation de l'alvéole.

3.3.1 Stade embryonnaire

L'œuf est blanchâtre, cylindrique, allongé et légèrement incurvé, il mesure 3mm. Le poids est compris entre 0,12 et 0,22 mg. Ils ont d'abord une disposition verticale au fond des alvéoles, puis oblique et finalement horizontale vers le 3^{ème} jour. L'œuf éclot 3 jours environ après la ponte pour les 3 castes d'abeilles, et donne lieu à une larve (Bertrand, 2003).

3.3.2 Stade larvaire

Au 3^{ème} jour, l'œuf éclot par dissolution de sa membrane. Il devient alors une larve qui a la forme d'un petit ver. La larve passe presque tout son temps à manger la nourriture déposée dans l'alvéole par les abeilles nourrices. Au fur et à mesure que la larve grandit, elle mue à 5 reprises (Bertrand, 2003).

3.3.3 Stade nymphal

Au stade nymphal, la tête, les yeux, les antennes, les pièces buccales, le thorax, les pattes et l'abdomen ont les caractéristiques de celles de l'adulte. La cuticule devient de plus en plus foncée; sa couleur est utilisée pour déterminer l'âge d'une nymphe. A l'intérieur, les muscles et les organes se transforment, puis une ultime mue intervient. Il faudra quelques heures pour que la nouvelle cuticule sèche. Les nymphes, immobiles, ne se nourrissent pas, ne grandissent pas et aucun changement extérieur de forme n'est observé. Les organes internes subissent par contre des remaniements importants. Le stade nymphal dure environ 8 à 9 jours pour les ouvrières et les faux-bourçons, 4 à 5 jours pour les reines. Il est suivi de la 6^{ème} et dernière mue appelée mue imaginale qui va faire passer la nymphe au stade adulte (Winston, 1993).

3.3.4 Stade adulte

Selon Winston(1993), au 21^{ème} jour, l'imago perfore l'opercule de cire avec ses mandibules. Après sa sortie de l'alvéole, l'adulte déploie ses ailes et ses antennes, laisse sécher ses poils puis commence ses activités. Tant que l'exosquelette autour des glandes vulnérantes (contenant le venin) n'est pas durci, la jeune abeille ne peut pas piquer. Dans les 8 à 10 jours suivant la naissance, le développement interne (notamment des glandes) se poursuit. Les reines et les faux-bourçons poursuivent quant à eux le développement de leurs organes reproducteurs.

4. Maladies et ennemies des abeilles

Les abeilles comptent, dans la nature un certain nombre d'ennemies et sont victimes de diverses maladies parfois très dangereuse pour l'existence de la colonie (Ravazzi, 2007).

4.1. Maladies des abeilles

4.1.1. Maladies du couvain : le couvain de l'abeille domestique peut être affecté par plusieurs maladies comme :

4.1.1.1. Loque américaine

La loque américaine est une maladie infectieuse du couvain operculé, elle est due à une bactérie gram+ *Paeni bacillus larvae* qui contamine la jeune larve (Fernandez et Coineau, 2007). D'après Binon et Diel (2006), les principaux symptômes sont :

- Couvain en mosaïque avec des cadres qui semblent humides ou gras.
- Les opercules d'une couleur différente, 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, transformées en masse visqueuse.

4.1.1.2. Loque européenne

La loque européenne (European foulbrood) est une maladie infectieuse et contagieuse du couvain ouvert de l'abeille domestique. Elle est favorisée par un agent pathogène, d'origine bactérienne (*Melissococcus pluton*, *Bacillus alvei*, *Bacillus laterosporus*, *Bacillus laveli*, etc.) (Fluri, 2003). D'après Binon et Diel (2006), les principaux symptômes sont :

- Couvain est en mosaïque ;
- Larves prennent une couleur anormale, jaune à gris brun ;
- Position anormale redressée des larves, elles sont fragiles mais non filantes. Elles meurent généralement avant operculation ;
- Larves et écailles non adhérentes sont facilement évacuées par les abeilles.

4.1.2. Maladies des abeilles adultes**4.1.2.1. Acariose**

L'acariose est une maladie parasitaire contagieuse. Elle est très répandue dans le monde et engendre des pertes économiques (Faucon, 1992). Elle est causée par un acarien microscopique *Acarapis woodi*. C'est un parasite interne qui infeste les trois castes (reine, faux bourdon et les ouvrières) (Delfinando-Baker et Baker, 1984).

L'infection se propage par contact direct, et les abeilles nouvellement écloses sont les plus respectives. Le diagnostic est porté en visualisant les acariens dans la trachée. Les effets pathogènes trouvés chez les abeilles infectées dépendent du nombre de parasite dans la trachée (Otis et Scott-Dupree, 1992). Les principaux symptômes sont :

- Les colonies peuvent dépérir au printemps (Charriere et *al.*, 1998) et ils sont attribuables au dommage mécanique et au désordre physiologique consécutif à l'obstruction des conduits d'air, aux lésions dans les parois des trachées et à la réduction de l'hémolymphe (Otis et Scott-dupree, 1992).

Toutefois, selon le Conte et Navajas (2008), actuellement, l'acarien n'est plus un problème majeur pour l'apiculture mondiale.

4.1.2.2. Nosémose

Selon Barbançon (2003), la nosémose 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.

La nosémose est responsable, des mortalités et d'affaiblissements importants de beaucoup de colonies d'abeilles (Scheiro, 2011). Elle peut évoluer de façon chronique dont les symptômes n'ont aucune caractéristiques qui permettent de les distinguer des autres maladies (Toumanoff, 1951 ; Borchert, 1970). Cependant, Adam (2012) rapporte que les principaux symptômes de la nosémose sont :

- 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 ;

- 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.

4.1.3. Maladies communes au couvain et aux adultes

4.1.3.1. Mycoses

La mycose est un champignon qui se développe et colonise le couvain. Les larves sont blanches ou jaunâtres puis devient sèche au fond des cellules (Le conte, 2004). Deux types de mycoses sont à distinguer:

- ✓ **Ascosphérose** : ou couvain plâtré causé par *Ascophaera apis*, qui appartient à la classe des Ascomycètes. Ce champignon affecte le couvain et provoque la moisissure du pollen et qui apparait surtout en hiver (Biri, 1997).
- ✓ **Aspergillose** : Elle est transmise par des spores présentes dans l'alimentation. Elle est due à la prolifération du champignon *Aspergillus flavus* sur les larves, les pupes et même les abeilles adultes. Elle se distingue de l'ascosphérose du fait que la couleur des larves momifiées est verdâtre (Faucon, 1992).

4.1.3.2. Varroase

D'après Hummel et Feltin (2014), la varroase est une parasitose de l'abeille adulte et de son couvain. Elle est due à un acarien parasite externe hématophage, *Varroa destructor* (Naquet, 2011). L'abeille est alors affaiblie et devient plus sensible aux maladies. Lorsque la colonie n'a pas été traitée du tout, insuffisamment ou mal avant l'hivernage, c'est au printemps, lors des premières sorties que les manifestations de la varroase sont visibles.

4.1.3.3. Virus de la Paralysie Aigue (APV)

Selon Coineau et Fernandez (2007), le virus de la paralysie peut rester latent jusqu'à ce qu'il soit activé sous l'action de facteurs multiples. Le *Varroa* semble être un élément majeur dans l'activation de ce virus qui s'attaque aux adultes et au couvain. Il se multiplie dans l'abeille maintenue à une température comprises entre 30 et 35°C, et entraîne sa mort rapide à une température plus basse.

4.1.3.4. Virus des ailes déformés (DWV)

D'après Barbançon (2003), le DWV (Deformed Wing Virus) persiste dans les colonies grâce à une infection latente, sans signes cliniques. Le virus est associé au varroa et entraîne des mortalités du couvain d'abeilles naissantes mais aussi adultes. Il est responsable de malformations morphologiques nettement visibles sur les abeilles naissantes, plus particulièrement au niveau des ailes, d'où le nom du virus. Ces abeilles ne sont pas viables et sont rapidement éliminées de la ruche par les abeilles encore saines. Les principaux symptômes sont :

- Une malformation des ailes ou ailes déformées et des pattes des abeilles.
- Réduction de la taille du corps avec défaut de pigmentation (Ballis, 2016).

4.2. Ennemis des abeilles

Les principaux ennemis de l'abeille domestique exercent une action néfaste sur les abeilles et des dommages variables sur les divers produits de la ruche (Barbangon, 2002).

Les principaux ennemis des abeilles :

4.2.1 Fourmis : Les fourmis de la famille des Dorylinae attaquent fréquemment les colonies d'abeilles, et consomment le couvain sans toucher au miel. Elles investissent alors les ruches en si grand nombre qu'elles sont capables d'éliminer complètement une colonie en quelques heures. Plusieurs autres espèces de fourmis peuvent quelquefois s'introduire dans la ruche et aux alentours à la recherche d'un abri, ou pour dérober du miel ou du couvain (Paterson, 2008).

4.2.2. Diptère (*Braulacoeca*) : Selon Ravazzi (2003), *B. coeca*, est un insecte qui mesure environ 1 mm de diamètre. Il s'agit d'un parasite relativement inoffensif car il se nourrit du miel qu'il prélève directement suçant l'appareil buccal de l'abeille. Il s'accroche aux poils qui recouvrent le thorax des abeilles et de la reine, et tire sa nourriture de ces dernières.

4.2.3. Coléoptères des ruches : le plus grand coléoptère *Oplostomus fuliginus*, est un coléoptère miellivore surtout dans les colonies faibles. Le grand coléoptère des ruches peut être ramassé à la main sur les rayons (Paterson, 2008).

4.2.4. La fausse teigne : C'est un ravageur des abeilles qui fait plus de dégâts. Il existe deux espèces de fausse teigne : la grande fausse teigne *Galleria mellonella*, la petite fausse teigne *Achroia grisella* (Bradbear, 2010).

Chapitre I : Généralités sur l'abeille domestique *Apis mellifera*

D'après Martire et Rochat (2008), les larves se nourrissent essentiellement de cire, et dans une moindre mesure du pollen. Elles creusent des galeries dans la cire et tissent un réseau de soies pour se protéger des ouvrières. Cela gêne le développement du couvain, que ce soit au niveau de son alimentation par les nourrices ou plus tard au moment de l'éclosion.

Chapitre II

*Le varroa et son effet sur
l'abeille domestique*

1. Historique et répartition du Varroa

Un acarien parasite est récolté pour la première fois en 1904 par l'entomologiste Edward Jacobson sur l'abeille *Apis cerana* (Fabricius, 1973), sur l'île de Java. Puis le Dr Oudemân (acarologue hollandais) donna la première description de ce parasite et le nomma *Varroa jacobsoni* en hommage à celui qui l'a découvert pour la première fois. C'était aux environs de 1960 que le *varroa* a été mis en évidence sur *A. mellifera*. Son rôle pathogène fut ignoré alors que la parasitose s'est propagée avec une extrême rapidité dès 1964 dans le monde entier ne laissant à ce jour aucune zone indemne et entraînant la mort d'un nombre considérable de colonies (Colin, 1982).

En 1980, le *Varroa* atteint les rivages méditerranéens par la Grèce et la Yougoslavie. Sur les autres fronts puis il atteint le continent Africain par la Tunisie, vraisemblablement en 1975, à la suite de l'importation de plusieurs centaines de colonies en provenance de Roumanie. La parasitose gagne du terrain vers l'ouest en Algérie, mais aussi vers l'est et le sud en direction de la Libye.

A partir du Paraguay, sur le continent sud-américain, *Varroa* s'étend depuis 1975 sur la Bolivie, le Brésil au nord, en Uruguay et a remonté vers l'Amérique centrale et l'Amérique du nord (Griffiths et Bowman, 1981). Aujourd'hui le *Varroa destructor* touche une très grande partie du monde (Figure 06).

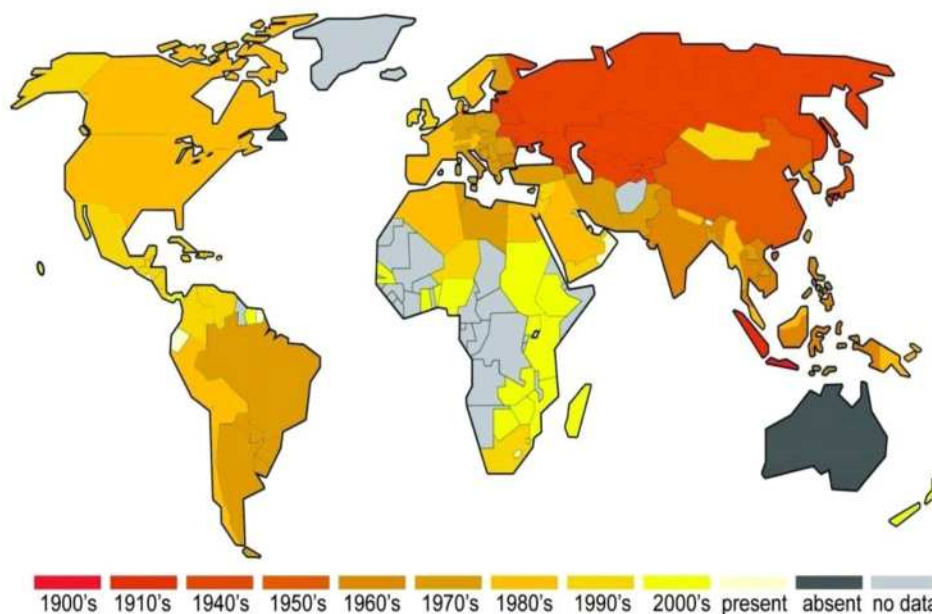


Figure 06 : Dispersion de *V. destructor* à l'échelle mondiale (Wilfert et al., 2016).

2. Position systématique

Selon Anderson et Trueman (2000), le varroa, appartient à la classification suivante :

- **Règne** : Animal
- **Sous Règne** : Métazoaires
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Sous-embranchement** : Chelicerata
- **Classe** : Arachnidae
- **Sous Classe** : Acari
- **Super ordre** : Anactinotrichida
- **Ordre** : Gamasida
- **Sous Ordre** : Mesostigmate
- **Famille** : Varroidae
- **Sous famille** : Varroinae
- **Genre** : *Varroa*
- **Espèce** : *Varroa destructor*

3. Biologie du varroa

V. destructor est une espèce d'acarien à dimorphisme sexuel très marqué. Chez les acariens, l'ontogénèse comprend six stades : prélarve, larve, protonympe, deutonympe, tritonympe et adulte. Cependant, chez le varroa, la prélarve et la tritonympe ont disparus (Fernandez et Coineau, 2002).

Dans une alvéole du couvain de l'abeille infestée du varroa on trouve :

3.1. Femelle

Seule la femelle adulte du *V. destructor*, parasite les abeilles adultes. Elle a un corps ellipsoïdal, fortement sclérotinisé, ventralement aplatie et dorsalement bombée, avec un large bouclier recouvert de poils ; elle mesure entre 1.2 millimètre de long sur 1.7 mm de large. (Weldling, 2014). Ces pattes, courtes et robustes, sont composées de sept articles (de la base à

l'extrémité distale : coxa, trochanter, fémur, génuat, tibia, tarse, apotèle). L'apotèle se termine par une pelote adhésive, souple et transparente (Figure 07).



Figure 07: Femelle du *Varroa destructor* (Goodwing et Vaneaton, 2001).

3.2. Varroa mâle

Selon Lhomme (1990), le mâle n'est pas adapté au parasitisme, puisque son corps est presque sphérique ; il ne dépasse guère 400 μ m, ne sort jamais de l'alvéole et il ne vit que pour la reproduction. Sa couleur varie du jaune clair au blanc. Il possède un appareil buccal non adapté à la succion de l'hémolymphe. Les chélicères sont transformés en spermiodyctyles : une sorte de canule permettant l'injection des spermatozoïdes dans l'appareil génital de la femelle. Par cette modification des chélicères, le varroa mâle est incapable de percer la cuticule de son hôte, mais il peut se nourrir par succion de l'hémolymphe au niveau des plaies infligées par la femelle (Figure 08).



Figure 08 : Mâle varroa adulte (Gilles, 2012).

3.3. Formes immatures

Nous distinguons quatre stades immatures :

3.3.1. Œuf

Le premier œuf est pondu environ 60 à 70 heures après l'operculation de l'alvéole, que ce soit dans le couvain d'ouvrières ou de faux-bourçons. L'œuf est blanc. Présente une consistance élastique et une forme ovoïde. Il mesure environ 300 µm de long et 230 µm de large (Donze et Guerin, 1994 ; Martin, 1994).

3.3.2. Larve

La larve ne se distingue pas de l'œuf et reste enfermé dans l'enveloppe de celui-ci pour débiter son développement 24 heures après sa ponte. Elle est incapable de se nourrir encore moins de se déplacer. Cette larve passe par deux stades larvaires successivement dont protonympe et deutonympe (Robaux, 1986).

3.3.4. Protonympe

Le passage de la larve à la protonympe est appelé pupaison. Son corps qui semble circulaire est de couleur blanc perlé et possède quatre paires de pattes tendues vers l'extérieur et vers l'avant. Elle se déplace peu ou pas, du fait de la disposition de ses pattes, mais elle est capable de percer la larve et la nymphé et de se nourrir de l'hémolymphe. A ce stade, il est difficile de distinguer le mâle de la femelle. Après s'être bien nourrie, la protonympe prend du poids ce qui lui permettra de muer en deutonympe (Robaux, 1986).

3.3.5. Deutonympe

Elle prend l'aspect général propre à son sexe. Les pattes restent rigides et dirigées vers l'avant. Elle se déplace un peu plus que la protonympe et elle ne s'arrête pas de s'alimenter (Robaux, 1986).

4. Cycle de reproduction de *V. destructor*

Selon Fries (2005), le cycle de vie du Varroa est strictement lié à celui de l'abeille. Il présente deux phases : une phorétique et une reproductive qui a lieu dans le couvain operculé des mâles et des ouvrières.

Le premier intervenant dans la reproduction du Varroa est la femelle adulte, dite Fondatrice. Elle est la forme de résistance, la seule qui est présente durant les Période d'hivernage. La femelle fondatrice infeste le couvain pour s'y reproduire : elle quitte la nourrice qui la transporte pour se glisser sous la larve au stade L₅ de l'abeille pour se reproduire au fond de l'alvéole (Noireterre, 2011). Après l'operculation, elle perfore les téguments de la nymphe créant un site de ponction d'hémolymphe, stimule son ovogenèse et commence sa ponte. Chaque femelle pond 5-6 œufs dont le premier se développe en mâle. Adulte, il s'accouple avec ses sœurs en fin de développement. A l'émergence de l'abeille, seules les femelles adultes entament leur cycle de vie.

La phase de phorésie correspond à la période comprise entre la sortie de *Varroa* de la cellule et de son entrée dans une autre cellule (Fig.09) (Dieteman *et al.*, 2013).

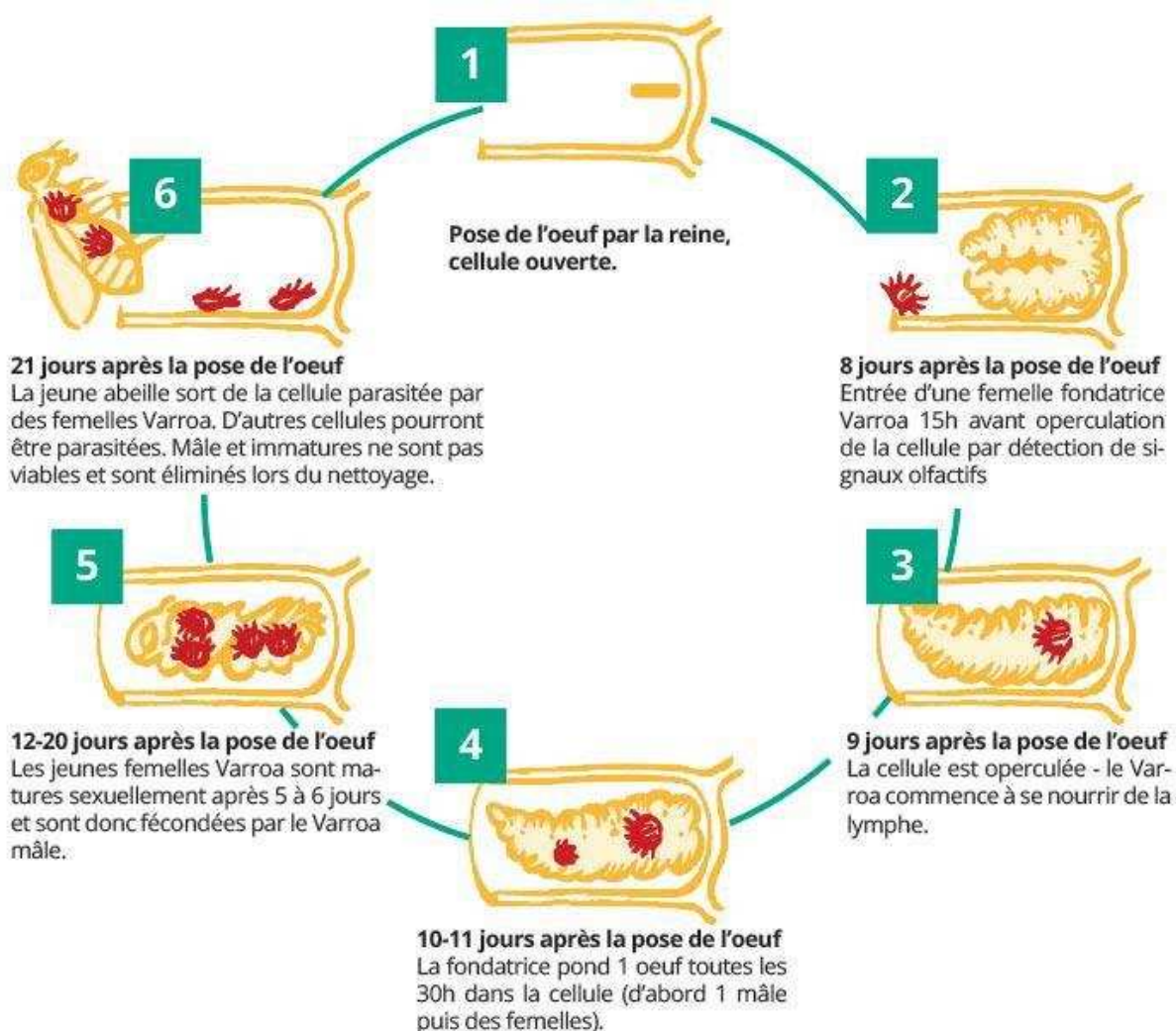


Figure 09: Cycle évolutif du varroa (Martin, 1994).

5. Nutrition

L'hémolymphe de l'abeille constitue la base de l'alimentation de l'acarien. En effet, il contient des substances que varroa utilise tels que les protéines, ces dernières jouent un rôle important dans l'embryogénèse ainsi que dans la locomotion (Fernandez et Coineau, 2002). Au stade prénymphe de l'abeille, la femelle fondatrice monte sur elle et réalise de petits repas à peu de temps d'intervalle. Pendant le stade nymphose, elle se nourrit moins souvent mais effectue des repas plus longs. A ce stade, à l'aide de ces chélicères, la fondatrice perce la cuticule de la nymphe, généralement au niveau du cinquième segment du corps. Cet endroit devient la zone de nourriture qui sera utilisée par la fondatrice et ses descendants pour se nourrir. Les femelles peuvent accepter plusieurs accouplements avec un mâle et dans le cas de pluri-infestation, elles acceptent aussi le mâle de l'autre descendance (Martin, 1994).

6. Etude de la maladie

6.1. La pathogénie de la varroase

L'infestation de l'abeille domestique *A. mellifera* par le *V. destructor* engendre une maladie appelé **la varroase**, cette maladie affecte toutes les formes d'abeilles (larves, nymphes et adultes). Elle est contagieuse et cause un affaiblissement progressif puis un effondrement des colonies (Hanely et Duval, 1995).

6.1.1 Pathogénie chez l'individu

Le parasitisme de *V. destructor* agit sur les abeilles adultes et sur le couvain selon modalités d'actions : spoliatrice, mécanique et vectrice.

➤ **Action spoliatrice :** Les prises répétées d'hémolymphe par *Varroa* conduisent à une diminution de son volume total mais également de son taux de protéines, ce qui compromet le développement de la nymphe (Bowen-Walker *et al.*, 1999). La baisse des protéines totales fluctue entre 10 et 50% chez les nymphes parasitées (Dandeu *et al.*, 1991). Les travaux de Yang et Cox-Foster (2005) montrent que le *Varroa* affaiblit le système immunitaire de l'abeille et la rend plus sensible aux infestations virales et bactériennes.

➤ **Action mécanique :** La présence du parasite chez l'abeille adulte altère son comportement au détriment de ses tâches habituelles. Pour accéder à l'hémolymphe des larves, nymphes et abeilles adultes, les femelles adultes doivent percer la cuticule de leur hôte (Faucon, 2003). Le parasitisme entraîne des malformations et une faiblesse de la jeune ouvrière (raccourcissement de l'abdomen,

déformation des ailes...). Une forte infestation provoque la mort de nymphes avant l'émergence et la naissance d'abeilles mutilées (Boecking et Genersch, 2008). Varroa provoque également une baisse de poids d'environ 30% et une diminution de la longévité (Bowen-Walker et Gun, 2001).

➤ **Action vectrice :** Le rôle de l'acarien dans la transmission de certains virus semble double, d'une part, un rôle vecteur : les piqûres de femelle varroa injectent directement des virus dans l'hémolymphe de l'abeille lorsqu'il se nourrit sur elle ; et d'autre part, un rôle d'activateur, c'est à travers la morsure du varroa que d'autres virus s'activent comme : le virus de la paralysie Aigue (AVP), le virus des ailes déformées (DWV) (Bowen-Walker et al., 1999) (fig.10), le virus du cachemire (KBV) et le virus du couvain sacciforme (Tentcheva et al., 2004).



Figure 10 : Abeille adulte atteinte du DWV (Zioni et al., 2011).

6.1.2. Pathogénie sur la colonie

D'après Wendling (2014), quand l'infestation de la colonie d'abeilles par le *V. destructor* est faible, aucun symptôme clinique n'est visible. Et lorsque l'infestation est modérée, la croissance de la population d'abeilles peut être affectée, ainsi que le niveau de production en miel sera réduit. Cela va entraîner des dommages irréversibles pour la colonie d'abeilles. L'expression clinique la plus caractéristique est la présence d'abeilles trainantes au sol, certaines ont les ailes écartées, déformées, leur corps sera dépourvu de poils, le couvain est en mosaïque et paraît négligé il y'aura donc une réduction du nombre d'abeilles.

6.2. Facteurs de propagation

Selon Simoneau (2004), la varroase se propage par plusieurs voies : d'une abeille à une autre, d'une ruche à ruche et même d'un rucher à un autre; cela est due à plusieurs facteurs, soit naturels par la dérive des butineuses, l'essaimage et le pilage, ou apicoles par la transhumance et

les échanges entre les apiculteurs. D'après Platiere *et al.* (1987), plusieurs facteurs peuvent contribuer à propager le Varroa, dont une partie peut être contrôlée. Parmi les facteurs incontrôlables, nous comptons par exemple :

- La migration des faux-bourçons, qui peuvent facilement voyager 10 à 20 km par jour pour se trouver une nouvelle colonie.
- L'échange des cadres en provenance d'une colonie infestée.
- Le déplacement des ruches.

En France, où l'infestation du Varroa a commencé en 1982, il a été observé que la propagation naturelle n'est toutefois que de quelques kilomètres par année et que c'était plutôt la vente d'essaims et autres pratiques qui dépendent des apiculteurs qui expliquaient l'expansion rapide du Varroa.

6.3. Dépistage et évaluation du taux de parasitisme de *V. destructor*

L'augmentation de la population du Varroa suit celle de la colonie d'abeilles. La situation devient critique en fin d'été quand le couvain diminue alors que le rythme de reproduction du Varroa continue. L'infestation est à son minimum en hiver, elle augmente au cours de la saison apicole où les cellules du couvain mâle sont beaucoup plus infestées que celles du couvain des ouvrières et elle atteint son paroxysme en automne (Boot, 1995 ; Calderone, 2001). Le tableau suivant présente l'importance de l'infestation du Varroa.

Tableau 01 : L'importance de l'infestation de Varroa de la colonie d'abeille (Robeaux, 1986).

% d'infestation calculé	Evaluation de la situation
5% ou moins	Infestation peu sévère, on ne voit pas les varroas facilement
5 à 10%	L'Infestation sévère Hivernage difficile et risqué sans traitement
10 à 20%	Les symptômes sont évidents. Si le diagnostic est fait au printemps la colonie ne passera pas l'hiver
Plus de 20%	Il ne reste que quelques semaines de vie à la colonie
Plus de 30%	La colonie est une perte totale

Le dépistage permet de contrôler l'arrivée et de suivre la progression de la varroase dans un cheptel apicole. Il donne également une idée sur le taux de parasitisme dans une colonie avant ou après un traitement. Plusieurs méthodes sont disponibles et elles ont chacune leur niveau de sensibilité, leurs avantages et leurs inconvénients (Delvin, 2001). Parmi ces méthodes:

➤ **Inspection visuel** : Cette méthode permet un dépistage sommaire de la présence du varroa dans une colonie ou un rucher. À la suite de l'ouverture de la colonie, il faut observer attentivement les abeilles sur les cadres du couvain. Les varroas peuvent être vus cachés entre les segments abdominaux des abeilles laissant seulement une petite portion de leur corps exposé. Quelquefois, on peut les observer se déplacer sur les abeilles et sur les cadres. C'est une méthode sans précision mais rapide.

➤ **Inspection du couvain** : Cette méthode offre une estimation peu précise du niveau d'infestation des varroas dans une colonie. Les varroas ayant une préférence pour le couvain de mâle, il est donc possible de détecter la présence des varroas dans celui-ci (Ritteret Ruttner, 1981 ; Schulz, 1984 ; Fuchs, 1985).

➤ **Chute naturelle sur un carton autocollant** : La pose sur un carton collant graissés recouverts d'une grille sur les planchers de la ruche pour quelques jours, leur lecture et leur remplacement permet d'estimer la mortalité journalière de l'acarien. L'avantage de cette méthode est le fait qu'on puisse récolter les varroas morts à n'importe quelle période de l'année (Robeau, 1986 ; Chapleau, 2006).

6.4 Symptômes du parasitisme

D'après Simoneau (2004), les symptômes les plus évidents quand le niveau d'infestation du *Varroa* est dangereusement élevé sont :

- Les nouvelles abeilles sont plus petites avec des ailes disjointes ou déformées et leurs abdomens sont plus courts.
- Les abeilles rampent près de l'entrée ou sur la planche d'envol.
- Le couvain est atypique et peut laisser penser à l'apparence de mosaïque retrouvée dans la loque (les deux) ou le couvain calcifié.
- La durée de vie des nouvelles abeilles est diminuée.
- Les nymphes infestées de plus de 5 fondatrices peuvent mourir.
- Déclin rapide de la colonie, supercédure de la reine.
- Mort de la colonie entre quelques semaines et 2 ans si aucune action n'est exercée.

7. Moyens de lutte contre le varroa

Les méthodes de luttés utilisées actuellement contre le varroa peuvent être réparties en trois grandes catégories, les deux premières étant les plus largement employées : les méthodes chimiques à base d'acaricides de synthèse, les méthodes biologiques à base d'acides organiques ou d'huiles essentielles et les méthodes mécaniques ou populationnelles (Mond *et al.*, 2016).

7.1 Méthodes chimiques

Plusieurs acaricides sont mis en application dans plusieurs pays du monde. Les plus appliqués sont à base de :

7.1.1. APISTAN®

D'après Fernandez et Coineau (2002), il s'agit d'un cyanopyretretoi qui présente une faible toxicité pour les abeilles. Ce médicament se présente sous forme de lanières en plastique : le principe actif est la fluvalinate qui est libéré progressivement et agit par contact sur les varroas phorétiques. Deux lanières sont placées dans la ruche (une entre les cadres 3 et 4 et l'autre entre les cadres 7 et 8) et doivent être laissées en place 6 à 8 semaines. Laisser ces lanières plus longtemps favorise l'apparition de résistance.

Dans les années 1990, des cas de résistance du varroa au fluvalinate ont été observé ; ce traitement n'a alors plus été conseillé. Cependant, il est préconisé de réaliser une rotation des molécules utilisés.

7.1.2. APIVAR®

L'APIVAR® est un insecticide et acaricide utilisé en agriculture et en médecine il est utilisé dans le traitement ou le dépistage du varroa grâce à son efficacité (Guptal *et al.*, 2012). Ce produit se présente sous forme de lanières de copolymères contenant de l'amitraz qui faut suspendre entre les cadre et laisser en place. Il est conseillé d'utiliser l'amitraz de 6 semaines aussi il est conseillé d'utiliser l'amitraz après la dernière miellée de fin d'été (Faucon *et al.*, 2007).

7.2. Méthodes biologiques

Elles consistent à l'utilisation de certains acides organiques ainsi que des huiles essentielles.

7.2.1. Application des acides organique

7.2.1.1. Acide formique

Seul médicament ayant une action sur les varroas phorétiques et ceux dans le couvain operculé. Ce produit peut avoir des effets négatifs sur le couvain et les reines si la température est supérieure à 30°C (Breton, 2016).

7.2.1.2. Acide oxalique

Selon Adjlane et *al.* (2013), l'acide oxalique est un moyen de lutte alternative contre la varroase, mais il provoque un affaiblissement des colonies d'abeilles. Il doit être appliqué une seule fois dans l'année au cours de la période sans ou avec le minimum de couvain. Il est établi que cet acide traverse la cuticule des insectes et des acariens par voie topique et se retrouve dans les tissus de l'abeille quelques heures après l'administration (Barbançon et Monod, 2005).

7.2.1.3. Acide lactique

Acide 2-hydroxypropanoïque, une molécule utilisée par dégouttement ou pulvérisation sur les abeilles qui n'a aucune action sur le couvain, le traitement ne doit pas donc s'opérer pendant l'hiver quand la température ambiante est supérieure à 4°C (Mallick, 2013).

7.2.2. Application des huiles essentielles

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

Selon Durvelle (1930), les huiles essentielles, sont des substances odorantes huileuses, volatiles, peu solubles dans l'eau, plus ou moins solubles dans l'alcool et dans l'éther, incolores ou jaunâtres, inflammables qui s'altèrent facilement à l'air en se résinifiant. Elles sont liquides à température ordinaire ; quelques-unes sont solides ou en partie cristallisées ; elles n'ont pas le toucher gras et onctueux des huiles fixes dont elles se distinguent par leur volatilité.

Les huiles essentielles sont présentées, généralement comme des substances naturelles « sans danger », mais elles sont aussi des composés puissants (Degryse et *al.*, 2008).

D'après Benzeggouta (2005), les huiles essentielles doivent être utilisées avec une extrême prudence, vu leur composition chimique complexe du fait qu'elles peuvent présenter de très graves dangers lors d'une utilisation aléatoire autonome.

7.3. Méthodes biotechniques

D'après Breton(2016), les principales méthodes utilisées pour contrôler la pression parasitaire exercée par *V. destructor* sont le découpage du couvain mâle, la formation de nucléi et le blocage artificiel de la ponte de la reine par encagement suivi d'un traitement.

L'utilisation d'un plateau grillagé facilite grandement le processus de dépistage et augmente en général l'efficacité des traitements, en éliminant le varroa qui est partiellement affecté et qui tombe en dessous du grillage (Houle, 2004).

7.3.1. Plateau grillagé

La première mesure mécanique permettant de réduire la progression de la population du Varroa est d'équiper les ruches d'un plateau grillagé, à maillage suffisamment fin pour laisser passer les varroa mais pas les abeilles. En effet, régulièrement des varroas chutent au fond de la ruche. Incapable de regagner la colonie par leurs propres moyens, les acariens restent alors prisonniers au fond de ces plateaux (Chapleau, 2003).

7.3.2. Retrait du couvain de mâle

Selon Charriere et *al.* (1998), cette méthode met à profit l'attraction préférentielle des femelles varroa (fondatrices) envers le couvain de mâle. La méthodologie de base consiste à introduire un cadre du couvain de mâle dans la colonie et le laisser jusqu'à l'operculation. Une fois operculé, il suffit de le retirer et de le détruire. Ce type d'intervention vise à freiner le développement des populations du *Varroa* au début de la saison apicole et de diminuer ainsi la pression d'infestation au cours de l'été.

7.3.3. Formation de nucléi

Une autre mesure biologique complémentaire efficace qui réduit une quantité élevée du varroa dans la colonie mère. Il s'agit de diviser la colonie en deux nucléi : une colonie mère et une colonie fille. La quantité du varroa n'est pas modifiée mais elle est répartie entre deux colonies et le taux d'infestation des abeilles est aussi réduit (Simoneau, 2004).



Chapitre **III**

Matériel et méthodes

Objectif de travail

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet acaricide de quatre huiles essentielles à savoir l'huile de l'*Origanum vulgare* (l'origan sauvage), *Mentha spicata* (la menthe verte), le *Citrus sinensis* (zeste d'oranger), ainsi que le *Citrus limon* (citronnier), sur le *Varroa destructor* parasite de l'abeille domestique *A. mellifera intermissa*, en dénombrant la mortalité provoqué par les doses (0,5µl 0,7µl, 1µl) et en déterminant la dose la plus efficace pour neutraliser ce parasite.

1. Situation géographique de la région d'échantillonnage

La présente étude est réalisée dans la wilaya de Tizi-Ouzou, se situant au nord de l'Algérie ; elle est délimitée au nord par la mer méditerranée, au sud par la wilaya de Bouira, à l'est par la wilaya de Bejaia et à l'ouest par la wilaya de Boumerdes.

L'échantillonnage des abeilles ainsi que le couvain ont été effectué plus exactement au niveau de la coopérative agricole polyvalente (CAPTO : ex COOPAPIST) qui se situe à Tabouqirt un village situé dans la commune de Tizi Rached à 20 km à l'est de Tizi-Ouzou, il est traversé par la route nationale N12 et le fleuve Sebaou. (Figure 11)

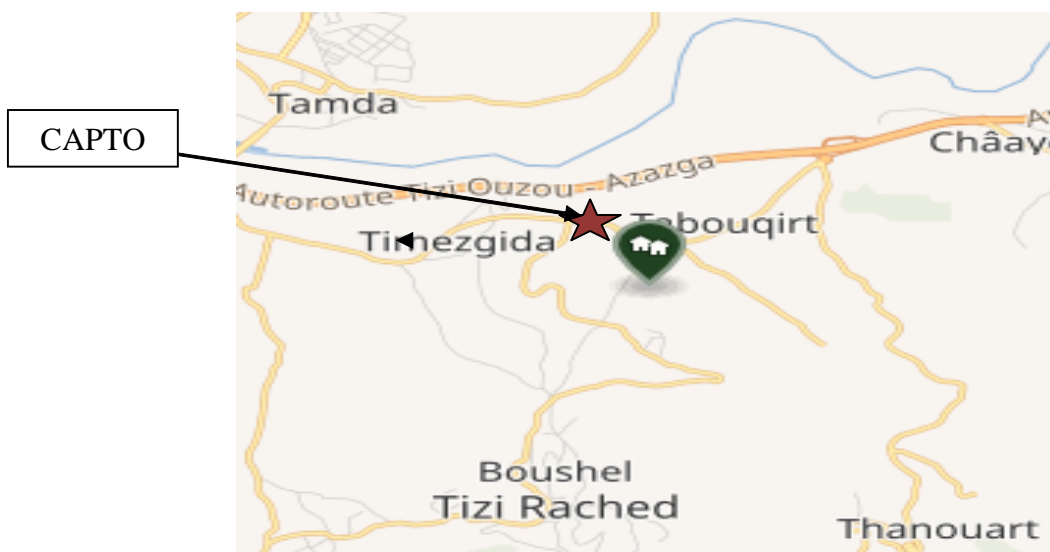


Figure 11 : Situation géographique de la coopérative agricole polyvalente (Goolemap, 2022).

1.1. Facteurs climatiques de la région d'étude

Le climat agit de façon déterminante sur la distribution géographique, le nombre de générations annuelles ainsi que sur l'abondance des arthropodes présents dans les écosystèmes agricoles. Parmi les facteurs climatiques les plus importants, il faut citer la température, l'humidité relative de l'air, la pluviométrie et les vents (Dajoz, 1982).

Les données climatiques recueillies sur dix ans sont à l'origine des enregistrements de la station météorologique de Boukhalfa relevant de l'Office Nationale de Météorologie (ONM Tizi-Ouzou).

1.2. Température

Les températures moyennes mensuelles, ainsi que les températures moyennes mensuelles minimum et maximales enregistrées durant dix ans sont représentées dans la figure suivante.

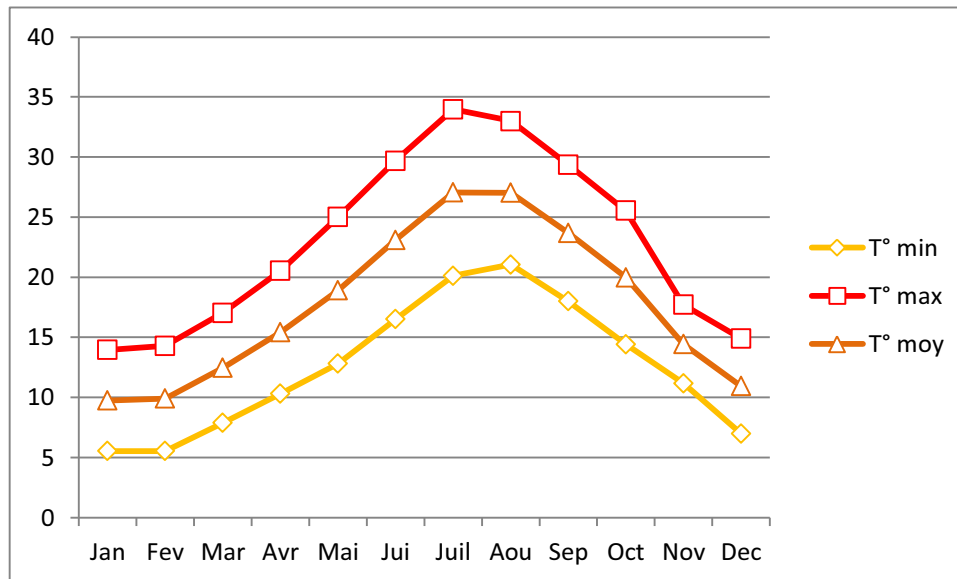


Figure 12 : Températures moyennes mensuelles, minimum et maximum de la région de Tizi-Ouzou sur dix ans (2010-2020) (O.N.M Boukhalfa, Tizi-Ouzou, 2020).

Les valeurs des températures montrent clairement que les mois les plus chauds sont enregistrés durant les mois de juillet et Aout avec des températures moyennes de 21.26°C et 22.21 °C respectivement, arrivant à des pics dépassant les 35 °C en mois de juillet. Par contre, les mois les plus froids sont les mois de janvier et février enregistrant des moyennes de températures de 10.63°C et 10.55°C respectivement avec des températures minimum allant jusqu'à 6.59°C en février.

1.3 Pluviométrie

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la région d'études sont illustrées dans la figure suivante.

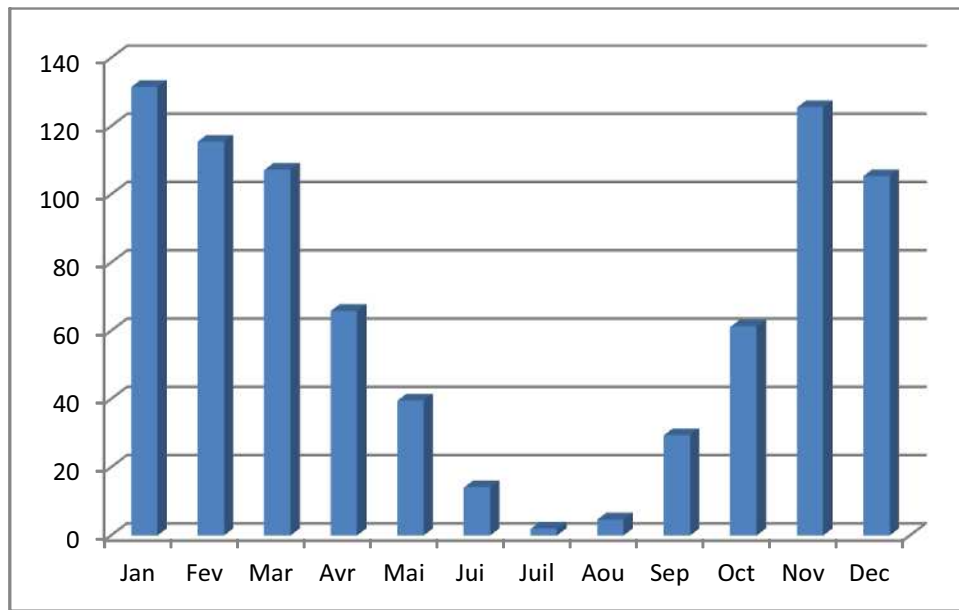


Figure 13 : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Tizi-Ouzou sur 10 ans (de 2010-2020) (O.N.M Boukhalfa, Tizi-Ouzou, 2020).

1.4. Humidité

Les valeurs de l’humidité moyennes mensuelles enregistrées dans la région d’études sont représentées dans la figure suivante.

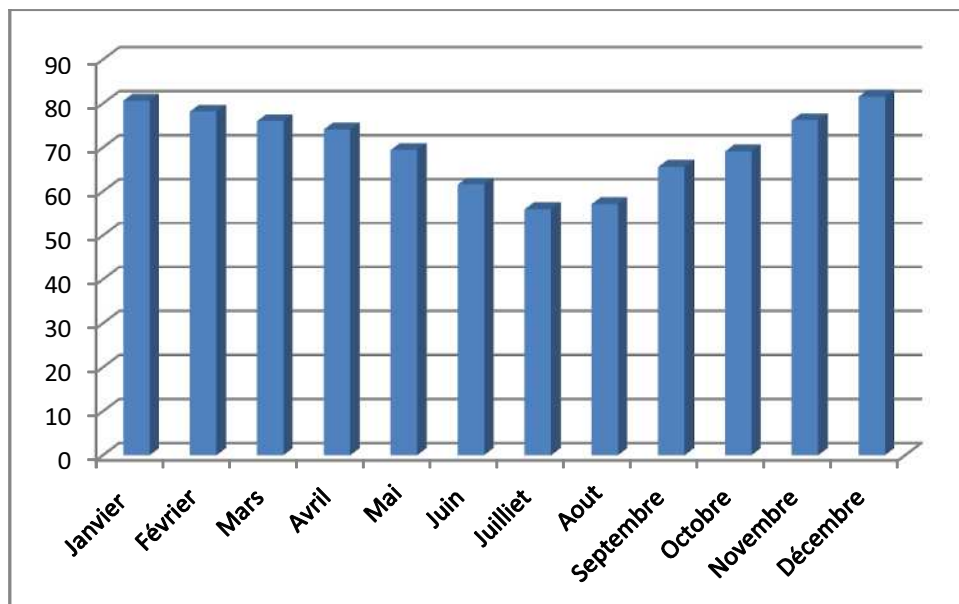


Figure 14 : Humidité relative (en %) de la région de Tizi-Ouzou sur 10 ans (2010-2020) (O.N.M Boukhalfa, Tizi-Ouzou, 2020).

La figure 14 montre que les mois de décembre et janvier sont les plus humides (80.54% et 81.51% respectivement) contrairement aux mois de juillet et aout considérés comme les moins humides (56.19% et 57.34% respectivement).

1.5. Rayonnement

Les valeurs moyennes du nombre d'heures de rayonnement enregistrées sur dix ans (2010-2020) dans la région d'études sont enregistrées dans la figure suivante.

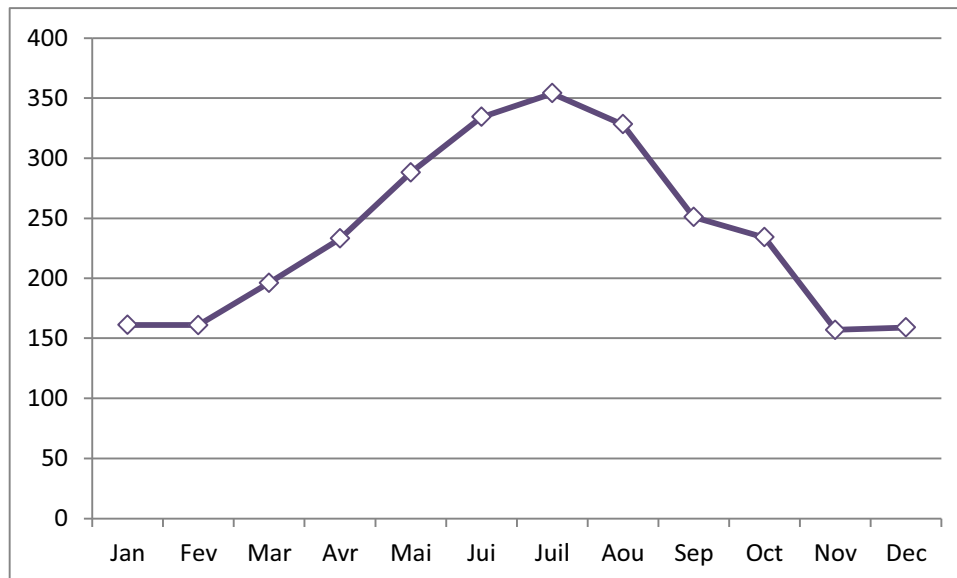


Figure 15 : Nombre d'heures d'insolation dans la région de Tizi-Ouzou (O.N.M. Tizi-Ouzou, 2020).

La figure 5 montre que la période la plus ensoleillée est celle allant de juin à août avec un taux d'ensoleillement le plus élevé enregistré durant le mois de juillet avec 351.59 heures. Par contre, la période la moins ensoleillée s'étale depuis le mois de novembre jusqu'à février.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel utilisé

Pour réaliser notre expérimentation nous avons utilisé le matériel suivant :

- Bocaux en plastique.
- Papier filtre.
- Pince utilisée pour le prélèvement des nymphes d'abeilles et le varroa.
- Boîtes de Pétri utilisée pour collecter le varroa prélevé des nymphes.
- Micropipettes : de 0.5 à 1µl pour le pipetage des huiles.

- Le matériel biologique : l'abeille locale *Apis mellifera intermissa* et son parasite *Varroa destructor*.
- Les huiles essentielles : nous avons utilisés 04 huiles essentielles extraites à partir des plantes locales et achetées du marché local « maison Nectar » :



Figure 16 : Les quatre huiles essentielles utilisées (photo originale 2022).

2.1.1 Menthe verte (*Mentha spicata*)

La menthe verte (*M. spicata*) est une plante vivace de la famille des Lamiacées et qui porte aussi différents noms comme la « menthe en épi », la « menthe douce ». Cette espèce peut atteindre 60 cm de hauteur. Elle est pourvue de stolons qui assurent sa multiplication, ce qui peut la rendre envahissante. Ses feuilles, d'un vert profond, ils sont lancéolées et avec des bords en dents de scie. Ce feuillage porte des glandes sécrétant une essence. Ses fleurs, rosées ou blanches, se réunissent en épiet apparaissent en été (EL Haoud, 2018).

L'extraction de l'huile essentielle de la menthe se fait par la distillation à la vapeur d'eau. Cette huile se compose essentiellement de la Cétones (40 à 80%) (D-carvone, dihydrocarvone, menthone, pulégone), Monoterpènes (18 à 25%) (Limonène, myrcène, camphène, pinènes) Autres composés chimiques: Esters, Oxydes, Monoterpénols, Sesquiterpénols, Sesquiterpènes.

2.1.2 L'origan sauvage (l'*Origanum vulgare*)

L'origan est une plante herbacée vivace dont les tiges sont basses, généralement ligneuse, on trouve plusieurs tiges dressées, de section quadrangulaire ou ramifié, ces tiges peuvent persister l'hiver à l'état sec (Caillaud, 2013). Il porte des branches latérales sur le quart ou la moitié supérieure, de longueur très variable de 10 à 60 cm, la plupart des tiges portent des

poils, au moins à la base dans toutes les espèces, les poils sont simples (Padulsol, 1997). Les Feuilles sont simples, opposées, ovales portent des poils glandulaires ou non sur leur surface (El Brahimi, 2014), elles portent des poches sécrétrices sessiles ou pédonculées, ces glandes sécrétrices sont aussi présentes sur tiges, bractées, calices et corolles (Chickoune, 2007).

Les principaux constituants actifs de l'huile essentielle d'origan sauvage sont des phénols monoterpéniques (carvacrol surtout et thymol), des monoterpènes (alpha et bêta-pinènes) et des monoterpénols (linalol, monoterpènes)

2.1.3. Zeste d'oranger (*Citrus sinensis*)

L'oranger *Citrus sinensis* est un arbre fruitier originaire d'Asie, d'une hauteur de 2 à 3 m et d'une durée de vie de 300 à 400 ans, les orangeries prospèrent dans les régions tempérées disposant d'un hiver doux (Huete, 2012).

L'extraction de l'huile essentielle de *Citrus sinensis* se fait par la pression à froid du zeste des fruits. (Ekakhal et al., 2014). Les principaux constituants actifs de l'huile essentielle de *Citrus sinensis* sont l'acide linoléique (60%), acide oléique (19%), acide palmetique (11%) et l'acide linoléique (5%) (El Akhal et al., 2014).

2.1.4. Le citronnier (*Citrus limonum*)

Le citronnier est un petit arbre épineux à feuilles persistantes, atteignant 3 à 6 m de hauteur, à cime étalée et peu dense, au feuillage vert clair. Les feuilles composées, unifoliolées, alternées, de forme variables, lancéolées et elliptiques, à bord denticulé, de taille très variable de 5 à 10cm. Les fleurs blanches et odorantes. Fruit ovoïde, de 5 à 10cm de diamètre, à peau épaisse, adhérente, jaune clair à maturité odorante. Le citron a plusieurs variétés dont les connues sont : Verno, Eurica, Femminello, Intedonoto etc. (Clement, 1981).

Les principaux constituants actifs de l'huile essentielle du citronnier (*Citrus limonum*) sont limonène (66%), beta-pinène (12%), furcoumarines (3%), l'acide linoléique (5%), (El Akhal et al., 2014)

3. Méthodes

3.1 Méthodes d'échantillonnage des abeilles

Après avoir bien enfumé la ruche, Nous l'avons ouverte afin de prélevé deux à trois cadres pleins d'abeilles et les secouer dans une grande boîte en plastique. Une fois que les

abeilles se sont calmées, nous avons échantillonné environs 80 à 100 abeilles que nous avons mises dans chaque bocal puis on les a transportés au laboratoire.



Figure 17 : Abeilles échantillonnées (photo originale, 2022).

3.2. Méthode d'échantillonnage du varroa

Après avoir bien enfumé la ruche nous l'avons ouverte, par la suite nous avons choisi un cadre du couvain operculé dont la surface est importante. Nous avons coupé un échantillon d'environ 50 cm² du couvain à l'aide un couteau.

Nous avons répété les mêmes étapes dans d'autres ruches jusqu'à ce qu'un nombre fiable d'échantillons de couvain soit obtenu. Ces derniers sont placés dans des boîtes scellées et expédiés au laboratoire. Puis à l'aide des pinces entomologiques nous avons ouvert les alvéoles du couvain operculé afin de prélevé les varroas présents ou fixés sur les abeilles puis les placés dans des boites de pétries.



Figure 18 : Méthode d'échantillonnage du varroa (photo originale, 2022).

3.3. Méthode utilisée pour tester l'effet des huiles essentielles au laboratoire**3.3.1 Méthode utilisée pour tester l'effet des huiles essentielles sur l'abeille**

Pour déterminer l'effet des huiles essentielles sur les abeilles, nous avons suspendus sur chaque bocal, contenant un échantillon d'environ 80 abeilles, du papier filtre à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle puis nous l'avons imbibé d'une dose d'huile (0.5 μ l, 0.7 μ l et 1 μ l) avec une micro pipette.

Nous avons effectué trois répétitions pour chaque dose, et nous avons varié la durée d'exposition (1h, 12h, 24h et 48h) puis nous avons dénombré le nombre d'abeilles mortes sous l'effet de chaque huile et chaque dose.

4. Analyse statistique

Les résultats obtenus durant notre étude ont fait l'objet d'une analyse statistique qui est une analyse de la variance (ANOVA) à trois critères de classification, au risque d'erreur 5% par le logiciel stat box version 6.4. Ce test permet de comparer les moyennes entre elles et les classer en groupes homogènes.

Si la probabilité (p) est :

$P < 0.05$ il n'y a pas de différence significative.

$0.01 < p \leq 0.05$, il y a une différence significative.

$0.001 \leq p \leq 0.01$, il y a une différence hautement significative.

$p \leq 0.001$, il y a une différence très hautement significative

Lorsque cette analyse montre des différences significatives, elle est complétée par le test de NEWMAN et KEULS afin de déterminer les groupes homogènes.



Chapitre **IV**

Résultats et discussion

I. Résultats

I.1. Effet de la durée d'exposition sur la mortalité des abeilles

I.1.1. Effet de la durée d'exposition des abeilles aux huiles essentielles de la famille des Lamiacées

I.1.1.1. La menthe verte (*Mentha spicata*)

L'évolution temporelle de la mortalité des abeilles *A. mellifera intemissa* sous l'effet la durée d'exposition à l'huile essentielle de la menthe verte est présentée dans la figure 19.

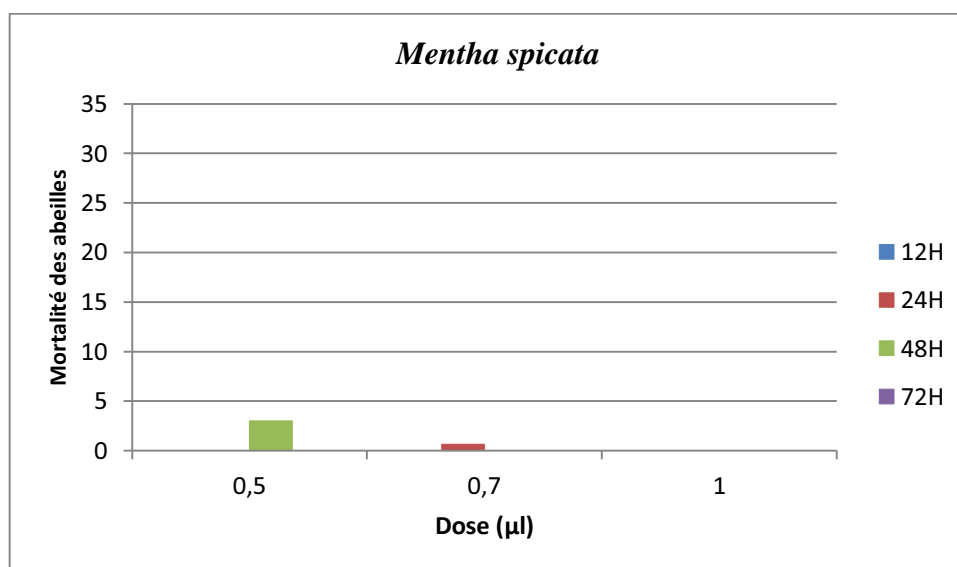


Figure 19 : Effet de la durée d'exposition des abeilles à l'huile essentielle de la menthe verte.

Nous constatons que l'huile essentielle de la menthe verte provoque une faible mortalité des abeilles qui ne dépassent pas un individu après 24h d'exposition pour la dose 0.7µl. Par contre, après 48h, nous avons enregistré une mortalité qui s'élève jusqu'à 3abeilles avec la dose 0.5µl.

I.1.1.2. L'origan sauvage (*Origanum vulgare*)

L'évolution temporelle de la mortalité des abeilles *A. mellifera intemissa* sous l'effet la durée d'exposition à l'huile essentielle et l'origan sauvage est présentée dans la figure 20.

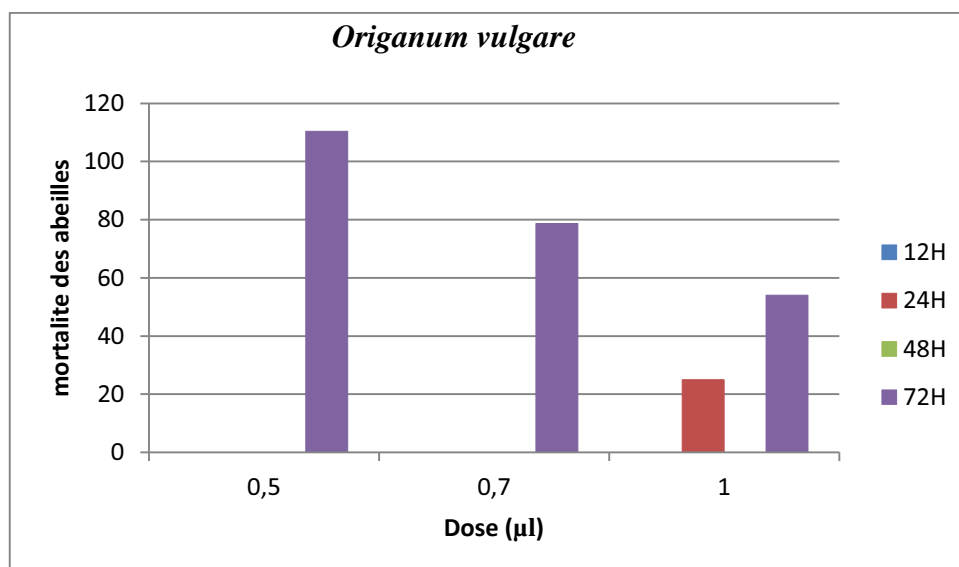


Figure 20 : Effet de la durée d'exposition des abeilles à l'huile essentielle de l'origan sauvage.

Après 24h d'exposition à l'huile d'origan sauvage, nous avons obtenu 23 abeilles à la dose 1µl. Alors qu'après 72h d'exposition, le nombre d'abeilles mortes varie entre 80 et 100 individus avec les doses 0.7µl et 0.5µl.

I.1.2. Effet de la durée d'exposition de la famille des Rutacées

I.1.2.1. Citronnier (*Citrus limonum*)

L'évolution temporelle de la mortalité des abeilles *A. mellifera intemissa* sous l'effet la durée d'exposition à l'huile essentielle du citronnier est présentée dans la figure 21.

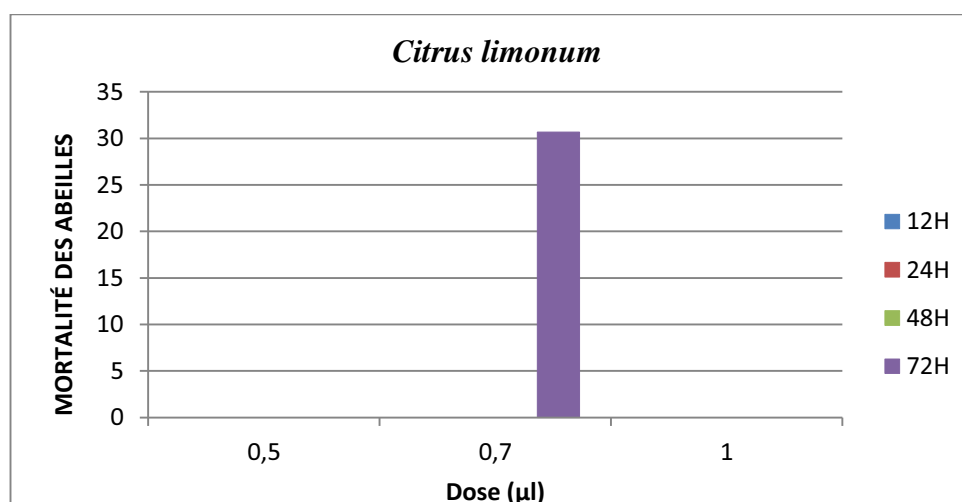


Figure 21: Effet de la durée d'expositions des abeilles à l'huile essentielle du citronnier.

Nous remarquons qu'à la dose 0.5µl et 1µl, l'huile essentielle du citronnier ne cause aucune mortalité des abeilles quel que soit la durée. Alors qu'à la dose 0.7µl une mortalité remarquable de 30 individus est enregistrée après 72h d'exposition.

I.1.2.2. Zeste d'oranger (*Citrus sinensis*)

L'évolution temporelle de la mortalité des abeilles *A. mellifera intemissa* sous l'effet la durée d'exposition à l'huile essentielle du zeste d'orange est présentée dans la figure 22.

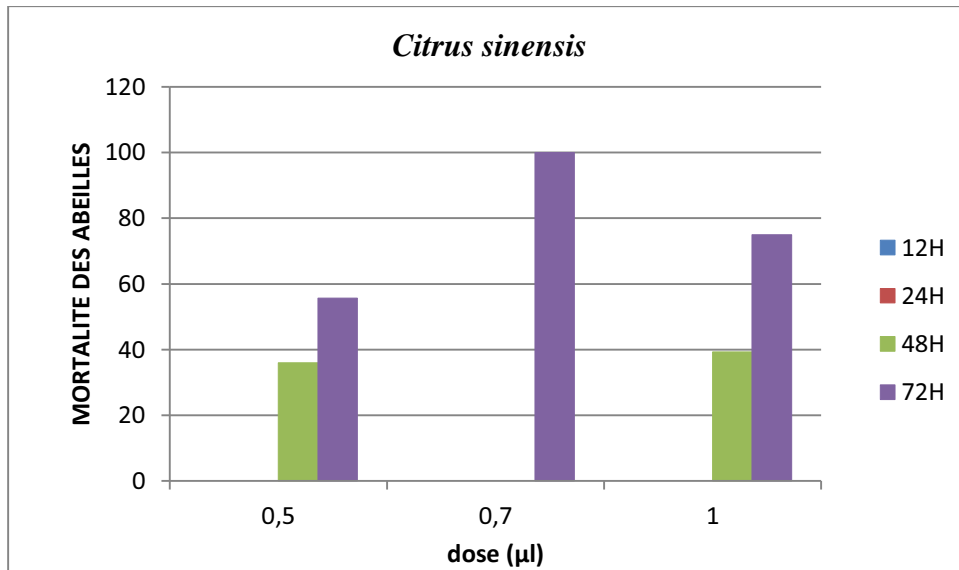


Figure 22 : Effet de la durée d'expositions des abeilles à l'huile essentielle du zeste d'orange.

L'huile essentielle de zeste d'oranger provoque après 48h d'exposition, une mortalité moyenne de 38 et 40 abeilles aux doses 0.5µl et 1µl respectivement. Après 72h, nous enregistrons une mortalité allant de 59 à 100 individus avec les toutes les doses.

L'analyse de la variance à trois critères de classification montre une différence significative (P=0) pour le facteur durée (Tableau 2).

Tableau 2 : Analyse de la variance de l'effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles sur les abeilles.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VAR.TOTALE	151444,9	191	792,906		
VAR.HUILE	11363,66	3	3787,885	12,12	0
VAR.DUREE	31623,97	3	10541,32	33,729	0
VAR.RESIDUELLE 1	40004	128	312,531		

La comparaison des moyennes élaborées à travers le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de 5%, classe les moyennes obtenues pour le facteur durée, en 2 groupes. La durée de 72h est classée dans le groupe A. Alors que les durées de 12h, 24h et 48h sont classées dans le groupe B (Tableau 3).

Tableau 3 : Analyse de la variance pour le facteur durée sur la mortalité de l'abeille.

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
72h	30,917	A	
48h	2,438		B
24h	1,604		B
12h	0		B

I.1.3. Effet des huiles essentielles sur les abeilles

Les résultats relevés sur l'évolution temporelle de la mortalité des abeilles sous l'effet des bioproduits à base d'huiles essentielles appartenant à la famille des Rutacées (citronnier et le zeste d'oranger) et la familles des lamiacées (la menthe verte et de l'origan sauvage), sont présentés dans la figure 23.

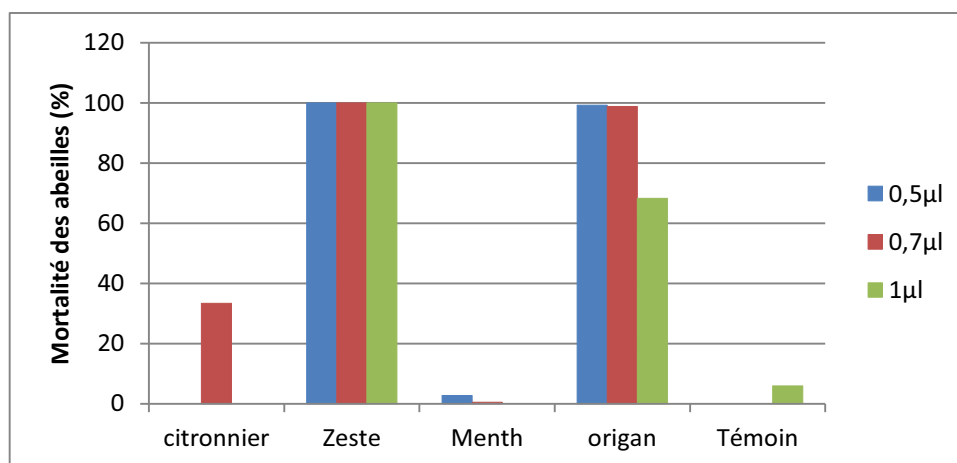


Figure 23 : Effet des huiles essentielles sur les abeilles.

Il ressort de ce graphe que les huiles essentielles du citronnier et la menthe verte n'enregistrent qu'un faible taux de mortalité des abeilles qui est respectivement de 0.1% à la dose de 0.7µl et de 0.5% à la dose de 0.5µl. Par contre, les huiles de zeste d'oranger et de l'origan sauvage provoquent une mortalité importante de 34% aux doses de 0.5 µl, 0.7µl et 1 µl.

L'analyse de la variance à trois critères de classification montre qu'il y a une différence significative pour le facteur huile essentielle ($p=0$) et une différence hautement significative pour le facteur dose ($P=0$) (Tableau 4).

Tableau 4 : Analyse de la variance de l'effet des huiles essentielles sur les abeilles.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VAR.TOTALE	151444,9	191	792,906		
VAR.HUILE	11363,66	3	3787,885	12,12	0
VAR.DOSE	5414,391	3	1804,797	5,775	0,00109
VAR.RESIDUELLE 1	40004	128	312,531		

La comparaison des moyennes élaborées à travers le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de 5%, classe les moyennes obtenues pour les facteurs dose et huile essentielle en deux groupes homogènes.

Les trois doses 0.5 μ l, 0.7 μ l, 1 μ l qui provoquent plus de mortalité d'abeilles sont classées dans la classe A. La classe B renferme la dose 0 μ l c'est à dire le témoin. (Tableau 5)

Tableau 5 : Analyse de la variance pour le facteur dose sur la mortalité de varroa.

LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGENES	
0.7 μ l	13,188	A	
0.5 μ l	12,813	A	
1 μ l	8,958	A	
0 μ l	0		B

D'autre part, les huiles essentielles, les huiles du zeste d'oranger et l'origan sauvage qui sont les plus toxiques pour des abeilles, sont classées en groupe A. L'huile du citronnier et la menthe verte sont classées dans le groupe B (Tableau 6).

Tableau 6 : Analyse de la variance pour le facteur huile sur la mortalité d'abeille.

LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGENES	
Zeste d'oranger	16,729	A	
Origan sauvage	16,083	A	
citronnier	1,917		B
Menthe verte	0,229		B

I.2. Effet de la durée d'exposition sur la mortalité du varroa

I.2.1. Effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles de la famille des Lamiacées

I.2.1.1. La menthe verte (*Mentha spicata*)

L'évolution temporelle de la mortalité du Varroa sous l'effet la durée d'exposition à l'huile essentielle de la menthe verte est présentée dans la figure suivante.

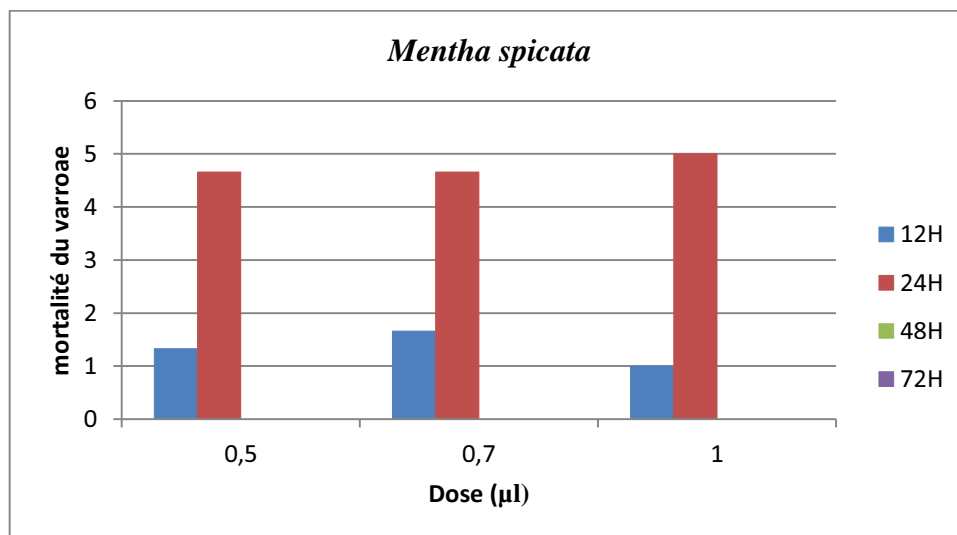


Figure 24 : Effet de la durée d'exposition du Varroa à l'huile essentielle de la menthe verte.

Nous constatons que l'huile essentielle de la menthe verte provoque une faible mortalité du varroa qui est de 1,2, 1,5 et 1 individu pour les dose 0,5 µl, 0,7 µl et 1 µl respectivement après 12h d'exposition. Par contre, après 24 h, nous avons enregistré une mortalité moyenne qui s'élève jusqu'à 4,5 individus avec la dose 0,5µl et 5 individus avec la dose 1 µl.

I.2.1.2. L'origan sauvage (*Organum vulgare*)

L'évolution temporelle de la mortalité du Varroa sous l'effet la durée d'exposition à l'huile essentielle de l'origan sauvage est présentée dans la figure 25 :

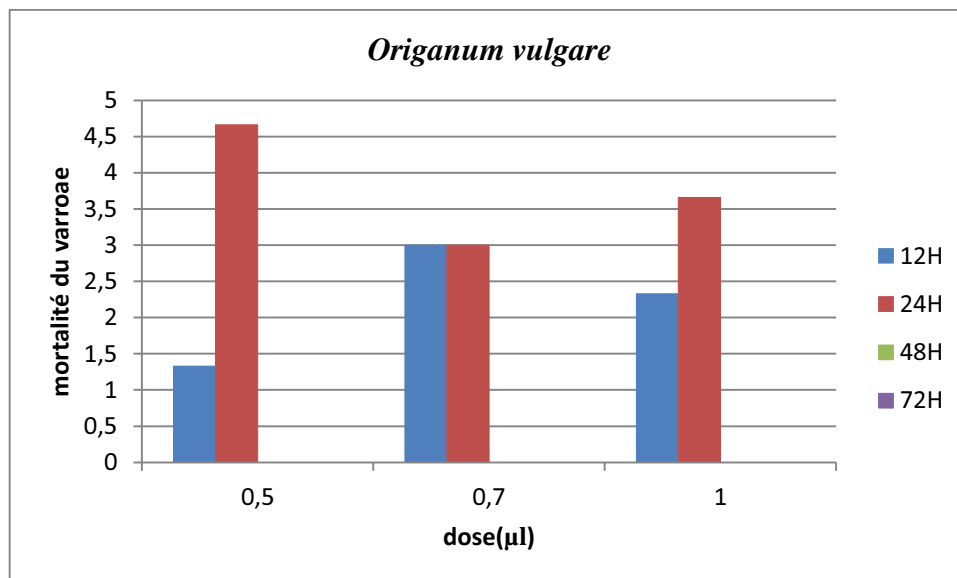


Figure 25 : Effet de la durée d'exposition du Varroa à l'huile essentielle de l'origan sauvage.

L'huile essentielle de l'origan sauvage enregistre, après 12h d'exposition, une mortalité moyenne qui est de 1, 3 et 2.4 individus avec les doses 0.5 µl, 0.7 µl et 1 µl respectivement. Par contre, après 24h, nous enregistrons une mortalité importante de 4.6 individus pour la dose 0.5 µl, 3 pour la dose 0.7 µl et 3.6 individus pour la dose 1 µl.

I.2.2. Effet de la durée d'expositions de la famille des Rutacées

I.2.2.1. Citronnier (*Citrus limonum*)

L'évolution temporelle de la mortalité du Varroa sous l'effet la durée d'exposition à l'huile essentielle du citronnier est présentée dans la figure 26 :

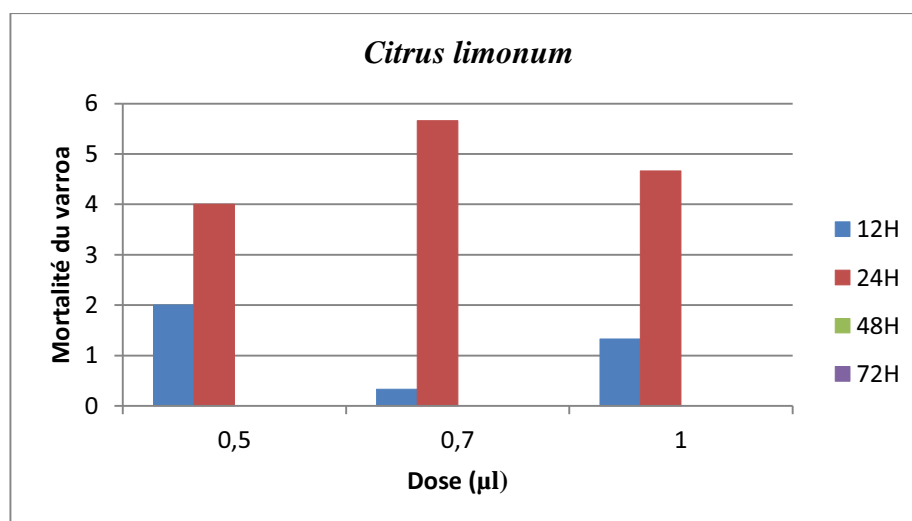


Figure 26 : Effet de la durée d'expositions des abeilles à l'huile essentielle du citronnier.

Nous constatons qu'après 12h d'exposition, l'huile essentielle du citronnier provoque une faible mortalité moyenne du varroa à la dose 0.7 μ l qui est de 0.1 individu et de 2 individus pour la dose 0.7 μ l et 1.20 pour la dose 1 μ l. Après 48h, nous enregistrons une mortalité de 4,5 et 4.5 individus pour les doses 0.5 μ l, 0.7 μ l et 1 μ l respectivement après 48h.

I.2.1.2. Zeste d'oranger (*Citrus sinensis*)

L'évolution temporelle de la mortalité du *Varroa* sous l'effet la durée d'exposition à l'huile essentielle du zeste d'orange est présentée dans la figure 27.

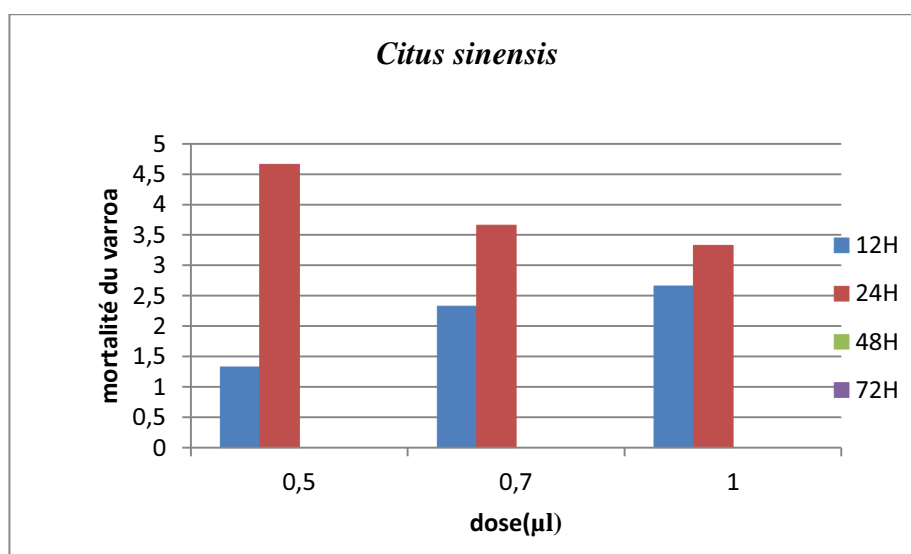


Figure 27 : Effet de la durée d'expositions du varroa à l'huile essentielle du zeste d'orange

Après une durée de 12h, l'huile essentielle du zeste d'oranger provoque une mortalité moyenne de 1.4, 2.3, et 2.6 individus pour les doses 0.5 μ l, 0.7 μ l et 1 μ l respectivement. Après 48h, nous enregistrons une mortalité importante de 4.6, 3.6 et 3.4 individus pour les doses 0.5 μ l, 0.7 μ l et 1 μ l respectivement.

L'analyse de la variance à trois critères de classification montre une différence significative ($P=0$) pour le facteur durée (Tableau 7).

Tableau 7 : Analyse de la variance de l'effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VAR.TOTALE	653,313	191	3,42		
VAR. huile	0,063	3	0,021	0,035	0,99
VAR. durée	280,563	3	93,521	154,793	0
VAR.RESIDUELLE 1	77,333	128	0,604		

La comparaison des moyennes élaborées à travers le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de 5%, classe les moyennes obtenues pour le facteur durée en 4 groupes homogènes. Les durées de 24h, 12h, 48h et 72h sont classées respectivement dans les groupes A, B, C et D (Tableau 8).

Tableau 8 : Analyse de la variance pour le facteur duré sur la mortalité de varroa.

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
24h	3,292	A			
12h	1,292		B		
48h	0,75			C	
72h	0,042				D

I.2.1.3. Effet des huiles essentielles sur le varroa

Les résultats relevés sur l'évolution temporelle de la mortalité du varroa sous l'effet des bioproduits à base d'huiles essentielles appartenant à la famille des Rutacées (citronnier et le zeste d'oranger) et la famille des lamiacées (la menthe verte et de l'origan sauvage), sont présentés dans la figure 28.

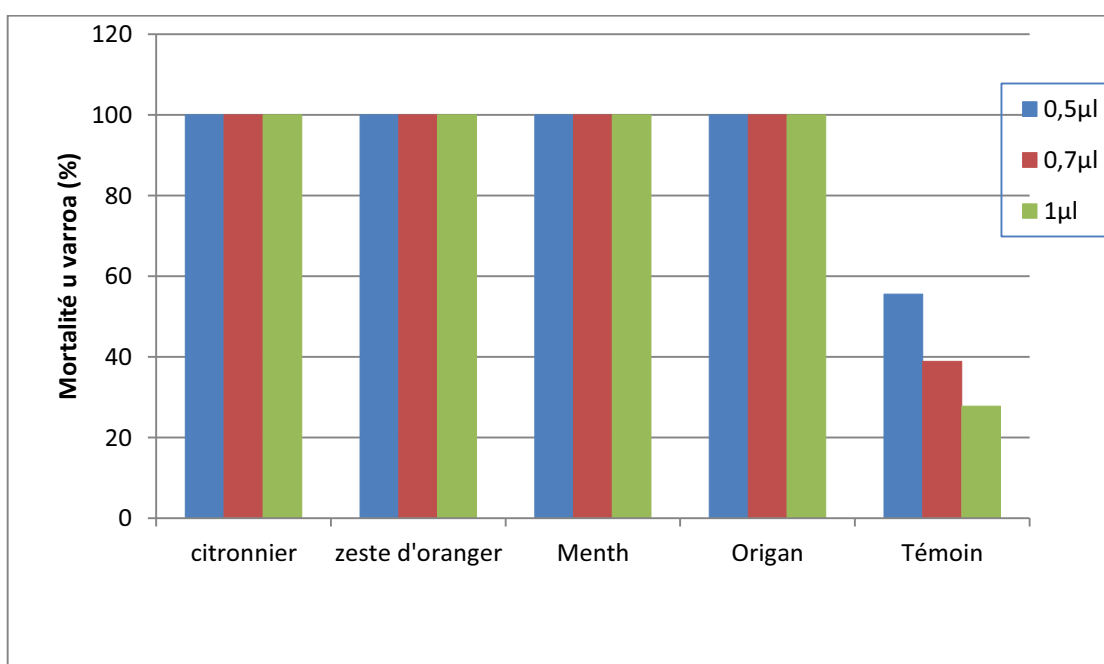


Figure 28 : Effet des huiles essentielles sur le varroa.

D'après cette figure, les quatre huiles de la menthe verte (*Mentha spicata*), l'origan sauvage (*Origanum vulgare*), zeste d'oranger (*Citrus sinensis*) ainsi que le citronnier (*Citrus limonum*) s'avèrent toxiques vis-à-vis du varroa puisque nous avons enregistré une mortalité totale du parasite quelle que soit la dose. Au niveau de lot témoin, nous avons relevé une mortalité du parasite, avec toutes les doses et qui varie de 27% à 55%. Cela est dû probablement au fait que le parasite a été noyé dans l'eau distillée.

L'analyse de la variance à trois critères de classification montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les huiles essentielles ($p=0,99$) et une différence significative pour le facteur dose ($P=0$) (Tableau 9).

Tableau 9 : Analyse de la variance de l'effet des huiles essentielles sur varroa.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VAR.TOTALE	653,313	191	3,42		
VAR. huile	0,063	3	0,021	0,035	0,99
VAR. Dose	280,563	3	93,521	154,793	0
VAR.RESIDUELLE 1	77,333	128	0,604		

La comparaison des moyennes élaborées à travers le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de 5%, classe les moyennes obtenues pour le facteur dose en 2 groupes homogènes. La dose 0,5 μ l, 0,7 μ l et 1 μ l dans le groupe A. Tandis que la dose 0 est classée dans la classe B. (Tableau 10).

Tableau 10 : Analyse de la variance pour le facteur dose sur la mortalité de varroa.

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
0.5 μ l	1,5	A	
0.7 μ l	1,5	A	
1 μ l	1,5	A	
0 μ l	0,875		B

II. Discussion

La varroase est un problème major et inquiétant des ruches du fait que son agent causal *varroa destructor* parasite du couvain et les abeilles adultes et provoque l'affaiblissement et l'anéantissement des colonies d'abeilles. Pour combattre ce ravageur, les apiculteurs se sont orientés vers une pharmacopée non raisonnée à base de varroacides chimique donnant naissance à des cas de résistance accentuée par des quantités de résidus qui ont bouleversé les produits de la ruche et la santé humaine (Djazouli et al., 2010).

L'objectif de notre travail est de déterminer, au laboratoire l'effet acaricides des huiles essentielles sur l'abeille domestique *Apis mellifera intermissa* et son parasite *Varroa destructor*. Ces huiles appartiennent à quatre plantes : *Origanum vulgare* et *Mentha spicata* (de la famille des lamiacées) ; *Citrus sinensis* et *Citrus limonum* (de la famille des rutacées).

Il apparaît de nos résultats que le degré d'efficacité de ses quatre huiles est variable et cette variabilité est due à trois facteurs : les huiles essentielles, la durée d'exposition et la dose utilisé.

Il ressort de nos résultats que les quatre huiles sont toxique vis-à-vis du parasite varroa puisque nous avons enregistré un taux de mortalité de 100% avec les doses 0,5 μ l ; 0,7 μ l et 1 μ l quelques soit la durée d'exposition. Cela est probablement dû à leurs compositions chimiques et leur forte odeur. Par contre chaque huile agit différemment sur l'abeille *Apis mellifera intermissa*. En effets, l'huile de zeste d'oranger (*Citrus sinensis*) est néfaste pour les abeilles puisqu'elle provoque un taux de mortalité qui atteint les 100%.

L'huile d'origan sauvage (*Origanum vulgare*) apparait également toxique vis-à-vis des abeilles puisqu'elle enregistre un taux de mortalité qui varie de 68% à 99% avec les doses 0,5 μ l ; 0,7 μ l et 1 μ l. Ces mortalités sont provoquées après 72 heures d'exposition. Par contre, l'huile de Menthe (*Mentha spicata*) et l'huile de citron (*Citrus limonum*) manifestent une faible toxicité sur les abeilles qui va de 2% à 33% respectivement.

IMDORF et al. (1999) rapportent que plusieurs huiles essentielles ont montré une activité acaricide vis-à-vis du parasite varroa dans les tests de dépistage effectués grâce à leur contenance aux composés phénoliques volatils qui ont un arôme intense.

Selon Kotwal et al. (2013), les huiles essentielles présentent une efficacité variable selon les molécules, leur association et les dosages utilisés.

ABD EL WAHAB et *al.* (2006) ont utilisé les huiles de plusieurs de la famille des rutacées à savoir *Citrus aurantium* (orange amère), *Cymbopogon flexuosus* (pamplemousse) et la citronnelle à des différentes concentrations (25,50 et 100%).

Les résultats obtenus montrent que ces huiles ne sont efficaces qu'à partir de la quatrième semaine et avec la concentration de 100%.

D'autre part, notre résultat diffère de ceux d'IMDORF et *al.* (2006) qui ont rapporté dans leurs travaux effectuées sur l'effet des huiles sur le varroa, l'efficacité de l'huile essentielle de l'origan lors de son application dans les colonies d'abeilles.

D'autres travaux ont été entrepris par plusieurs chercheurs afin toujours d'étudier l'efficacité des huiles essentielles. Ainsi, les huiles essentielles de *Tagetes minuta* (la camomille sauvage), *Heterotheca latifolia* et *Eucalyptus sp* administrées en pulvérisation, montrent un effet acaricide important in vitro (Eguaras et *al.*, 2005 ; Ruffinengo et *al.*, 2007).

D'autres huiles de plusieurs plantes ont fait objet des tests par plusieurs chercheurs à savoir : l'huile de menthe, d'eucalyptus, de marjolaine, de cumin, d'ail, de basilic, d'orange, de géranium et d'anis (Ariana et *al.*, 2002; Abd El Halim et *al.*, 2006 ; Nageh et *al.*, 2011).



Conclusion

L'abeille domestique considérée comme sentinelle de la nature est un insecte essentiel pour la sauvegarde de la biodiversité et du maintien de l'équilibre des écosystèmes. Malheureusement elle est confrontée à plusieurs ennemis naturels qui menacent sa survie. L'acarien *V. destructor* est actuellement considéré comme une menace principale pour l'apiculture dans le monde. La lutte biologique semble être l'une des meilleures alternatives pour une protection sans impacts négatifs sur l'environnement, sur l'abeille ainsi que sur les produits de la ruche.

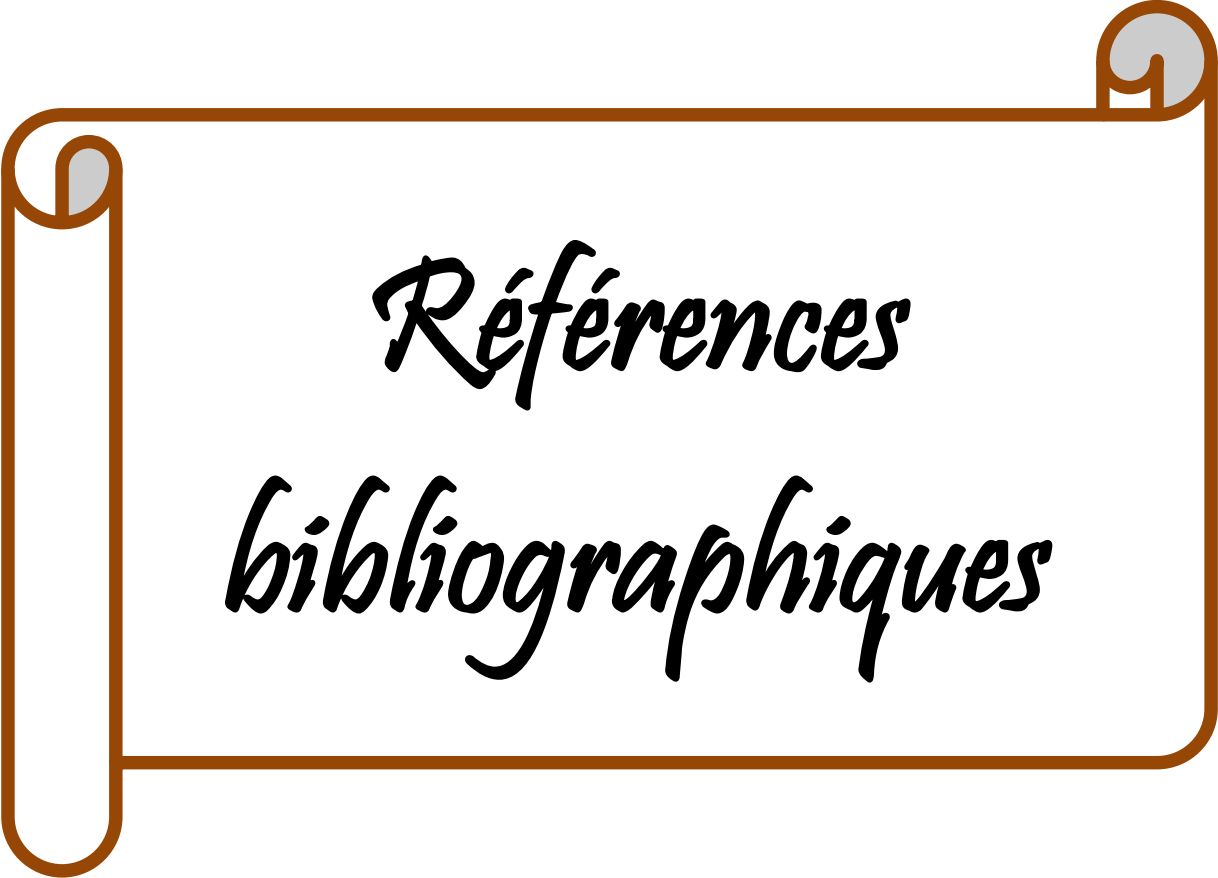
En effet, notre travail vise à évaluer l'efficacité de quatre bioproduits à base d'huiles essentielles l'*Origanum vulgare* (l'origan sauvage), *Mentha spicata* (la menthe verte), *Citrus sinensis* (zeste d'oranger), ainsi que le *Citrus limonum* (citronnier) sur cet acarien qui cause des ravages aux colonies d'abeilles en infestant tous les stades de développement de cet insecte.

Au cours de notre expérimentation, nous avons également déterminé l'effet de ces quatre huiles essentielles contre l'abeille, *Origanum vulgare* (l'origan sauvage), *Mentha spicata* (la menthe verte), *Citrus sinensis* (zeste d'oranger), ainsi que le *Citrus limonum* (citronnier).

A partir de nos résultats, il en ressort, que les quatre huiles montrent une toxicité vis à vis du parasite à la dose 0.7µl. Toutefois, il est à signaler que l'huile d'origan et le zeste d'oranger sont néfastes pour les abeilles.

La comparaison sur l'effet acaricide de ces quatre huiles montre que les huiles essentielles de *Mentha spicata* (la menthe verte) et l'huile essentielle du *Citrus limonum* (citronnier) sont les plus efficaces pour le varroa et son hôte l'abeille.

Les résultats obtenus lors de notre expérimentation restent encourageants et demandent à être améliorés par d'autres perspectives d'exploration. En effet, la lutte contre *V.destructor* à base des huiles essentielles est un domaine très vaste. Les recherches doivent se poursuivre afin de mettre en place une nouvelle stratégie de lutte qui permettrait peut-être d'éradiquer cette parasitose et d'obtenir ainsi des abeilles fortes et des produits de la ruche sains. Il faut garder en mémoire qu'*A.mellifera* n'est pas un insecte sans intérêts, mais une espèce qui côtoie l'Homme depuis les millénaires lui rendant de précieux services, en leur permettant non seulement d'avoir une diète riche et variée, mais aussi en leur offrant plusieurs produits utiles et appréciés. L'abeille mérite donc d'être protégée et préservée afin de sauvegarder l'équilibre des écosystèmes fragiles. Enfin, chacun de nous doit prendre au sérieux la santé des abeilles pour éviter une infestation permanente de varroas et ainsi de sauver les abeilles, sentinelles de l'environnement.



*Références
bibliographiques*

1. **ABD EL HALIM M. I., HELMY A.G. et AYMAN A.O., (2006).** Combatting honey bee *Varroa* mites by plants oils alone or in an IPM program. The 2nd conference of farm Integrated Pest Management, Fac. Agric., Fayoum Univ., 172-185 pp.
2. **Adam G. (2012).** Pathologie apicole. Ecole d'apiculture des ruchers du sud-Luxembourg, 24 p.
3. **Adjimi S, ZobiriN et Achouri A. (2011).** Le secret de l'apiculteur et des produites de la ruche. Anahla et aya elmodjiza, Edition n° 1 Elaourassia. 10-58 pp.
4. **Adjlane N., Chahbar N., Maidi A., Doumandji S.E. et Haddad N., (2013).** Note scientifique sur les effets secondaires de l'acide oxalique sur l'abeille ouvrière (*Apis mellifera*) : Aspect biochimique (Scientific note on side effects of oxalicacid on the workerbee (*Apis mellifera*): biochemical aspect). *J. Mater. Environ. Sci.* Vol.4(4) : 420-423 pp.
5. **Alice M., (2013).** Action sanitaire en production apicole : Gestion de la varroase face à l'apparition de résistance aux traitements chez *Varroa destructor*. Thèse de l'Université Clade-Bernard-Lyon1. 16-89 pp.
6. **ARIANA A., EBADI R. et TAHMASEBI G., (2002).** Laboratory evaluation of some plant essences to cotrol *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Experimental et Applied Acarology*, volume 27, 319-327 pp.
7. **Ballis A. (2016).** Mémento de l'apiculture, un guide sanitaire et réglementaire. Chambre d'agriculture d'Alsace, 167p.
8. **Barbancon J.M. (2003).** Soigner et protéger les abeilles. Le Traité Rustica de l'apiculture. Ed Rustica, Paris : 86-118 pp.
9. **Barbançon J-M et Monod D., (2005).** Traitement de la varroase: Emploi de l'acide oxalique. *Abeilles & Fleurs*. Vol. (666): 23-26 pp.
10. **Barour C., Tahar A., Baylac M. (2011).** Forewing shape variation in Algerian honeybee Populations of *Apis mellifera intermessa* (Buttel-Reepen, 1906) (Hymenoptera: Apidae): A landmark based geometric morphometrics analysis. *J. African Entomology*. Vol.19.11-22 pp.

11. **Bertrand F., (2003).** Les maladies de l'abeille domestique (*Apis mellifica*) et leurs conséquences sanitaires en France. Th. Doc. Vét., Lyon, 190 p.
12. **Binon P., Diel J.P., (2006).** Les maladies de la ruche. Pages extraites du livret de cours « Initiation et perfectionnement à l'apiculture » délivré par le GDSA 07, 11 p.
13. **Biri M., (1997).** Le grand livre des abeilles Edit. De Vecchisa, 159 p.
14. **Biri M., (2002).** Apiculteur, Abeille. Ed. De VECCHI, S.A-Paris. 14-115 pp.
15. **Biri M., (2010).** Tout savoir sur les abeilles et l'apiculture. Ed. De Vecchi. Paris. p.302. 14-101 pp.
16. **Boecking O. and Genersch E., (2008).** Varroosis-the Ongoing Crisis in BeeKeeping. *J. Verbr. Lebensm.*, 2 : 221-228 pp.
17. **BOGDANOV S., (2006).** Contaminants of bee products. *Apidologie*, 38 (1): 1-18 p.
18. **Boot W.J, Schoenmaker J., Calis J. and Beetsma J., (1995).** Invasion of *Varroa jacobsoni* into drone cells of honeybee *Apis mellifera*. *Apidol*, 26: 109-118 pp.
19. **Borchert A., (1970).** Les maladies et parasites des abeilles. Ed: VIGOT FRERES Editeurs.
20. **BOUCHER C., (2009).** Bilan de la mortalité hivernale 2008-2009 au sein des colonies d'abeilles. [Http://www.agrireseau.qc.ca/apiculture/documents/Enquete](http://www.agrireseau.qc.ca/apiculture/documents/Enquete).
21. **Bowen-Walker P.L. and Gunn A., (2001).** The effect of the ectoparasitic mite, *Varroa destructor* on adult worker honeybee (*Apis mellifera*) emergence weights, water, protein, carbohydrate, and lipid levels. *Entomol. Exp. Appl.*, 101 (3): 101-112 pp.
22. **Bowen-Walker P.L., Martin S.J. and Gunn A., (1999).** The transmission of Deformed Wing Virus between honeybees (*Apis mellifera*L.) by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni*Oud. *J. Invertebr. Pathol.*, 73: 101-106 pp.
23. **Bradbear N. (2010).** Le rôle des abeilles dans le développement rural. Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 2010, 238 p.

24. **Breton V., (2016).** Lutter contre *Varroa* de manière raisonnée, 21 p.
25. **Calderone N.W. et Spivak M., (1995).** Plant extracts for control of parasitic mite *Varroajacobsoni* (Acari: Varroidae) in colonies of the western honey bee (Hymenoptera: Apidae). *J. Economic Entomology*, 88: 1211-1215 pp.
26. **Chapleau J.P., (2003).** Varroase : développement d'une stratégie de lutte intégrée et sélection pour la résistance de l'abeille. Congrès annuel de la fédération des apiculteurs du Québec.
27. **Chapleau J.P., (2006).** Le plateau anti-Varroa, un outil merveilleux dans une stratégie de lutte intégrée. Rapport final du ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec. Canada, 20 p.
28. **Charriere J.D., Maquelin C., Imdorf A. et Bachofen B., (1998).** Qu'elle proportion de la population de *Varroa* prélève-t-on lors de la formation d'un nuclé. *Revue Suisse d'apiculture* 95(6), 217-221 pp.
29. **Charriere J.D., Maquelin C., Imdorf A. et Bachofen B., (1998).** Qu'elle proportion de la population de *Varroa* prélève-t-on lors de la formation d'un nuclé. *Revue Suisse d'apiculture* 95(6), 217-221 pp.
30. **Clément H. (2009).** L'abeille Sentinelle De L'environnement. Paris, Alternatives., 144 p.
31. **Coineau Y. et Fernandez N., (2007).** *Maladie, parasite et autres ennemis de l'abeille mellifère*. Ed. Atlantica. Paris, 498 p.
32. **Cornuet J.M., Daoudi A., Mohssine H. & Fresnaye J. (1988).** Etude biométrique de population d'abeilles marocaines. *Apidologie* 19 : 355-366 pp.
33. **Dade H.A., (1994).** Anatomy and dissection of the hohey bee. Ed. IBRA. London, UK, 158 p.
34. **Dandeu J.P., Lux M., Colin M.E., Rabillon J. et David B., 1991** – Étude immuno-chimique de l'hémolymphe d'abeille ouvrière adulte (*Apis mellifera* L.) saine ou Infestée par *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*, 22: 37-42 pp.
35. **Daniel Y., (1983).** Le pollen. Ed .mloine. 6^{ème} édition. Paris, 11-17 pp.

- 36. Delfinado-Baker M. and Baker E.W., (1984).** Notes on honey bee mites of the genus *Acarapishirst* (Acari: Tarsonemidae). *Internat. J. Acarol.* 8 : 211-266 pp.
- 37. Devlin M. S., (2001).** Comparative analyses of sampling methods for *Varroa mites (Varroa destructor)* on Honey bees (*Apis mellifera*). M. Sc. Thesis. Simon Fraser University. 52 p.
- 38. EGUARAS M.J., FUSELLI S., GENDE L., FRITZ R. et RUFFINENGO S.R., (2005).** An in vitro Evaluation of *Tagetes minuta* Essential Oil for the Control of the Honeybee Pathogens *Paenibacillus larvae* and *Ascosphaera apis*, and the Parasitic Mite *Varroa destructor*. *Journal of Essential Oil Research*, Volume 17, Issue 3 : 336-340 pp.
- 39. El-Akhal F., Guemmour R., Greche H., ElOuali-Lalami A., (2014).** Valorisation en tant que bioinsecticide de deux huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* cultivées au centre de Maroc. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S1) : 2319-2324 pp.
- 40. Faucon J.P et Chauzat M.P., (2008).** Varroase et autres maladies des abeilles : causes majeurs de mortalité des colonies en France. *Bull. Acad. Vét. France - 2008 - Tome 161 - N° 3* www.academie-veterinaire-france, 257-263 pp.
- 41. Faucon J.P., (1992).** Précis de pathologie. Connaitre et traiter les maladies de l'abeille. Edition CNEVA, 512 p.
- 42. Faucon J.P., (2003).** La Varroatose. *La santé de l'abeille*, 194 : 15-19 p.
- 43. Faucon J-P, Drajnudel P., Chanzat M.P et Aubert M., (2017).** Contrôle de l'efficacité du médicament APIVAR ND contre *Varroa destructor*, *revue Méd. vét.* n° 158(6) : 283-290 pp.
- 44. FERNANDEZ G., RODRIGUEZ R.B et ORANTES-BERMEJ O.F.J., (1995).** Influence du climat sur le développement de la population du *Varroa jacobsoni* oud. Dans des colonies d'*Apis mellifera iberica* (GOETZE) dans le sud de l'Espagne. *Apidologie* (26), 371-380.
- 45. Fernandez N., et Coineau Y. (2002),** Varroa, Tueur d'abeilles, bien le connaitre pour mieux le combattre *Anglet : Atlantica,- 237 pp.*
- 46. Fernandez N., et Coineau Y. (2002).** Varroa, Tueur d'abeilles, bien le connaitre pour mieux le combattre *Anglet : Atlantica,- 237 pp.*

- 47. Fert A., (1999).** L'élevage des reines, Ed. Argentan, O.P.I.D.A, 72 pp.
- 48. Fettal M., (1996).** Réflexion sur l'évolution et les perspectives de relance de l'apiculture par le biais de sélection, Bull. Tech. ITPE.PP 15-16 pp.
- 49. Fluri P. (2003).** Directive de lutte contre les maladies des abeilles. Centre de recherche apicole, station fédérales de recherche laitières 39 pp.
- 50. Fuchs S., (1985).** Quantitative diagnosis of the infestation of bees hives by *Varroa jacobsoni* Oud - and distribution of the parasitic mite within the hives. *Apidologie* 16: 343-367 pp.
- 51. Gary N. E., (1992).** Activités and behavior of honey bees, In : graham , J.M (ed) the hwe and the honey bee. dadant t sons ; hamilton. 269-372 pp.
- 52. Haccour P., (1960).** Recherche sur la race d'abeille saharienne au Maroc. *Compt. Rend. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 6, 96-98 pp.
- 53. Haddad N. J., Loucif-Ayad W., Adjlane N., Deepti S., Rushiraj M., Venkatesh K., Banan A., Batainh A. M., Mugasimangalam R., (2015).** Draft genome sequence of the Algerian bee *Apis mellifera intermissa*. *Genomics Data*. Vol. 4.25–24 pp.
- 54. Hanleyalexander et Jean Duval, Fevrier (1995).** Agro-bio-370-08 les varroas des abeilles.
- 55. HAUBRUGE É., NGUYEN B.K., WIDART J., THOME J-P., FICKERS P. et DEPAUW E., (2006).** Le dépérissement de l'abeille domestique, *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera : Apidae) : faits et causes probables. *Notes fauniques Gembloux*, 59 (1) : 3 -21.
- 56. Hennebelle. (2010).** L'abeille *In Doc Apiculture*.
- 57. Houle E., (2004).** Les méthodes physiques en lutte intégrée. *Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Journée champêtre en apiculture*. 5 p.
- 58. Huete A., (2012).** Des huiles essentielles pour tous les jours – le bon reflex. Ed. Artémis. Losange, France, 223 p.
- 59. Hummel R., Feltin M. (2014).** Reconnaître les maladies des abeilles quand on est apiculteur débutant, syndicat des apiculteurs de Thann et environ, 10 p.

- 60. IMDORF A., BOGDANOV S., KILCHENMANN V. et BERGER T., (2006).** The acaricidal effect of essential oils from thyme, salvia and hyssops plants (from left to right) have been tested against *Varroa destructor*. Alp science, Nr .495. 18 p.
- 61. IMDORF A., BOGDANOV S., RUBEN IBA A.et CALDERONE N.W., (1999).** Use of essential oils for the control of *varroa jacobsoni* Oud. in honey bee colonies. Apidologie 30, 209-228 pp.
- 62. Jeane F. (1998).** Physiologie de l'abeille. L'alimentation. Bulletin Technique Apicole, 134 p.
- 63. Kotwal S. et Abrol D.P., (2013).** Evaluation of essential oils and cultural practices for the management of *Varroa destructor*. The Bioscan 8 (1) : 15-20 p.
- 64. KOTWAL S. et ABROL D.P., (2013).** Evaluation of essential oils and cultural practices for the management of *Varroa destructor*. The Bioscan 8 (1): 15-20 pp.
- 65. Le Conte Y. (2004).** Mieux connaître l'abeille. La vie sociale de la colonie. In : Bruneau E., Barbançon J.-M., Bonnaffé P., Clément H., Domerego R., Fert G., Le Conte Y., Ratia G., Reeb C., Vaissière B. Le traité Rustica de l'apiculture. Rustica éditions, Paris, 12-83 pp.
- 66. Le Conte Y., (2002).** Mieux connaître l'abeille. Le traité Rustica de l'apiculture. Rustica éditions. Paris, 12-84 pp.
- 67. Le Conte Y., Navagas M., (2008).** Changements climatiques : impact sur les populations d'abeilles et leurs maladies, 485-497 pp.
- 68. Mallick A., (2013).** *Action sanitaire en production apicole : Gestion de la varroose face à l'apparition de résistance aux traitements chez varroa destructor*. Thèse de doctorat. Université de Claude-Bernard de Lyon I, 164 p.
- 69. Martin G. (2009).** Influence d'un supplément alimentaire sur le développement des colonies d'abeilles domestique (*apis mellifera*, linnaeus 1758) au Québec. Thèse doc. Université de Montréal. Faculté de médecine vétérinaire département de science chimique 138 p.
- 70. Michener C.D. (2000).** The Bees of the World. The Johns Hopkins University Press. 807 p.

- 71. Milani N. & Della-vedova G., (2002).** Decline in the proportion of mites resistant to Fluvalinate in a population of *Varroa destructor* not treated with pyrethrinoids. *Apidologie*, 33: 417-422.
- 72. Mollier P., Sarazin M., Savini I. (2009).** Le déclin des abeilles, un casse-tête pour la recherche. INRA. Université d'Avignon « Abeille et environnement ». Ed INRA magazine n° 9, 14 p.
- 73. Mondet F., Maisonnasse A., Kretzschmar A., Alaux C., Vallon J., Basso B., Dangleaux A., Le Conte Y., (2016).** *Varroa*-son impact, les méthodes d'évaluation de l'infestation et les moyennes de luttés. *Innovation agronomique* 53, 63-80 pp.
- 74. Mondet F., Maisonnasse A., Kretzschmar A., Alaux C., Vallon J., Basso B., Dangleaux A., Le Conte Y., (2016).** *Varroa* – son impact, les méthodes d'évaluation de l'infestation et les moyennes de luttés. *Innovation agronomique* 53, 63-80 pp.
- 75. NAGEH S. M., HUSSEIN M. H., KHODAIRY M.M., et AWAD M. A., (2011).** Occurrence of *Varroa* Mites Inside Honeybee Colonies and Control It's Using Volatile Oils. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 7(1): 89-97 pp.
- 76. Naquet, N. V (2016).** *L'apiculture* concerne l'élevage de l'abeille à miel domestique (*Apis mellifera*).
- 77. Otis GW et Scott-Dupree CD., (1992).** Effects of tracheal mites (*Acarapis woodi* (Rennie)) on overwintered colonies of honey bees (*Apis mellifera* L) in New York. *J Econ Entomol* 95 (1) 40-46. (Paul Sabatier), 186 p.
- 78. Phan-Delegu M., (1998).** Abeilles .paris : Ed de la Martinière. 47 p.
- 79. Philippe J. M. (1994).** Le guide de l'apiculteur / Jean M.philippe, (2 éd, Révisée)- Aix-en-provence : ISBN 2-85744703-5 BCSION/Magasins SAR cote : BCV SAR 1507.
- 80. Prost J.P., (1990).** Apiculture: connaître l'abeille-conduire le rucher. 6^{ème} édition. Edition Baillié. 579 p.
- 81. Ravazzi G. (2003).** Abeille et apiculture. Ed de Vecchi S.A. Paris, 109 p.
- 82. Ravazzi G., (2007).** Abeille et apiculture. Ed. Vecchi. Paris. p. 159. 12-39 pp.

- 83. Ritter W., AND F. RUTTNER., (1981).** Development of *Varroa jacobsoni* populations in Hessen. *Apidologie* 12 : 73-75 pp.
- 84. Robaux P., (1986).** Varroase et varratose. Edition Oppida, 238 p.
- 85. RUFFINENGO S., MAGGI M., CLAUDIA F., SUSANA B. et GARCIA R., (2007).** Essential oils toxicity related to *Varroa destructor* and *Apis mellifera* under laboratory conditions. *Zootecnia Trop.*, 25(1): 63-69 pp.
- 86. Ruttner F., (1988).** Biogeography and Taxonomy of the Honeybee, New York : Springer-Verlag, 284 p.
- 87. Ruttner F., (1992).** Naturgeschichte der Honigienen. Ehrenwirth. München, Germany.
- 88. Schiro J. (2011).** C'est l'université du phénomène de disparition des abeilles qu'il faut chercher à comprendre en priorité. ITSAP, 22 p.
- 89. Schulz A. E., (1984).** Reproduction and population-dynamics of the parasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud and its dependence on the brood cycle of its host, *Apis mellifera*. *Apidologie* 15: 401-419 pp.
- 90. Seeley T.D., (2002).** The effect of drone comb on a honey bee colony's production of honey. *Apidologie*, 33: 75-86 pp.
- 91. Simoneau-A D. M.V. (2004).** La varroase, MAPAQ-CQIASA, laboratoire de pathologie animale, l'assomption. 1-10 pp.
- 92. Spürgin A. (2008).** Guide de l'abeille. Paris, Delachaux et Niestlé, 126 p.
- 93. STRAUB P., (2007).** (In Science.Direct.com).Faune et Flore. L'abeille sentinelle écologique.
- 94. Tentcheva D., Gauthier L., Jouve S., Canabady-Rochelle L., DainatB., Cousserans F., Colin M.E., Ball B.V. and Bergoin M., (2004).** Polymerase Chain reaction detection of deformed wing virus (DWV) in *Apis mellifera* and *destructor*. *Apidologie*, 35 : 431 – 440 pp.
- 95. Toumanoff C., (1951).** Les maladies des abeilles « Rev. Fra. Ang d'apic n° 08. 325 p.

- 96. Wendling S., (2014).** Les particularités de la reproduction de *Varroa destructor*, Agent de la varroase de l'abeille domestique. Perspective de lutte. 16-85 pp.
- 97. Winston ML., (1993).** La biologie de l'abeille. Traduit de l'anglais par G. Lambermont. Ed. Frison Roche. Paris, 276 p.
- 98. Yang X. and Cox-Foster D.L., (2005).** Impact of an ectoparasite on the immunity and pathology of an invertebrate: evidence for host immunosuppression and viral amplification. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 102: 7470-7475 pp.
- 99. Zioni N, Soroker V, Chejanovsky N., (2011).** Replication of *Varroa destructor* virus 1 (VDV-1) and a *Varroa destructor* virus 1-deformed wing virus recombinant (VDV-1-DWV) in the head of the honey bee. *J. Virol.*, 1-7 pp.

Résumé

L'abeille *Apis mellifera* est un insecte important pour maintenir la biodiversité, les abeilles semblent être de plus en plus menacées à l'échelle mondiale par le parasite *Varroa destructor* qui cause l'effondrement et la mort de la colonie qu'il infecte. Notre travail consiste à étudier l'effet acaricide de quatre huiles essentielles au laboratoire : l'*Origanum vulgare* (l'origan sauvage), *Mentha spicata* (la menthe verte), *Citrus sinensis* (zeste d'oranger), ainsi que le *Citrus limonum* (citronnier).

Il ressort des résultats obtenus, que les quatre huiles expriment une toxicité significative vis-à-vis du varroa. Cependant, il est à signaler que l'huile d'origan sauvage et le zeste d'oranger sont néfastes pour les abeilles.

Les huiles essentielles présentent une meilleure voie dans la lutte biologique et leur efficacité varie selon les molécules composantes, leur association et les dosages utilisés.

Mots clés : *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, huiles essentielles, toxicité, *Origanum vulgare*, *Mentha spicata*, *Citrus sinensis*, *Citrus limonum*.

Abstract

The bee *Apis mellifera* is an important insect for maintaining biodiversity; bees seem to be increasingly threatened worldwide by the parasite *Varroa destructor* which causes the collapse and death of the colony it infects. Our work consists in studying the acaricidal effect of four essential oils in the laboratory: *Origanum vulgare* (wild oregano), *Mentha spicata* (spearmint), *Citrus sinensis* (orange peel), as well as *Citrus limonum* (lemon tree).

It emerges from the results obtained that the four oils express significant toxicity with respect to *varroa* mites. However, it has been reported that wild oregano oil and orange peel are harmful to bees.

Essential oils present a better route in biological control and their effectiveness varies according to the component molecules, their association and the dosages used.

Key words : *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, essential oils, toxicity, *Origanum vulgare*, *Mentha spicata*, *Citrus sinensis*, *Citrus limonum*.