

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة محمد بوقرة-بومرداس-
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES



Faculté des Sciences
Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention d'un
Master en Ecologie et Environnement
Spécialité : Biodiversité et Environnement

Thème

*Effets du chlorure de lithium sur quelques paramètres
physiologiques des abeilles locales (*Apis mellifera
intermessa*) dans le cadre de la lutte intégrée contre varroa
(*Varroa destructor*).*

Présenté par:

M^{lle} BAKDI Bouchra
M^{lle} BENZERROUK Wardia

Soutenu le 29/09/2021 devant les membres de jury :

Mme. HALOUOANE Fatma	Pr	FS-UMBB	Présidente
Mme. MOHAND-KACI Hakima	MCA	FS-UMBB	Examinatrice
Mr. MOHAMMEDI Arezki	Pr	FS-UMBB	Promoteur
Melle. GHAFAR Intissar	Doctorante	FS-UMBB	Co-promotrice

Année universitaire 2020/2021

Résumé

Ce travail aborde l'effet du Chlorure lithium (LiCl), utilisé comme Varroacide, sur certaines fonctions physiologiques et comportementales de l'abeille Tellienne (*Apis mellifera intermissa*) dans des conditions contrôlées et naturelles. Les paramètres étudiés sont : Le dosage des protéines de l'hémolymphe, la taille des glandes hyopharyngiennes (GHP), le développement ovarien des ouvrières orphelines, la longévité des ouvrières, la construction cirière, ainsi que la consommation du pollen et du sirop. Deux modes d'actions ont été mis en jeu : Systémique et par contact. Ce produit a montré un effet négatif sur la longévité des ouvrières In vitro, et une diminution du développement ovarien des ouvrières orphelines.

Mots clés : *Apis mellifera intermissa, Chlorure de lithium, Varroa, Hémolymphe, protéines, glandes Hypopharyngiennes, Ovaires.*

Abstract

This work deals with the effect of Lithium Chloride (LiCl), used as Varroacid, on some physiological and behavioral functions of the Tellian bee (*Apis mellifera intermissa*) In vitro and In vivo. The studied parameters are: Hemolymph protein assay, hyopharyngeal gland size (GHP), ovarian development of orphan workers, longevity, wax construction, pollen and syrup consumption. Two modes of action were involved: systemic and contact. This product showed a negative effect on the longevity of in vitro workers, and a decrease in ovarian development of orphan workers.

Keywords: *Apis mellifera intermissa, Lithium chloride, Varroa, Hemolymph, protein, Hypopharyngeal glands, Ovaries.*

ملخص

يتناول هذا العمل تأثير كلوريد الليثيوم (LiCl)، المستخدم كمبيد للفاروا، على بعض الوظائف الفسيولوجية والسلوكية للنحل التلي (أبيس ملفير انتارمسا)، في المختبر وفي الطبيعة. العوامل المدروسة هي: تركيز البروتينات في ليملينف، حجم الغدد البلعومية (GHP)، تطور مبايض العاملات الميمنة، طول العمر العاملات، بناء الشمع، وكذا استهلاك حبوب اللقاح والمحلول السكري. أستعملت طريقتين: سيستميك، وعن طريق التلامس المباشر. المنتج اظهر تأثيرا سلبيا على طول عمر العاملات في المختبر، وانخفاض في نسبة نمو المبايض لدى العاملات الميمنة.

الكلمات الدالة: *أبيس ملفير انتارميسا، كلوريد الليثيوم، الهيموليمف، ومعايرة البروتين في الهيموليمف، الغدد البلعومية، المبيض.*

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre reconnaissance et notre profonde gratitude au :

Pr. Arezki Mohammedi Qui nous a fait l'honneur d'avoir accepté d'encadrer les travaux de ce mémoire.

Pour nous avoir orienté dans notre travail et prodigué des conseils et d'encouragements qui nous ont été fort utiles.

Nos remerciements vont aussi envers **Melle Intissar GHAFAR** ; notre co-promotrice, pour nous avoir orienté dans notre travail.

Nos remerciements et notre gratitude vont aussi envers l'examinatrice **Mme. MOHAND-KACI Hakima** et le président **Mme. HALOUOANE Fatma** qui va examiner ce mémoire.

Nous ne pouvons oublier d'exprimer nos reconnaissances à nos **enseignantes** et **enseignants**, qui nous ont enseignés pendant notre cursus universitaire.

Enfin, nous remercions toutes personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mes chères sœurs et à mon cher frère pour leurs encouragements, et leur soutien.

A mon binôme et sa famille.

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Merci d'être toujours là pour moi.

Bakdi Bouchra



Dédicaces

Je rends gloire à *Dieu* pour sa bonté
infinie, pour la santé et la paix
accordées.

Je dédie ce modeste travail à :
Ceux qui quoi que je fasse ou que
je dise, je ne saurais point les
remercier comme il se doit : Mes

chers parents :
Ma mère *FADILA*
Mon père *Mohammed*

Mes sœurs :
Radia, Mounia, Fatiha, Imen, Karima, Abla et Farida.

Ma chère collègue, la belle *Bouchra*,
et toute sa famille
Mes enseignantes, enseignants, mes
collègues, mes amies.

À vous tous, j'exprime ma
gratitude.

Benzerrouk WARDIA



Sommaire

Résumé	I
Remerciement	II
Liste des figures	V
Liste des tableaux	VI
Introduction générale	12

Partie I Bibliographique

I. Présentation de l'abeille	16
I.1 Systématique	16
I.2 Apis mellifera en Algérie	17
I.2.1 Apis mellifera intermissa	18
I.2.2 Apis mellifera sahariensis	18
I.3 Les castes	18
I.3.1 La reine	19
I.3.2 Les ouvrières	19
I.3.3 Le Faux bourdon	20
I.4 Cycle de vie	21
I.4.1 Stade œuf	22
I.4.2 Stade larvaire	23
I.4.3 Stade nymphal ou pupal	23
I.5 Anatomie de l'ouvrière	23
I.5.1 L'appareil reproducteur	23
I.5.1.1 Composition de l'appareil reproducteur	25
I.5.1.2 Ovaires des ouvrières pondeuses	25
I.5.2 Le système glandulaire de l'ouvrière	26
I.5.2.1 Les glandes hypopharyngiennes	28
I.5.2.1.1 Structure	28
I.5.2.1.2 Développement :	29
I.5.3 Le système circulatoire	29
I.5.3.1 L'hémolymphe	30
I.5.3.1.1 Les constituants de l'hémolymphe	30
I.6 Les maladies et prédateurs des Abeilles mellifères	31
II. Le parasite : Varroa destructor	34
II.1 Présentation	34
II.2 Systématique du varroa (Anderson et Trueman (2000))	34
II.3 Historique	34
II.4 Morphologie	35
II.4.1 Les formes matures	35

II.4.1.1	La femelle adulte ou fondatrice	35
II.4.1.2	Le mâle adulte	36
II.4.2	Les formes immatures	36
II.4.2.1	Stade œuf	37
II.4.2.2	Protonympe	37
II.4.2.3	Deutonymphe	37
II.5	Le cycle de reproduction	38
II.5.1	La phase phorétique	38
II.5.2	La phase de reproduction	39
II.6	La dynamique des populations	40
II.7	Impact de la varroose sur l'abeille domestique	40
II.8	Impact de la varroose sur la filière apicole	41
II.9	Lutte Intégrée	41
II.9.1	Acaricides mous- acides organiques et huiles essentielles	41
II.9.2	Méthodes biologiques et biotechnologiques	41
II.9.3	Lutte physique	42
II.9.4	La résistance des abeilles	42
II.9.5	L'essaimage	42
II.9.6	Acaricides «durs»	43
II.9.7	Le chlorure de lithium	44
II.9.7.1	Définition :	44
II.9.7.2	Historique	44
II.9.7.3	Modes d'action	45
III.	Matériels et méthodes	48
III.1	L'objectif :	48
III.2	Caractéristiques de la région de Boumerdes :	48
III.3	Caractéristiques des colonies d'étude	49
III.4	Matériel	50
III.4.1	Matériel Biologique	50
III.4.1.1	Nourrissage des abeilles	50
III.4.2	Matériel du laboratoire	51
III.4.3	Matériel non biologique	51
III.4.3.1	Réactifs	52
III.5	Méthodes	52
III.5.1	Préparation des cagettes en conditions contrôlées	52
III.5.2	Préparation des nuclei en conditions naturelles	54
III.5.3	Nourrissage des nuclei	55
III.5.4	Etude de la taux de mortalité	55
III.5.5	Etude des Fonctions comportementales en conditions contrôlées (in vitro)	55
III.5.6	Etude des fonctions physiologiques	55
III.5.6.1	Dosage des protéines totales (In vitro et In vivo)	55
III.5.6.1.1	Prélèvement de l'hémolymphe	55
III.5.6.1.2	Principe du dosage	56
III.5.6.1.3	Préparation du réactif (BBC)	57
III.5.6.1.4	Préparation de la solution mère	57
III.5.6.1.5	Préparation des solutions à doser	58
III.5.6.2	Mesure des glandes hypopharyngiennes en conditions contrôlées et naturelles	59
III.5.6.2.1	Dissection des GHP	59
III.5.6.2.2	Mesures	60
III.5.6.3	Développement ovarien en conditions contrôlées	62
III.5.6.3.1	Dissection des ovaires	62

III.5.6.3.2	Classification de Hess (1942) modifiée par Velthuis (1970).	63
IV.	Résultats et discussion	65
IV.1	Mortalité des abeilles en conditions contrôlées	65
IV.2	Fonctions comportementales en conditions contrôlées	66
IV.2.1	Construction cirière	66
IV.2.2	Consommation du pollen	66
IV.2.3	Consommation du sirop	67
IV.3	Fonctions physiologiques en conditions contrôlées et naturelles à t0, t7 et à t14	67
IV.3.1	Dosage des protéines totales de l'hémolymphe	67
IV.3.2	Mesure du volume des acini en conditions contrôlées et naturelles.	69
IV.3.3	Développement ovarien en conditions contrôlées	70
Conclusion et perspectives		74
Références bibliographiques		
Annexes		

Liste des figures

Figure 1. <i>Apis mellifera intermissa</i> Abeille noire / abeille telliene. Aphoto prise au rucher de chéraga, mars 2019.	17
Figure 2. <i>Apis mellifera sahariensis</i> abeille jaune / abeille saharienne. Photo prise au rucher au htatba, mars 2019.	17
Figure 3. Localisation d' <i>Apis mellifera</i> en Algérie.	18
Figure 4. (A). Reine tellienne (C). Cellule de reine pend du cadre. Photos prises à sidi ghiles 2019 (A), à Chéraga 2018 (C)	19
Figure 5. (A). Ouvrière tellienne (B). Ouvrière saharienne (C). Couvain d'ouvrières opercule plat. Photos prises à Chéraga 2019 (A), Htatba 2019 (B), (C).	20
Figure 6. (A). Mâle tellien (B). Mâle saharien (C). Couvain de mâles opercule bombé. Photos prises au laboratoire VALCORE.....	21
Figure 7. Stades de développement des différentes castes de la colonie d'abeilles	22
Figure 9. Ovaire d'une reine d'abeille mellifère Echelle 500µm (jackson et al.2011)	24
Figure 8. Ovaires atrophiés - stade 1, observés sous un Stério-microscope x35 (B.W,2021).....	24
Figure 10. Appareil reproducteur de l'ouvrière.....	24
Figure 11. L'appareil reproducteur de la reine.....	24
Figure 12. Système glandulaire de l'abeille ouvrière (Prost. 2005).....	26
Figure 13. Site des glandes hypopharyngiennes dans la tête d'abeille.....	28
Figure 14. Système circulatoire de l'abeille (Le conte. 2015)	30
Figure 16. Femelle adulte -face dorsale.....	36
Figure 15. Femme adulte -face ventral	36
Figure 18. Mâle adulte-face dorsal.....	36
Figure 17. Mâle adulte-face ventral.....	36
Figure 19. Deutonymphe, vue sous stéréo-microscope x35 (Photo originale).....	37
Figure 20. Cycle de reproduction du varroa dans le couvain (Clemence Riva, 2017).....	38
Figure 21. Varroa phorétique (photo originale).....	38
Figure 22. Varroa en reproduction (photo originale).....	39
Figure 23. Essaim naturel dans la Mitidja (Photo originale).....	43
Figure 24. Structure cristalline du chlorure de lithium.....	44
Figure 25. Emplacement et limite géographique de la Willaya de Boumerdes : source DSA Boumerdes 2011.	48
Figure 26. Le jardin de la faculté à sud et nord (B.W,2021)	50
Figure 27. Pâte protéique composée du pollen frais et du miel.	51
Figure 28. Couvain incubé dans l'étuve à 34°C (B.W,2021)	53
Figure 29. Incubation des cagettes dans une étuve à 34°C (B.W, 2021).....	53
Figure 30. Marquage d'ouvrières (B.B, 2021).....	54
Figure 31. Egouttage du sirop et du sirop (+LiCL) à 250mM (B.W,2021)	54
Figure 32. Prélèvement de l'hémolymphe (B.B,2021)	56
Figure 33. Hémolymphe dans un tube eppendorf (B.W,2021)	56
Figure 34. Dégradation des couleurs en fonction de la concentration des solutions filles en protéines	58

Figure 35. Courbe d'étalonnage <i>In vitro</i> / <i>In vivo</i>	58
Figure 36. Fixation des têtes sur la plaque de cire (B.W,2021).....	59
Figure 37. Dissection du côté droit de la tête (B.W,2021).....	60
Figure 38. (A). GHP avant la coupure X4, (B). GHP avant la coupure X10.....	60
Figure 39: GHP après la coupure X10	61
Figure 40. Mesure des acini avec le logiciel Axio vision 4.8.2 (B.W,2021).....	61
Figure 41. Fixation de l'abdomen sur la cire (B.W,2021)	62
Figure 42. Observation des stades ovariens sous une loupe binoculaire (B.W,2021).....	63
Figure 44. Mortalité au cours du temps (<i>In vitro</i>).....	65
Figure 45 Mortalité cumulée	65
Figure 46: La courbe d'étalonnage des protéines.....	67
Figure 47: Moyennes des concentrations des protéines totales de l'hémolymphe en conditions contrôlées.....	68
Figure 48: Moyennes des concentrations des protéines totales de l'hémolymphe en conditions naturelles.....	68
Figure 49: Moyennes des volumes des acini des abeilles en conditions contrôlées.....	69
Figure 50: Moyennes des volumes des acini des abeilles en conditions naturelles.....	70
Figure 51: Ovaire au stade 1 observé sous	Figure 52: Ovaire au stade 2 observé sous
Figure 53: Ovaire au stade 3 observé sous	Figure 54: Ovaire au stade 4 observé sous
	71
	71

Liste des tableaux

Table 1. Classification de l'abeille (Winston 1993); Toullec, 2008; Kairo, et al., 2016).....	16
Table 2. Les principales glandes chez l'abeille et leurs fonctions (Prost. 2005).....	27
Table 3. Les maladies et prédateurs des Abeilles mellifères (FNAB-Fédération national d'agriculture biologique)	31
Table 4. Résumé les différents tests réalisés à t0, t7 et à t14	52
Table 5. Préparation des solutions filles à partir de la solution mère.....	57
Table 6. Construction cirière	66
Table 7. Consommation du pollen.....	66
Table 8. Consommation sirop.....	67
Table 9. Pourcentages des différent stades du développement	70

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

°C : Degré Celcius.

μL : Microlitre.

ABPV: Acute bee paralysis virus / Le virus de la paralysie aiguë de l'abeille.

Abs : Absorbance.

BBC : Bleu brillant de Coomassie.

BSA : Bovin Serum Albumine.

C : Concentration.

CBPV: Chronic bee paralysis virus/Le virus de paralysie chronique de abeille.

CM : Centimètre.

DWV : Deformed wings virus/Le virus des ailles déformées.

GHP : Glandes hyopharyngiennes.

LiCl : Lithium Chloride/Chlorure de lithium.

Mg : Milligramme.

mM: Millimolaire.

SBP: Slow bee paralysis virus/ Virus de la paralysie lente.

SMR: Supressed Mite Reproduction

VSH: Varroa Sensitive Hygiene

Introduction générale

Introduction générale

« Si l'abeille venait à disparaître, l'homme n'aurait plus que quelques années à vivre »

Albert Einstein

Les abeilles sont parmi les insectes ayant la plus grande valeur économique puisque, 70% des espèces végétales cultivées pour la consommation humaine dans le monde dépendent de la pollinisation entomophile, avec particulièrement les arbres fruitiers, les cultures oléagineuses (colza et tournesol). Comme une bonne pollinisation influence la bonne qualité du fruit.

Elles jouent donc un rôle capital dans la production mondiale de denrées alimentaires, le maintien de la diversité végétale et de l'écosystème (Costanza et al. 1997; Messan et al. 2021). En revanche, ce sont des fournisseurs capitaux des produits de la ruche (miel, propolis, pollen..). Les abeilles sont donc des insectes ayant une grande valeur économique.

Les pertes des colonies, y compris celles induites par le syndrome d'effondrement des colonies, sont actuellement un problème urgent de l'apiculture, qui retient l'attention des apiculteurs et de la communauté des chercheurs. La maladie la plus destructrice de l'abeille domestique (*Apis mellifera*) est l'infestation par l'acarien parasite *Varroa destructor*. (Ellis et al. 2010; Le Conte et al. 2010; Potts et al. 2010). Les colonies non traitées meurent en quelques années en raison des dommages causés aux immatures et aux abeilles adultes. (Elzen et al. 2000). Les acariens affectent les abeilles domestiques de différentes manières, soit par des dommages physiques directs, soit par l'activation de virus. (Koleoglu et al., 2017). L'acarien parasite et les virus qu'ils véhiculent contribuent à des déformations morphologiques (petite taille du corps, abdomen raccourci, ailes déformées), réduisent la vigueur et la longévité, influencent également la durée du vol et la capacité de retour au nid (Le Conte, Ellis, et Ritter 2010a).

L'application des acaricides représentent un autre problème, puisqu'en général tous ont montré des effets néfastes pour les abeilles, encore plus s'ils ne sont pas appliqués correctement (Gashout et al., 2018) Selon le varroacide choisi, un niveau variable de résidus peut être trouvé dans le miel, la cire d'abeille et la propolis..(Wallner 1999). Récemment, il a été démontré que les sels de lithium constituent une alternative intéressante et facile à utiliser pour le traitement efficace de l'infestation par le Varroa. (Ziegelmann et al., 2018; Stanimirovic et al., 2019).

Le chlorure de lithium (LiCl), est une nouvelle molécule utilisée comme varroacide, mais aucune étude dans le monde n'a été menée pour évaluer les effets du LiCl sur l'hôte du Varroa (l'abeille).

Dans cette étude donc, on s'est intéressé à étudier l'effet du LiCl sur quelques fonctions physiologiques et comportementales de l'abeille Tellienne (*Apis mellifera intermissa*), en conditions naturelles (In vivo) et en conditions contrôlées (In vitro).

Dans le premier chapitre nous avons parlé de l'abeille, systématique, castes, cycles de vie ..., aussi les maladies et les prédateurs dont le varroa fait partie et qui a été introduit dans le deuxième chapitre (systématique, historique, morphologie...). Le troisième chapitre, c'est la partie expérimentale, présente les matériels et méthodes. Résultats et discussion dans le quatrième chapitre, à la fin, conclusion et perspectives.

Partie I

Bibliographique

Chapitre I

Présentation de l'abeille

I. Présentation de l'abeille

I.1 Systématique

Sur l'arbre phylogénique des animaux, les insectes appartiennent à l'embranchement des arthropodes (Tab. 1) au même titre que les crustacés, les myriapodes (millepattes) et les arachnides (araignées) (Gilles, 2010).

Chez les insectes, l'ordre des Hyménoptères comprend plus de cent mille espèces. On trouve dans cet ordre les abeilles du genre *Apis* (Le conte Y, 2015). La sous-famille des *Apinae* comprend un seul genre, le genre *Apis* (Winston 1993), si le nombre d'espèces est restreint, il existe en revanche un très grand nombre de sous-espèces (Toullec, 2008), grâce à la variété d'habitats, de conditions climatiques et de flore. Il n'est pas surprenant de trouver de nombreuses sous-espèces d'abeilles (races géographiques), chacune avec ses caractéristiques adaptées à chaque région (Winston 1993) (Tab. 1).

Table 1. Classification de l'abeille (Winston 1993); Toullec, 2008; Kairo, et al., 2016).

Classification	Taxon	Caractéristiques
Règne	Animalia	Hétérotrophes pluricellulaires Homme, poissons, ver.
Embranchement	Arthropoda	Exosquelette chitineux, articulé : Araignées, mille-pattes, crabes
Classe	Insecta	Corps divisé en trois parties : tête, thorax et abdomen. Une paire d'antenne. Deux paires d'ailes. Hexapode (trois paires de pattes). 32 ordres
Ordre	Hymenoptera	Holométabole (métamorphose complète). Ailes membraneuses. Métathorax soudé au premier segment abdominal (guêpes, bourdons). 91 familles.
Famille	Apidae supérieur	Possèdent tous un degré de socialité
Sous famille	Apinae	Un seul genre.
Genre	<i>Apis</i>	5 espèces, 9 espèces
Espèce	<i>Apis mellifera</i>	26 sous-espèces
Sous-espèce (race)	<i>Apis mellifera intermissa</i> <i>Apis mellifera sahariensis</i> <i>Apis mellifera carnica</i> etc.	Se différencient par les caractéristiques morphologiques et Comportementales.

Apis mellifera a colonisé presque la totalité du globe ; à l'exception le Sud Est asiatique, que se partagent *Apis cerana* (Abeille indienne), *florea* (abeille naine) et *dorsata* (Abeille géante).

A cause de l'incompatibilité génétique, le croisement entre ces espèces est irréalisable même par insémination artificielle, on a donc bien à faire à des espèces bien distinctes. Elles présentent de différences quant à leurs réactions face aux maladies, aux parasites et aux prédateurs. (Toullec, 2008).

La vingtaine de sous-espèces appartenant à l'espèce *Apis mellifera* sont toutes interfécondes mais leur croisement aboutit à l'apparition de caractères d'hybridation. Bien qu'on parle couramment de phénomène d'hybridation, ce terme est cependant inadapté. En effet, l'hybridation est le résultat du croisement de deux individus d'espèces différentes; dans le cas de croisement entre sous-espèces d'*Apis mellifera*. Il est plus juste de parler de métissage (Toullec, 2008).

I.2 *Apis mellifera* en Algérie

Deux sous espèces ont été identifiées en Algérie. La première, *Apis mellifera intermissa* (Fig. 1) a été identifiée, (Friedrich Ruttner 1988)et (Winston 1993)par Buttell-Reepen en 1906 puis par Maa en 1953. La seconde, *Apis mellifera sahariensis* (Fig. 2) a été décrite successivement par Baldensperger et Haccour (Winston 1993). La mise au rang de race pour l'abeille saharienne, fut contestée par Ruttner qui la considérait à l'époque comme une forme de transition entre *Apis mellifera intermissa* et *Apis mellifera adansonii*. Toutefois, *Apis mellifera sahariensis* est considérée comme une race à part entière suite à une étude faite en 1978 par Ruttner et al. (F. Ruttner, Tassencourt, et Louveaux 1978). (Fig. 1) et (Fig. 2)



Figure 1. *Apis mellifera intermissa*
Abeille noire / abeille tellienne. Aphoto prise au rucher de chéraga, mars 2019.



Figure 2. *Apis mellifera sahariensis*
abeille jaune / abeille saharienne. Photo prise au rucher au htatba, mars 2019.

I.2.1 *Apis mellifera intermissa*

Apis mellifera intermissa appelée communément « la Tellienne » (Fig. 1), comme son nom l'indique, son aire naturelle est le Tell. Elle est agressive, essaime beaucoup (Kabli and Mohammedi, 2018). Elle a tendance à faire beaucoup de couvain, lequel est particulièrement sensible aux maladies contrairement à l'abeille adulte. Sa puissance de vol, sa très grande ardeur à butiner du pollen et sa capacité à se développer au printemps à partir d'une simple poignée d'abeilles en font une abeille très intéressante (Adam, 1985). Son aire de répartition (Fig. 3) s'étend entre l'atlas et les deux côtes de l'atlantique et de la méditerranée (2500 km) (Ruttner, 1988). Elle se rencontre en Algérie, au Maroc, en Tunisie, et en Libye (Le conte, 2015).

I.2.2 *Apis mellifera sahariensis*

Reconnaissable à sa couleur jaune orangé (Fig. 2), caractérisée par sa douceur comparativement à la tellienne (Kabli and Mohammedi, 2018), peu essaimeuse (Winston, 1993), sa distance de butinage allant jusqu'à 8 Km. Son aire de distribution en Algérie (Fig. 3), se trouve dans les montagnes d'Aïn Sefra, Béchar et Beni Ounif. En outre, cette espèce qui s'est adaptée à cet environnement hostile durant des millénaires, est assujettis à plusieurs facteurs freinant considérablement son développement. Deux mesures urgentes ont été menées pour sauver l'abeille saharienne consistent à la multiplier massivement et à interdire la transhumance de l'abeille tellienne du Nord de l'Atlas vers le berceau naturel de l'abeille saharienne (Haccour, 1961 ; Kabli and Mohammedi, 2018). (Fig. 3)

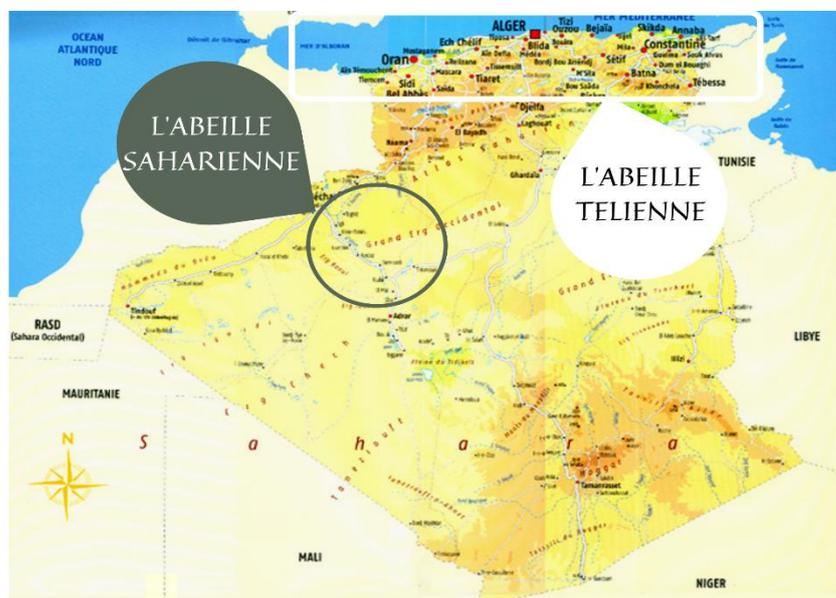


Figure 3. Localisation d'*Apis mellifera* en Algérie.

I.3 Les castes

Trois castes d'abeilles se côtoient dans un nit, résultat du haut degré de socialisation de l'abeille domestique (hyménoptère eusocial).

I.3.1 La reine

Ses principales fonctions sont : la ponte des œufs et la régulation des activités de la colonie grâce aux phéromones (Delaney et al., 2011). La valeur d'une colonie est liée à celle de la reine (Fig. 4); d'où l'importance de choisir une reine de bonne qualité à la tête d'une colonie (Kairo et al., 2016). Cette valeur dépend de la qualité du sperme des mâles qui l'ont fécondé, des caractères qu'elle transmettra à sa descendance, de sa fécondité liée non seulement à son hérédité, mais aussi aux conditions dans lesquelles elle a été élevée (Schlüns et al., 2005). Son espérance de vie est de 4 à 5 ans (Le conte, et al., 2014).



Figure 4. (A). Reine tellienne (C). Cellule de reine pend du cadre. Photos prises à sidi ghiles 2019 (A), à Chéragea 2018 (C)

I.3.2 Les ouvrières

Femelle à appareil génital rudimentaire, elle possède d'importantes capacités d'adaptation physiologique et comportementale. L'absence de la reine et du couvain (absence des phéromones) dans une colonie, induit au développement ovarien des ouvrières. Cependant, elles vont pondre des œufs haploïdes (Snodgrass 1925). Les ouvrières (Fig. 5) ont des tâches différentes associées à leur changement physiologique, essentiellement à cause du développement glandulaire en relation avec l'âge, c'est le polyéthisme d'âge (Seeley 1982)

Winston, 1993 a indiqué que les tâches qu'elles occupent au cours de leur vie sont d'abord orientés à l'intérieur de la colonie, puis ce sont les abeilles plus âgées qui seront chargées des tâches extérieures (la défense, collecte du nectar et du pollen).

Étant donné que la reine est fécondée par plusieurs mâles et que le sperme est mélangé dans la spermathèque, La reine produit des œufs qui peuvent être fécondé par le sperme de mâles différents. Les

ouvrières n'auront donc pas la même parenté. Ainsi une ouvrière peut avoir une vraie sœur issue de l'œuf de la reine et du même père, ou bien une demi-sœur d'un autre père (Le conte, 2015).

Leur espérance de vie est oscillée entre quelques mois pour les ouvrières d'hiver et de quelques semaines pour celles d'été (Le conte, et al., 2014).

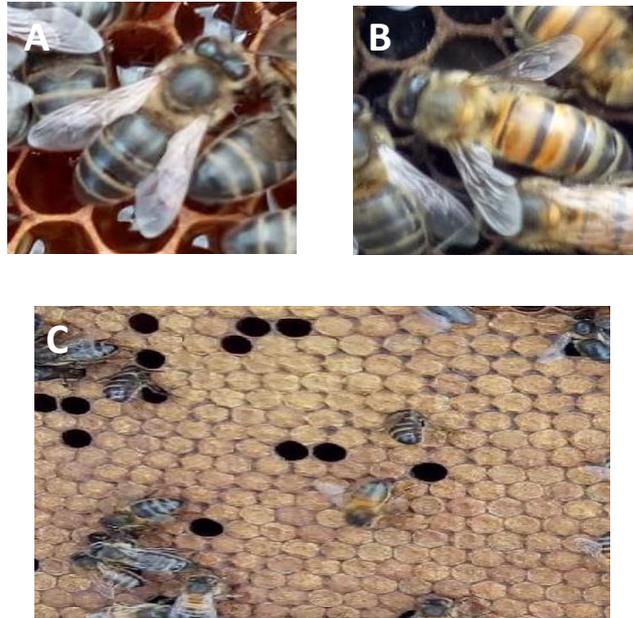


Figure 5. (A). Ouvrière tellienne (B). Ouvrière saharienne (C). Couvain d'ouvrières opercule plat. Photos prises à Chéraga 2019 (A), Htatba 2019 (B), (C).

I.3.3 Le Faux bourdon

C'est le seul mâle dans une colonie, il est gros et trapu. Reconnaisable par sa tête surmontée de deux gros yeux globuleux. Le thorax est couvert de poils, l'abdomen arrondi. Son rôle principal est de transmettre le patrimoine génétique de sa mère lors de la fécondation (Ruttner, 1988; Winston, 1993).

Les structures d'orientation, de vol, et celles associées à l'accouplement sont très développées; par contre, celles relatives aux travaux à l'intérieur de la colonie sont réduites ou absentes. Cependant, si le mâle ne dispose pas de corbeille à pollen, il possède des antennes et des yeux plus développés, qui vont lui servir à repérer la reine à féconder (Dade, 1994)

La durée de vie d'un mâle est de 43 à 90 jours, mais la durée de vie reste hétérogène dans la littérature. (Fig. 6)

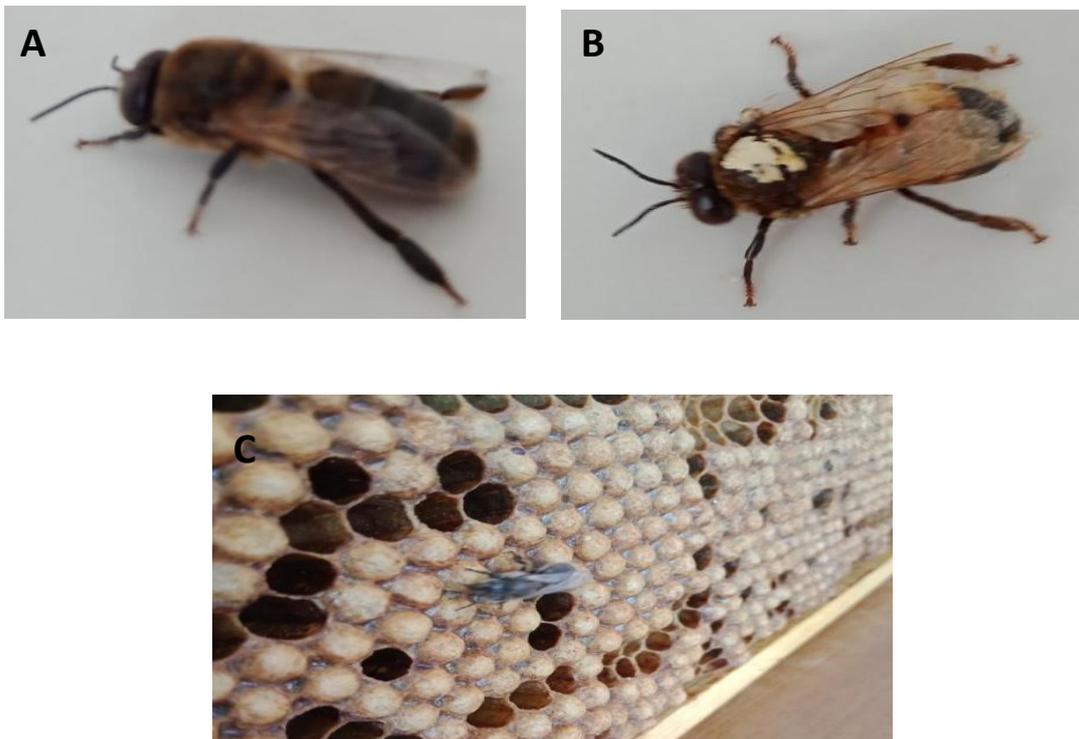


Figure 6. (A). Mâle tellien (B). Mâle saharien (C). Couvain de mâles opercule bombé. Photos prises au laboratoire VALCORE.

I.4 Cycle de vie

Le développement de l'abeille est de type holométabole (métamorphose complète), passant par le stade d'œuf, de larve, de nymphe et finalement d'insecte parfait ((CHAUVIN, 1958); Dade, 1994).

La durée de développement est en fonction de la caste: 16 jours pour la reine, 21 jours pour l'ouvrière et 24 jours chez le faux-bourdon (Fig. 7). Le temps moyen varie, selon des facteurs environnementaux (chaleur, l'humidité); et aussi selon la disponibilité de la nourriture (Snodgrass, 1925; Chauvin, 1958). (Fig. 7)

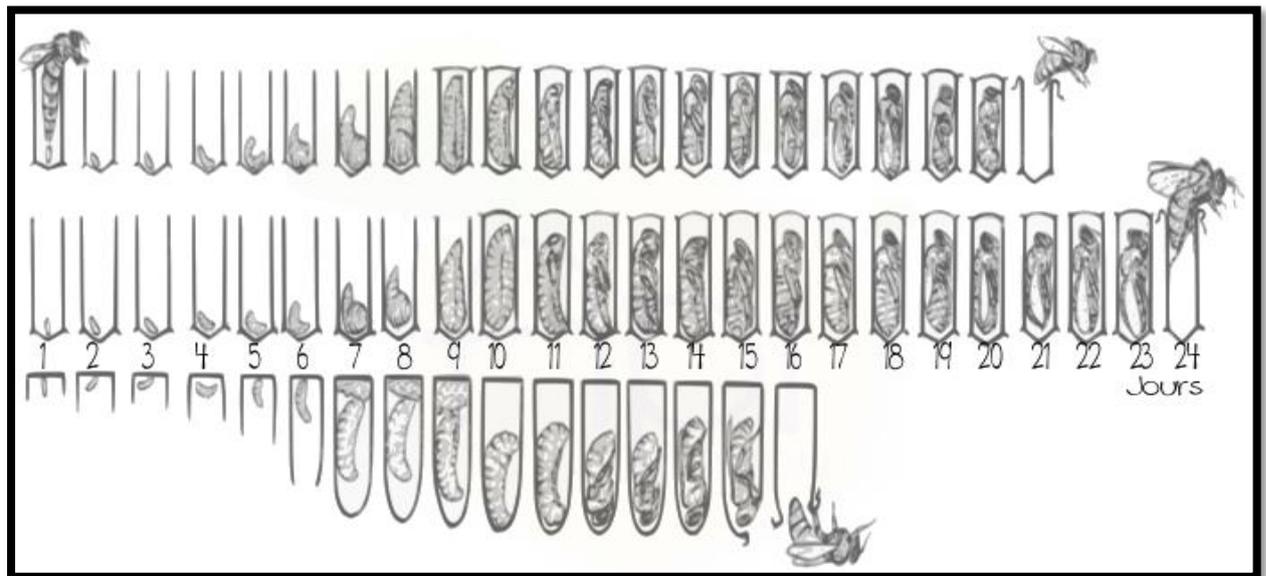


Figure 7. Stades de développement des différentes castes de la colonie d'abeilles

Le besoin nutritionnel du couvain est basé essentiellement sur deux produits floraux, le nectar qui représente la source d'énergie et le pollen qui représente la source protéique. Les abeilles ont développé des mécanismes différents pour l'assimilation du pollen et du nectar, de sorte que la nourriture donnée à chaque stade et caste convient parfaitement à leurs besoins. Dans une période de disette, les ouvrières vont prendre le couvain comme source de nourriture et d'énergie; malgré que ces abeilles cannibales survivent moins longtemps (Weiss, 1984).

I.4.1 Stade œuf

L'œuf est long de 1.53 à 1.63 mm (Snodgrass, 1925), et de 0.1 mm de diamètre, et pèse environ 0.13 mg. Il est blanc perle, cylindrique, de forme ovale allongée, légèrement incurvé. Les deux extrémités sont de grosseur différente; la tête correspond à la plus grosse (extrémité antérieure) et la queue à la plus étroite (extrémité postérieure). C'est par cette extrémité postérieure que l'œuf est attaché au fond de la cellule (Dade, 1994).

La membrane qui entoure l'œuf (le chorion) est percée, du côté antérieur, par un orifice minuscule: Le micropyle, par lequel s'effectue la fécondation. Le premier jour, le bâtonnet est dressé au fond de la cellule; Le 2^{ème} jour, il commence à se pencher; et le 3^{ème} jour, il est couché sur le côté. A la fin du 3^{ème} jour, la larve éclot. On peut de cette manière déterminer l'âge de la ponte (Gilles, 2010).

A l'intérieur de cet œuf, se trouve une pré-larve qui se développe et finit par déchirer la membrane, qui elle-même finit par se dissoudre. La dissolution progressive de la membrane pendant l'éclosion semble être unique aux abeilles; tous les autres insectes éclosent de leur œuf en déchirant la membrane (Winston, 1993).

I.4.2 Stade larvaire

La larve d'abeille ressemble à un asticot blanc, elle est apode et aptère. A l'éclosion, elle mesure environ 1.6 mm et pèse 0.3 mg (Gilles, 2010).

Comme la peau de la larve ne grandit pas, elle est obligée de muer 5 fois pour continuer sa croissance, la 6^{ème} mue s'effectue lorsque l'abeille émerge. Avec la croissance, la larve manque de place dans la cellule et change de position. La larve enroulée devient une larve allongée dans le sens de la cellule. Au dernier stade larvaire, elle commence à filer son cocon avec la sécrétion de la glande séricigène. La larve allongée est aussi appelée prépupe (Chauvin, 1958).

I.4.3 Stade nymphal ou pupal

La nymphe ressemble à l'abeille adulte, avec le corps segmenté: la tête, le thorax et l'abdomen. La pigmentation commence par les yeux qui sont d'abord roses, puis violets et finalement noirs. Les téguments foncent aussi avec le temps. Les colorations des yeux donnent l'âge de la nymphe. Aussi, des changements anatomiques transforment la larve en imago: les organes larvaires dégénèrent et font place aux organes de la future abeille (Chauvin, 1958). Les glandes séricigènes se transforment en glandes salivaires; Les glandes mandibulaires permettront à la nymphe de déchiqeter l'opercule qui ferme sa cellule (Dade, 1994).

I.5 Anatomie de l'ouvrière

I.5.1 L'appareil reproducteur

L'ouvrière possède un appareil reproducteur rudimentaire (Fig. 8, 10). La reine sécrète des phéromones, le palmitate d'éthyle et le linoléate de méthyle, qui inhibent le développement ovariens des ouvrières (Mohammedi et al., 1998), formé de deux ovaires atrophiés prolongés par deux oviductes disposés latéralement d'un aspect filamenteux blanchâtres qui débouchent dans le vagin, et d'une spermathèque rudimentaire non fonctionnelle (Médor et Colin, 1982). (Fig 8 et 9)



Figure 9. Ovaires atrophiés - stade 1, observés sous un Stério-microscope x35 (B.W,2021)

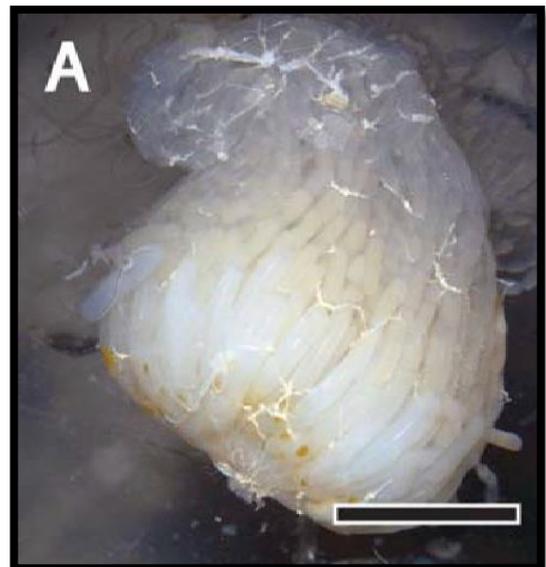


Figure 8. Ovaire d'une reine d'abeille mellifère Echelle 500µm (jackson et al.2011)

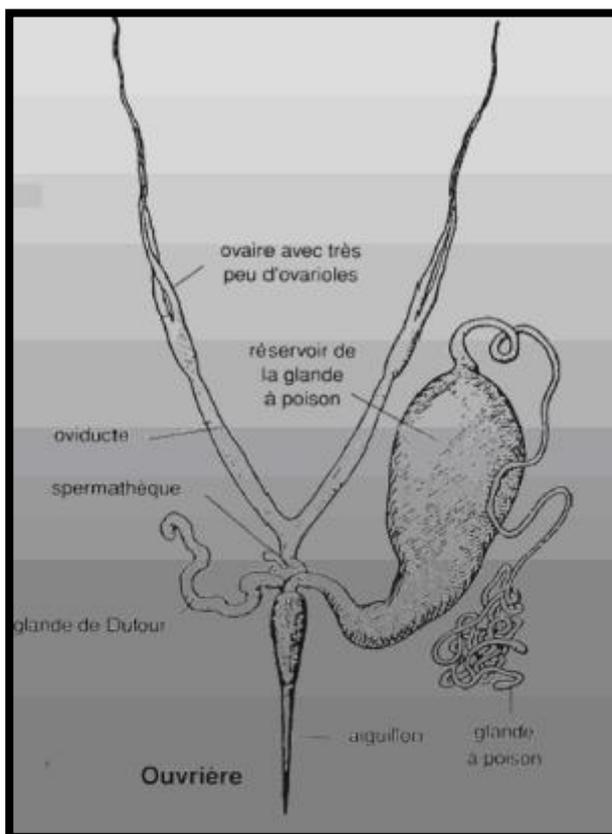


Figure 10. Appareil reproducteur de l'ouvrière

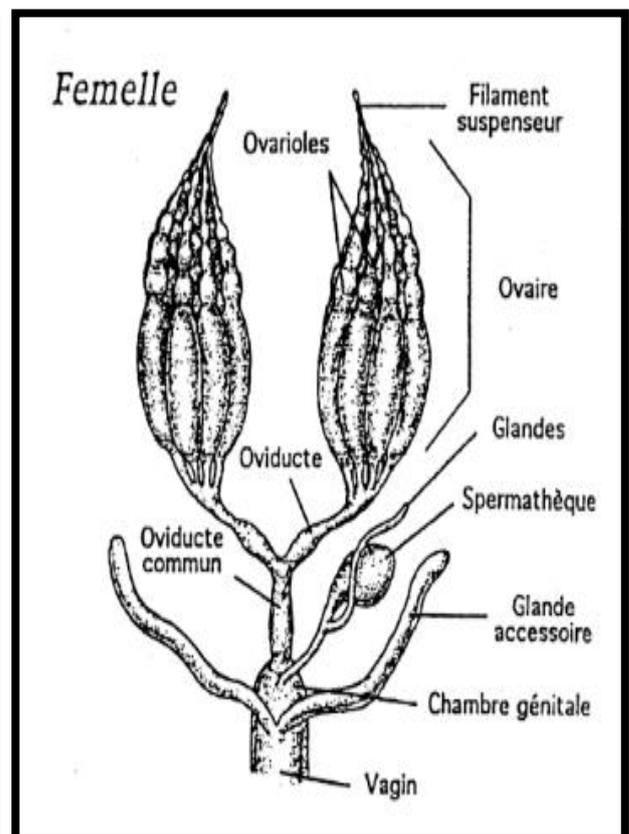


Figure 11. L'appareil reproducteur de la reine

L'ovaire chez la reine occupe presque toute la cavité abdominale (Fig. 9, 11). Il est formé de deux ovaires comprenant chacun 150 à 200 ovarioles prolongés par deux oviductes (MEDORI et COLIN, 1982) alors que L'ouvrière est une femelle atrophiée, ou encore ayant évolué différemment (REGARD, 1988).

I.5.1.1 Composition de l'appareil reproducteur

- **Deux Ovaires**

Comprenant chacun 150 à 200 ovarioles prolongés par deux oviductes (Jackson, Tarpy, et Fahrbach 2011) dont leur rôle est d'acheminer les oeufs jusqu'à la cavité vaginale qui débouche dans la chambre de l'aiguillon de la reine et d'une seule spermathèque liée à des glandes spermathécales (RUTTNER et TRYASKO 1968)

- **Les oviductes**

Les ovaires sont liés au reste du tractus génital par deux oviductes latéraux qui se rejoignent pour former un court oviducte median, ces structures ont comme rôle d'acheminer les oeufs jusqu'à la cavité vaginale qui débouche dans la chambre de l'aiguillon de la reine (Biri, 2010).

- **La spermathèque**

Organe spécialisé de la reine où sont stockés les spermatozoïdes (Baer, 2009). Un conduit spermatique relie la spermathèque à l'oviducte (Phiancharoen et al. 2004). Les spermatozoïdes seront entreposés et maintenus pour quelques années.

- **La glande spermathécale**

C'est une paire de glandes tubulaires (Snodgrass 1925). Elle est étroitement appliquée à la surface de la spermathèque, entourée d'un fin réseau de trachées qui contribuent, avec les sécrétions nutritives de la glande en « Y », au maintien en vie pour une longue durée des spermatozoïdes stockés dans cet organe (Louveaux, 1954).

I.5.1.2 Ovaires des ouvrières pondeuses

La reine est la seule femelle féconde de la colonie, son appareil reproducteur est bien développé, occupe presque toute la cavité abdominale. La reproduction de l'abeille domestique est dite polyandrique. La reine s'accouple avec plusieurs mâles, en moyenne une dizaine (Ruttner, 1988; Schlüns et al., 2005), ce genre de reproduction vise à limiter la consanguinité, et assurer une diversité génétique au sein de la colonie (Delaney et al., 2011). Lors de la ponte d'un œuf, si la reine ne relâche pas de spermatozoïdes, l'œuf non fécondé évoluera à un individu haploïde; une seule paire des 16 chromosomes (n): le faux-bourdon (Simpson, 2010). Par contre, lorsque la reine relâche un ou plusieurs spermatozoïdes en même temps que l'œuf, phénomène appelé polyspermie (Meusel et Moritz 1993), l'individu produit est une femelle diploïde ($2n$; 32 chromosomes). Un seul spermatozoïde fusionne avec le noyau de l'œuf, alors que les spermatozoïdes dits accessoires dégèneront rapidement après la fertilisation (Simpson, 2010).

La reine diffère des autres par sa structure générale et son apparence, bien que les ouvrières soient des femelles tout comme la reine, leurs ovaires ne sont pas développés. En d'autres termes, les abeilles ouvrières sont stériles. Tant que la colonie possède une reine, l'apiculteur peut très bien ne pas noter de différence, mais dès que la reine disparaît (ruche orpheline) l'ouvrière peut devenir pondreuse, ses organes génitaux atrophiés se développent c'est-à-dire lorsque la reine est enlevée, il se produit une carence de la phéromone. L'ouvrière pondreuse prenant la relève de la reine ne produira que des mâles, et la colonie sera très rapidement bourdonneuse (Pain.J: 1961).

I.5.2 Le système glandulaire de l'ouvrière

L'abeille est pourvue de nombreuses glandes exocrines, la substance est excrétée à l'extérieur du corps de l'abeille. Parmi ces substances, on retrouve le venin, la cire, les phéromones, la gelée royale etc....

(Fig. 12)

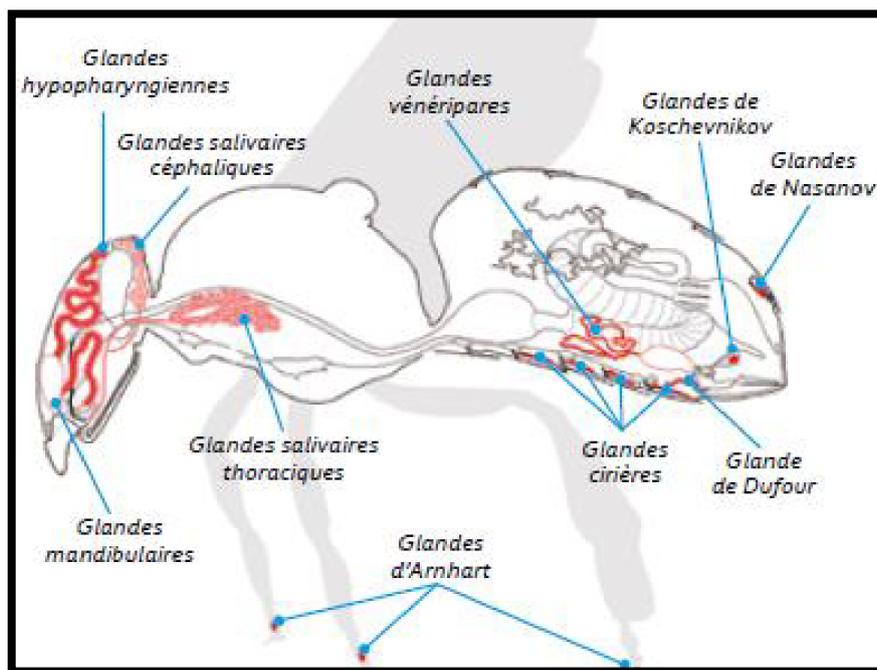


Figure 12. Système glandulaire de l'abeille ouvrière (Prost. 2005)

Les principales glandes sont présentées dans le tableau suivant :

Table 2. Les principales glandes chez l'abeille et leurs fonctions (Prost. 2005).

Glandes	Localisation	Caractéristique
Glandes mandibulaires	Mandibules	_ sécrétion de phéromones (fortement développée chez la reine) _ rôle dans la cohésion et structure de la colonie _ différentes substances selon reine ou ouvrière _ effet de solvant de la propolis, du pollen et de la cire (dissolution du couvercle de l'alvéole)
Glandes nourricières Ou hypopharyngiennes	Tête	_ sécrétion directement déversée dans la bouche _ uniquement chez l'ouvrière, surtout nourrices 6eme au 12eme jour _ fournissent la gelée royale _ évoluent en fonction de l'âge de l'abeille (avec le temps, production d'enzymes qui transforment le nectar en miel)
Glandes salivaires ou labiales	Tête et thorax, le long de l'œsophage	_ présentes dans les trois castes _ chez l'ouvrières, exsudation de sécrétion huileuse pour le travail des plaquettes de cire _ sécrétion aqueuse qui dissout le sucre cristallisé _ chez les larves : sécrétion de la soie
Glandes tarsales ou d'anhardt	Dernier article du tarse	_ sécrétion permettant d'augmenter l'adhésion des ventouses _ phéromone de piste (entrée du nid)
Glandes rectales	Rectum	_ produisent la catalase (blocage du processus de pourriture)
Glandes de nassanov	Plaques Dorsales	_ phéromone de rappel (formation de grappe) _ absence chez la reine et les males
Glandes épidermique	Sixième Tergite abdominal	_ senteur de la reine
Glandes de koshzvnikov ou glande de la chambre de l'aiguillon	Appareil Vulnérant	_ senteur de la reine _ phéromone d'essaimage
Glande à venin ou acide	Appareil Vulnérant	_ dégénère chez la reine _ production dépendant de l'âge et de la consommation en pollen
Glandes alcaline	Appareil Vulnérant	_ probablement un lubrifiant pour l'aiguillon
Glandes sexuelles ou génitales	Appareil génital	_ reproduction

Dans le présent travail, nous allons nous focaliser sur les glandes hypopharyngiennes.

I.5.2.1 Les glandes hypopharyngiennes

Les glandes hypopharyngiennes (GHP) sont impliquées dans la nourriture des larves et leur développement. Elles produisent et sécrètent la partie protéinée de la gelée royale, nourriture capitale pour la colonie et la reine. Les GHP ne se développent que chez les ouvrières, même si elles sont présentes chez la reine.

Chez les jeunes ouvrières, les glandes sont bien développées avec un pic de production à 10 jours. La production décroît à l'âge de 15 jours environ. Elles peuvent cependant se développer à nouveau chez les ouvrières âgées en l'absence de jeunes abeilles. Cela signifie que le développement des GHP répond aux besoins directs de la colonie. Les GHP ne se développent significativement que chez les ouvrières en contact avec le couvain, ce sont des ouvrières nourrices.

I.5.2.1.1 Structure

Les GHP sont situées dans la tête devant le cerveau (Fig. 13), entre les yeux composés. Les canaux s'ouvrent dans la partie sous-orale de l'hypopharynx. Chacune des glandes est composée de nombreux petits corps ovales (acini) attachés au conduit sécrétoire axial ou terminal (SNODGRASS, 1956).

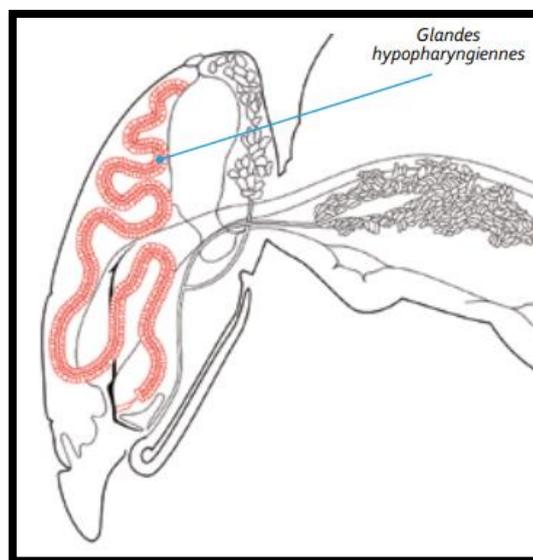


Figure 13. Site des glandes hypopharyngiennes dans la tête d'abeille
<http://honeybee.drawing.org/>

Chaque acinus est déterminé par 10 à 15 corps cellulaires individuels. Chaque acinus débouche sur un conduit d'évacuation extracellulaire où est stocké le produit de la sécrétion qui constitue la partie protéique de la gelée royale.

I.5.2.1.2 Développement :

La taille des GHP augmente et diminue en fonction de l'âge de l'ouvrière. Les glandes sont inactives chez les ouvrières nouvellement émergées. Seules les larves provoquent l'activation des GHP, alors que les œufs et les nymphes ne le sont pas (Brouwer, 1982).

Les vaisseaux sécréteurs se développent à l'âge de 3 jours. Les abeilles de six jours commencent à produire une sécrétion et celles de 9 jours sécrètent les enzymes impliquées dans la production de la gelée royale. Après le 14^{ème} jour, la production des sécrétions diminue et les cellules commencent déjà à former des lysosomes impliqués dans les processus de dégénérescence et les GHP déclinent, mais ne tombent jamais au niveau zéro. Elles produisent des enzymes digestives comme l'alpha-glucosidase, l'invertase, etc. ... (Brouwers, 1982).

Le développement glandulaire et la production de la gelée royale dépendent de la vitellogénine, une protéine véhiculée dans l'hémolymphe qui joue un rôle capital chez l'abeille en intervenant par exemple au niveau de la longévité et du système immunitaire. L'expression de la vitellogénine est plus forte si les jeunes abeilles se nourrissent suffisamment en pollen de qualité dont la diversité florale est variée. Ce type d'alimentation favorise le développement des GHP et par voie de conséquence, la santé du couvain et de la reine. A contrario, la faim, l'infestation par le *Varroa* et les pesticides inhibent le développement des GHP avec des conséquences sur le développement du couvain et la santé des reines

Des abeilles d'hiver mises en contact artificiellement avec du couvain peuvent réactiver pleinement l'activité des GHP en 3 jours. C'est d'ailleurs le cas chez toutes les ouvrières toute l'année, y compris chez les butineuses, ce qui démontre la capacité d'adaptation des abeilles aux besoins du couvain et aux conditions environnementales.

Brouwers, 1982 a indiqué qu'il n'existe pas de « corrélation apparente » entre la taille des glandes et leur activité. Par contre, Huang et al. (1989), ont trouvé une relation significative entre ces deux variables.

I.5.3 Le système circulatoire

Le système circulatoire de l'abeille (Fig. 14) est composé d'un cœur dorsal et d'une aorte reliant la tête à l'abdomen (Winston. 1993). Le cœur pompe l'hémolymphe à fin qu'elle circule de l'arrière vers l'avant. Les contractions du diaphragme ventral permettent de faire circuler l'hémolymphe de l'avant vers l'arrière. Chez l'être humain, le système circulatoire est un système fermé. Chez l'abeille, c'est un système ouvert.

Le système circulatoire ouvert, laissant circuler l'hémolymphe librement à l'intérieur de la cuticule étanche. Les organes y baignent directement (Alleaume, C. (2012).

L'hémolymphe est mise en circulation par le vaisseau dorsal, sorte de cœur rudimentaire formé d'un tube allant de l'extrémité de l'abdomen jusqu'à la tête, le vaisseau dorsal est fermé au bout de l'abdomen et percé de cinq ostioles situés au bord de cinq renflements, les ventricules (Snodgrass, R. E. (1925). Les ventricules, situés dans l'abdomen, en se contractant, envoient l'hémolymphe vers la tête et le thorax. L'hémolymphe circule ensuite librement dans l'abdomen et est aspirée à nouveau par les ostioles, hors du vaisseau dorsal, l'hémolymphe est brassée par deux diaphragmes, dorsal et ventral (Winston. 1993).

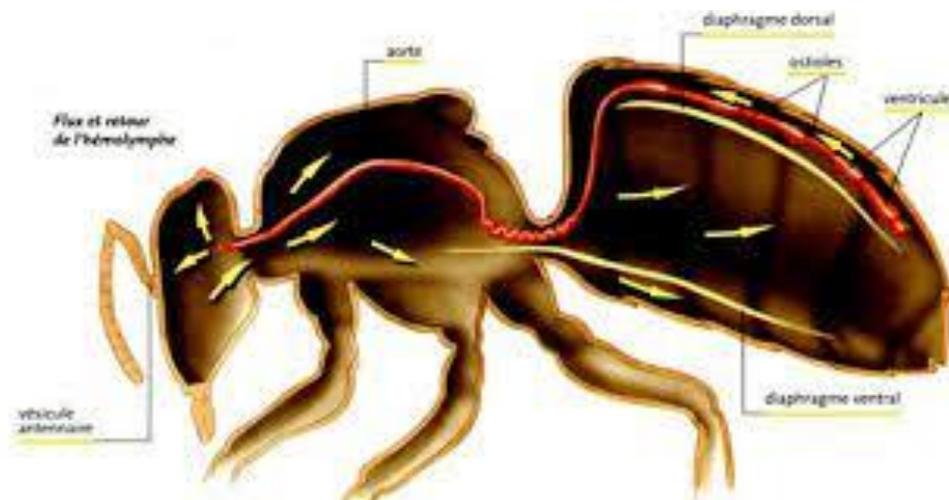


Figure 14. Système circulatoire de l'abeille (Le conte. 2015)

I.5.3.1 L'hémolymphe

C'est un liquide extracellulaire (sang de l'abeille) qui circule dans le corps de l'insecte. Le volume de l'hémolymphe est très variable suivant les espèces ; il représente 1 à 45% du poids total de l'insecte, à un pH qui varie de 6 à 7.5 ; il peut être clair ; ou coloré parfois par des pigments verts ou jaunes (Levy, Bulet, et Ehret-Sabatier, 2004).

I.5.3.1.1 Les constituants de l'hémolymphe

- **Le plasma**

Se compose d'eau (85-90%), des sels minéraux, de divers métabolites et d'autres éléments.

- **Les protéines**

Elles sont essentiellement synthétisées par les corps gras, la teneur en protéines est variable selon les espèces. Chez les femelles, elles interviennent lors de la vitellogénèse. Le plus souvent, les protéines

se trouvent liées à des lipides, des glucides ou des pigments, cela explique la coloration de l'hémolymphe grâce à la présence de chromoprotéines (Levy, F., Bulet, P., Ehret-Sabatier, L., 2004.)

- **Les lipides**

D'origine alimentaire ou libérés par les corps gras, ce sont essentiellement des glycérides, stérides, stérols, phospholipides et des acides non estérifiés. Les lipoprotéines jouent un rôle dans le transport des lipides ou des substances liposolubles.

- **Les glucides**

L'hémolymphe renferme de faibles quantités de sucres réducteurs, par contre d'importantes quantités de tréhalose, qui joue un rôle de réserve énergétique circulante qui est à la disposition des tissus.

- **Autres éléments**

Le sodium Na⁺, le potassium K⁺, le calcium Ca⁺, le magnésium Mg²⁺, le chlore Cl⁻ le phosphore ; les acides uriques et organiques. Plusieurs enzymes : Les protéases, amylases, sucrases, lipases, elles sont le plus souvent actives au cours de la métamorphose. Les acides aminés on trouve notamment l'alanine, la sérine, et la tyrosine.

I.6 Les maladies et prédateurs des Abeilles mellifères

Table 3. Les maladies et prédateurs des Abeilles mellifères (FNAB-Fédération national d'agriculture biologique)

Catégorie	Exemples	Solutions
Virus	DWV, SBP, CBPV, ABPV	- Pas de traitement homologué - Le parasite Varroa favorise l'infestation par certains virus.
Bactéries	Loque européenne	- Prophylaxie et utilisation d'abeilles hygiéniques
	Loque américaine	- Déclaration obligatoire - Transvasement / destruction de la colonie ; désinfection du matériel - Antibiotiques interdits - Prophylaxie et utilisation d'abeilles hygiénique
Mycoses (champignons)	Ascosphérose <i>Nosema apis</i> <i>Nosema ceranae</i>	- Considérées comme des maladies opportunistes - Antibiotiques interdits - Huile essentielle de sarriette des montagnes - Prophylaxie et utilisation d'abeilles hygiéniques - Changement des reines sensibles
Acariens parasitaires	<i>Acarapis woodi</i>	- Pas de cas répertorié en France

	<i>Varroa destructor</i>	- Lutte annuelle indispensable à l'aide de médicaments homologués (avec autorisation de mise sur le marché) - Suivi des chutes naturelles - Luttés bio-mécaniques
Insectes	Fausse teigne (<i>Galleria mellonella</i>)	- Gestion des colonies (ruches fortes, cadres neufs,...) - Traitement du matériel entreposé (acide acétique)
Prédateurs	Mouche, frelon, guêpe, araignée	- Mesures de lutte limitée - Emplacement des ruchers
	Frelon asiatique	- Piégeage, uniquement lorsque leur présence est constatée au rucher - Réducteur d'entrées « frelons » - Destruction des nids
	Souris, musaraigne	- Réducteur d'entrées
	<i>Merops apiaster</i>	- mesure d'ombrage

Dans le présent travail, nous nous intéresserons au *Varroa destructor*.

Chapitre II

Le parasite :

Varroa destructor

II. Le parasite : *Varroa destructor*

II.1 Présentation

Le *Varroa* (*Varroa destructor*) nommé auparavant *Varroa jacobsoni* Oud (Anderson et Trueman, 2000) est un acarien ectoparasite obligatoire de l'abeille.

La varroose est une maladie parasitaire contagieuse, causée par l'infection par ce parasite, due à l'infestation à la fois du couvain et de l'abeille adulte (Grobov, 1976), qui inflige un affaiblissement, ensuite, un effondrement total des colonies (Simoneau, 2003). Le danger de ce parasite se manifeste tant au niveau individuel qu'au niveau de la société (colonie).

II.2 Systématique du varroa (Anderson et Trueman (2000))

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous embranchement : Chelicerata

Classe : Arachnidae

Sous classe : Acari

Ordre : Mesostigmata

Sous ordre : Anactinotrichida (parasitiformes)

Famille : Varroidae

Genre : *Varroa*

Espèce : *Varroa destructor*

II.3 Historique

Le *Varroa destructor* a été découvert pour la première fois par Edward Jacobson sur des abeilles asiatiques (*Apis ceranae*) (Bertrand, 2003) puis l'acarologue Hollandais Oudemans donna la première description de ce parasite et le nomma *Varroa jacobsoni* (Colin, 1982; Oudemans, 1904).

Le passage de *Varroa* de son hôte d'origine *A. cerana* vers un nouvel hôte *A. Mellifera* a eu lieu au cours des années 1940 ou 1950 (Grobov, 1976). L'importation de colonies d'abeilles *A. melliferae* n'Asie a donné l'occasion de passer sur cet hôte fraîchement arrivé (Le Conte et Jeanne, 1991; Donzé, 1995), ce changement d'hôte s'accompagna d'une forte pathogénicité.

La première apparition de varroa dans le couvain d'*A. mellifera* aurait eu lieu en Corée dans les années 1950 (Topolska, 2001), en 1958 au Japon et en Chine (Ian Tsin-He, 1965; Topolska, 2001), en

1963 à Hong Kong et aux Philippines (Delfinado, 1963), et en 1970 dans des ruchers bulgares (Grobov, 1976). Le varroa a été signalé en 1971 en Amérique du Sud au Paraguay et en 1987 en Amérique du Nord aux États-Unis. Ce parasite se retrouve au Canada en 1989 dans la province du Nouveau-Brunswick et au Québec en 1997. En France, la première découverte de colonies d'abeilles infestées par Varroa a été faite le 1er Novembre 1982 à Wissenbourg (Bas-Rhin) (Colin *et al.*, 1983; Treilles, 2002; Noireterre, 2011). Le parasite s'est étendu et atteint la Tunisie en 1975 (Treilles, 2002). La transhumance des colonies, ainsi que les échanges commerciaux ont permis la propagation du Varroa dans le monde entier (Colin, 1982) y compris l'Australie en 2016.

L'entrée de *Varroa destructor* en Algérie s'est faite à partir des frontières avec la Tunisie. Il a été signalé pour la première fois à l'est du pays, en juin 1981, dans un rucher de la coopérative apicole d'Oum Teboul, près d'El Kala (De Favaux, 1984). Comparant aux autres pays touchés par la varroase, l'Algérie n'a enregistré aucune mortalité massive des abeilles lors des 3 aux 4 ans après la première apparition du parasite. C'est après 1987, qu'ils ont enregistré des mortalités massives (hivernales et estivales) et des récoltes très faibles de miel (Anonyme, 2004). Actuellement, ce parasite s'est propagé rapidement dans tout le pays.

II.4 Morphologie

Varroa destructor a un dimorphisme sexuel très marqué à l'état adulte (Rosenkranz, Aumeier, et Ziegelmann 2010b). La femelle est presque deux fois plus grande que le mâle, elle est souvent repérable sur les abeilles, tandis que le mâle et les formes immatures sont dissimulés dans le couvain operculé (Wendling, 2012).

Le corps du Varroa est divisé en deux parties distinctes, l'Idiosome et le Gnathosome (Fernandez et Coineau, 2002). L'appareil buccal est de type piqueur suceur, composé de deux chélicères pointues qui percent la cuticule de l'abeille (Lhomme, 1990).

II.4.1 Les formes matures

II.4.1.1 La femelle adulte ou fondatrice

Visible à l'œil nu, forme ellipsoïdale (Fig. 15, 16), avec 4 paires de pattes, le corps est plus large que long, longueur 1.1 mm, largeur 1.6mm, le poids des femelles en phase phorétique est de (325 ± 26) μg , par contre en phase de reproduction est de 480 μg , (Colin, 1982; Anderson et Trueman, 2000; Fernandez et Coineau, 2007). De couleur brun clair à l'éclosion mais après sa couleur fonce et prend un teint rougeâtre chez les individus les plus âgés, Le corps est aplati, ce que lui permet de s'infiltrer entre les tergites et les sternites abdominaux des abeilles adultes (Le Conte et Faucon, 2002). Durée de vie de 2.5 à 3.5 mois. (Fig15 et 16)



Figure 15. Femelle adulte -face dorsale
Vue sous Stéréo-microscope x 30 (Photo originale)



Figure 16. Femelle adulte -face ventral
Vue sous Stéréo-microscope x 30 (Photo originale)

II.4.1.2 Le mâle adulte

Le mâle est plus petit que la femelle (Fig. 17, 18), avec un corps globuleux, de couleur jaune clair à blanche, présent seulement à l'intérieur des alvéoles, très mobile. Longueur (0,75-0,92) mm, largeur (0,70-0,90) mm.



Figure 17. Mâle adulte-face dorsal
Vue sous Stéréo-microscope x 35 (Photo originale)



Figure 18. Mâle adulte-face ventral
Vue sous Stéréo-microscope x 35 (Photo originale)

Les mâles peuvent se nourrir par succion de l'hémolymphe au niveau des plaies infligées par la femelle (Lhomme, 1990; Fernandez et Coineau, 2002; Fernandez et Coineau, 2007).

II.4.2 Les formes immatures

Ces formes sont en nombre de trois: l'œuf, la Protonympe et la Deutonympe (Faucon, 1992), on les trouve à l'intérieur des cellules du couvain operculé.

II.4.2.1 Stade œuf

Le premier œuf donnera un mâle haploïde ($n=7$), il est pondu environ 60 à 70 heures après l'operculation de l'alvéole ((Donzé et Guérin, 1994) Martin, 1994). Les œufs fécondés produisent des femelles diploïdes ($2n=14$) (Willener et al. 2016) Une femelle *V. destructor* peut pondre jusqu'à 18 à 30 œufs au cours de sa vie (Akimov et Yastrebtsov, 1984; Alberti et Hänel 1986); De Ruijter, 1987). La durée du stade œuf est de 26 à 30 heures pour les œufs mâles et 20 à 28 heures pour les femelles (Ifantidis, 1983; Donzé et Guérin, 1994b; Martin, 1994; Martin, 1995).

II.4.2.2 Protonympe

Stade mobile, Le corps du mâle est très souvent plus petit, avec une forme ovoïde dont les dimensions sont de 500 à 590 μm tandis que la femelle est sphérique et mesure entre 530 et 750 μm (Colin et al., 1999).

La durée du stade est de 52 à 68 heures pour le descendant mâle et de 26 à 40 heures pour le descendant femelle (Donzé et Guérin, 1994).

II.4.2.3 Deutonymphe

La deutonymphe a l'aspect d'un adulte (Fig. 19). La taille augmente et le corps de la femelle devient ellipsoïde alors que celui du mâle reste piriforme (Robaux 1986; Lhomme, 1990; Fernandez et Coineau, 2002). La taille d'une deutonymphe femelle est de 750 et 1000 μm de long et 800 et 1600 μm de large (Colin et al., 1999; Ifantidis, 1983), par contre le mâle deutonymphe est plus petit, sa taille varie entre 750 à 770 μm de long et 750 à 800 μm de large.



Figure 19. Deutonymphe, vue sous stéréo-microscope x35 (Photo originale)

La durée du stade deutonymphal est de 54 à 72 heures pour le mâle et de 68 à 86 heures pour la femelle (Donzé et Guérin, 1994; Martin, 1994; Martin, 1995).

II.5 Le cycle de reproduction

Le *Varroa* passe par deux phases (Fig. 20): la phase phorétique, et la phase reproductrice dans le couvain operculé (Robaux, 1986; Le Conte et Jéanne, 1991; Donzé et Guerin, 1994; Kuenen et Calderone, 1997; ; Rosenkranz , 2010; Rosenkranz *et al.*, 2010).

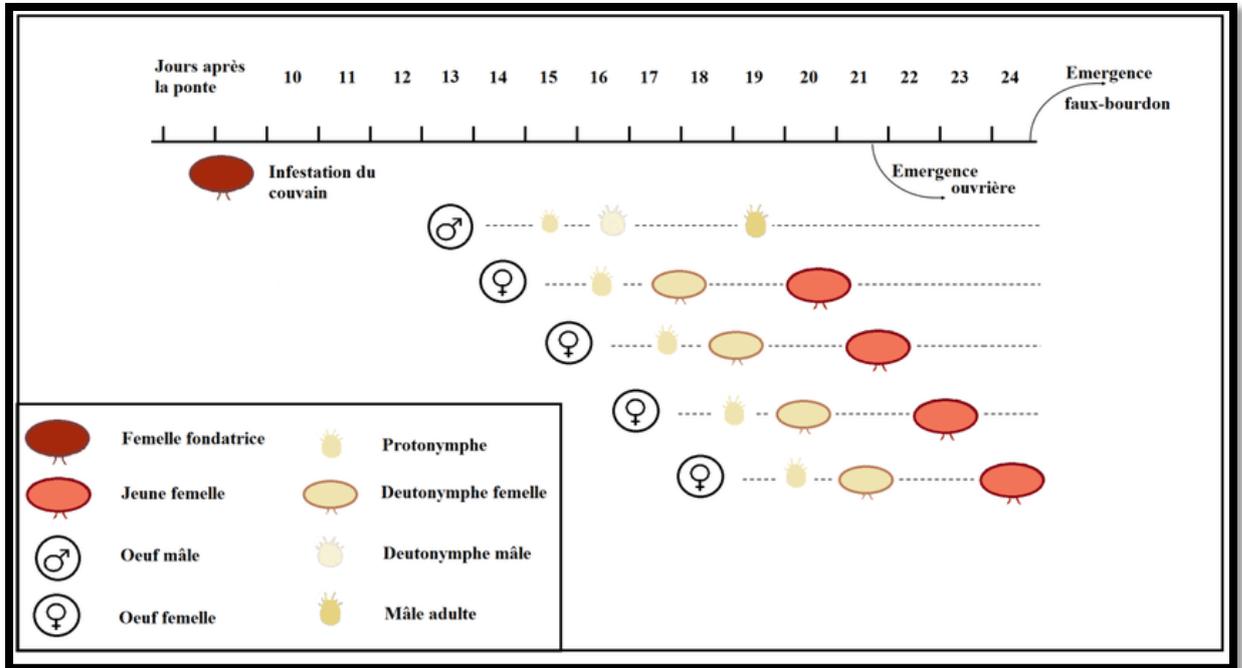


Figure 20. Cycle de reproduction du varroa dans le couvain (Clemence Riva, 2017)

II.5.1 La phase phorétique

La phase phorétique (Fig. 21) est obligatoire pour permettre la maturation de l'appareil reproducteur de la femelle (Al Ghzawi, 1993), grâce à cette phase la femelle adulte se nourrit principalement des corps gras de l'hôte (Ramsey et al., 2018, Ramsey et al., 2019,).



Figure 21. *Varroa* phorétique (photo originale)

Le parasite est très mobile et peut se déplacer d'une abeille à l'autre pour se disperser dans la colonie (Kralj et Fuchs 2006). La durée de la phase phorétique dépend du nombre d'alvéoles du couvain, elle est de 4 à 11 jours en période d'été (Colin, 1982; Martin, 1998) à plusieurs mois en hiver (Le Conte et Faucon, 2002).

II.5.2 La phase de reproduction

La reproduction se fait à l'intérieur du couvain (Fig. 22) d'ouvrières et de faux-bourçons chez *A. mellifera* (Donzé *et al.*, 1996). La température idéale de développement des acariens durant la phase de reproduction varie entre 32,5 - 33,4°C. Une femelle varroa peut réaliser entre 2 et 7 cycles de reproduction (Deruijter, 1987; Fries et Rosenkranz, 1996; Martin et Kemp, 1997). Se nourrir du corps gras de la larve est une condition préalable à la reproduction du varroa. , (Ramsey *et al.*, 2019).



Figure 22. Varroa en reproduction (photo originale)

La femelle Varroa intervenant dans la reproduction ; dite fondatrice, est la seule forme du Varroa présente sur les abeilles pendant la phase phorétique. En quittant l'abeille adulte elle s'introduit dans la cellule contenant une larve de 5 à 6 jours 15 à 20 heures avant l'operculation des cellules pour les cellules d'ouvrières et 45 à 50 heures pour celles des mâles puis elle se dirige au fond de la cellule sous la larve, pour se dissimuler dans la gelée larvaire au fond de l'alvéole, en attendant que la cellule soit operculée et que la larve commence sa nymphose (Noireterre, 2011).

La femelle varroa pond le premier œuf 60 à 72 heures après l'operculation de l'alvéole qui donnera naissance à un mâle haploïde (n=7), puis les œufs suivants sont toutes des femelles diploïdes (n=14), ces dernières une fois atteint le stade adulte se font fécondées par le mâle issu du premier œuf (Noireterre, 2011). La larve d'acariens se développe dans l'œuf pendant les premières heures après la ponte (Nannelli, 1985). Les varroas deviennent sexuellement matures après la dernière mue et c'est les mâles qui atteignent la maturité avant les femelles et restent au site d'accumulation fécale attendant la première

femelle adulte qui mue et commencent à s'accoupler dès l'arrivée de la femelle. À l'émergence de la jeune abeille la fondatrice et ses filles fécondées sont prêtes à infester d'autres alvéoles (Fernandez et Coineau, 2002; Noireterre, 2011).

II.6 La dynamique des populations

Après la première infestation d'une colonie d'abeilles, *Varroa* est capable de former d'immenses populations en quelques années (Buchler, 1994; Fries *et al.*, 2003). La croissance est très hétérogène, dépend des propriétés à la fois de l'hôte (abeille) et du parasite (Fries *et al.*, 1994). L'évolution des acariens dans une colonie est influencé par la densité de la population d'abeilles et du couvain, le climat, la miellée, l'essaimage, l'expression des différents critères de résistances, par exemple le comportement de épouillage. Ainsi que la présence d'autres pathogènes (Noséma).

II.7 Impact de la varroose sur l'abeille domestique

L'abeille est altérée de diverses façons. La présence d'un ou plusieurs acariens chez l'abeille adulte altère son comportement (Fernandez et Coineau, 2007). L'augmentation du taux d'infestation provoque la diminution de la durée de vie des abeilles (Ritter *et al.*, 1984; (Schneider et Drescher, 1987). Bowen-Walker et Gunn (2001) constatent que 8,5 % des ouvrières parasitées présentent des déformations morphologiques externes comme des ailes atrophiées, et un raccourcissement du corps. Les *Varroa* digèrent et consomment de manière externe les tissus corporels gras plutôt que le sang (Ramsey *et al.* 2019).

La baisse de l'immunité des abeilles (Yang et Cox-Foster 2005), la réduction du nombre d'hémocytes (Garedew *et al.*, 2004; Belaid, 2011), l'atrophie des glandes hypophrygiennes (Pinto *et al.*, 2011), des ailes déformées (Treilles, 2002; Wendling 2012) et une baisse entre 10,33 % et 11,09 % du poids (Schneider et Drescher 1987 in Belaid, 2011).

Les faux-bourçons parasités participeraient que faiblement à la reproduction à cause de la diminution de la capacité de vol et de la qualité des spermatozoïdes (Del Cacho *et al.*, 1996; Duay *et al.*, 2002).

Le *Varroa* est un vecteur d'agents pathogènes en particulier de virus, environ 18 virus différents ont été isolés chez les abeilles (Chen et Siede, 2007). Le plus connu est le virus DWV qui cause les symptômes typiques des ailes atrophiées (Boecking et Genersch, 2008, De Miranda et Genersch, 2010).

Quand l'infestation de la colonie d'abeilles par le parasite est faible, aucun symptôme clinique n'est visible et le parasitisme passe le plus souvent inaperçu mais lorsque l'infestation est importante il y'aura une réduction de la population d'abeilles et un affaiblissement général de la colonie (Wendling, 2012),

II.8 Impact de la varroose sur la filière apicole

L'acarien parasite *Varroa destructor* (*Varroa*) est la cause majeure des pertes de colonies d'abeilles domestiques européennes (*Apis mellifera*) dans le monde. (Rosenkranz, Aumeier, et Ziegelmann, 2010b)

L'acarien parasite et les virus qu'ils véhiculent contribuent à des déformations morphologiques (petite taille du corps, abdomen raccourci, ailes déformées), qui réduisent la vigueur et la longévité, et ils influencent également la durée de vol et la capacité de retour au nid

À l'échelle de la colonie, la maladie entraîne un affaiblissement de la colonie, le plus souvent en fin de saison apicole, pouvant aboutir dans les formes graves à sa mort (Rosenkranz et al. 2010). Bien que les apiculteurs soient en mesure de récupérer leurs pertes annuelles grâce à la gestion des colonies au printemps et en été, la persistance de pertes élevées a rendu plus difficile et plus coûteuse la reconstitution du nombre de colonies. Parallèlement, le coût élevé de l'achat d'essaims d'abeilles pour remplacer les abeilles mortes, la disponibilité d'abeilles saines, l'augmentation du coût de la lutte contre les parasites et les maladies et les interruptions imprévues de l'activité ont créé un poids financier insupportable pour les apiculteurs. Au Canada (Currie, Pernal, et Guzmán-Nova 2010).

II.9 Lutte Intégrée

II.9.1 Acaricides mous- acides organiques et huiles essentielles

Les acides organiques (l'acide formique, l'acide oxalique, l'acide lactique) et les huiles essentielles, (le thymol) sont les composés naturels utilisés contre *varroa*. Plusieurs études ont été menées sur les conditions d'application (concentration, temps et nombre de traitements, méthodes d'application) (Fries, 1989; Rademacher et Harz, 2006).

II.9.2 Méthodes biologiques et biotechnologiques

Les méthodes biologiques génèrent l'utilisation d'organismes antagonistes, parasites ou pathogènes. Ce mode de lutte naturelle (antiparasitaire) pourrait être appliqué sans se soucier de la contamination des produits apicoles. Les champignons entomopathogènes tels que : *Verticillium lecanii*, *Hirsutiella spp*, *Paecilomyces spp*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium spp*, *Tolypocladium spp* ; possèdent une grande capacité d'infecter et de tuer *Varroa destructor* (Kanga et al., 2002 (Shaw et al. 2002); Santos et al., 2007;(Rodríguez et al. 2009)). Peu de bactéries ont été testées par exemple des bactéries appartenant aux familles des : Bacillaceae et des Micrococcaceae ont une pathogénicité contre de *Varroa destructor* (Tsayou et al. 2004).

La "méthode du peigne de piégeage" a été déjà utilisée avec succès dont le principe est d'éliminer les acariens de la colonie (Engels *et al.*, 1984; Maul *et al.*, 1988). Elle se base sur le piégeage, le retrait puis la brûler des cellules operculées des faux-bourçons, ils utilisent des produits (varroa test) pour attirer les acariens une fois appliqués sur un cadre (Petrov et Khazbievich, 1980).

II.9.3 Lutte physique

La thérapie consiste à trouver une température létale pour l'acarien et non pour l'abeille. Chaudière (1988) a fait son expérience, en élevant la température intérieure de la ruche jusqu'à 60°C pendant 13 minutes, le résultat obtenu est la mortalité de 50% du varroa, qui est accompagné d'une mortalité équivalente chez l'abeille (50% des abeilles succombés).

II.9.4 La résistance des abeilles

Lorsqu'une colonie d'abeilles infestée n'est pas traitée elle s'effondrera au bout de 2 à 3 années (Le Conte, Ellis, et Ritter 2010b). Actuellement, il existe à travers le monde différentes colonies d'abeilles résistantes à ce parasite (Locke 2016), ces colonies résistantes sont dispersées dans quelques pays du monde (Fig. 19). Plusieurs mécanismes peuvent être à l'origine de cette résistance : l'auto et allo-grooming, le comportement hygiénique, SMR, VSH (Rinderer *et al.* 2010), (Rosenkranz, Aumeier, et Ziegelmann 2010a).

La tolérance est définie comme étant la capacité d'une colonie d'abeilles à coexister avec *Varroa destructor* en absence du traitement (Rosenkranz 1999) ainsi que les abeilles résistantes au varroa signifient qu'elles ont la capacité à retarder ou bien à s'opposer à la croissance du parasite au sein de la colonie (Harbo et Harris 1999).

II.9.5 L'essaimage

Selon Michel, 1998 l'essaimage permet à la nouvelle colonie de redémarrer avec un taux d'infestation tolérable. Lors de l'essaimage les abeilles quittent la ruche mère en emmenant près de 15 à 20 % des parasites phorétiques sur elles et environ 65% des femelles varroas reste dans la ruche mère (dans le couvain) (Fries *et al.*, 2003; (Villa *et al.* 2008)). Au sein d'une colonie ayant essaimé, le couvain est absent pendant 2 à 3 semaines (jusqu'à la nouvelle reine occupera la place de l'ancienne reine essaimée et sera apte à pondre) donc durant cette période il n'y a pas de reproduction du varroa (Seeley, 2007). (Fig 23)



Figure 23. Essaim naturel dans la Mitidja (Photo originale)

II.9.6 Acaricides «durs»

Selon Colin (2011), le traitement chimique doit avoir une bonne pathogénicité vis-à-vis du parasite et doit être tolérant pour *Apis mellifera* et ne présente pas une résistance pour *Varroa destructor*. Au cours des 15 dernières années les acaricides les plus utilisés sont les organophosphates coumaphos (Checkmite®, Asuntol®, Perizin®), les pyréthroïdes tau-fluvalinate (Apistan®, Klartan®, Mavrik®) et la fluméthrine (Bayvarol®) ainsi que la formamidine amitraz (Milani et Barbattini, 1988; Milani et Lob, 1998; Ritter, 1988).

En Algérie, les apiculteurs locaux traitent leurs colonies soit avec des acaricides chimiques Bayvarol® (fluméthrine), Apivar® (Amitraz) ou avec des huiles essentielles Apiguard® (Thymol) (Loucif-Ayad *et al.*, 2008, 2010).

Le LiCL, est une nouvelle molécule utilisée comme acaricide, son efficacité est démontré pour la lutte contre *Varroa destructor*, mais aucune étude a été effectuée sur son effet sur les abeilles.

II.9.7 Le chlorure de lithium

II.9.7.1 Définition :

Le LiCl est un oligo-élément essentiel et le plus petit métal alcalin, avec un poids atomique de 6,9. On le trouve dans les céréales, les légumes et dans les sources d'eau potable supplémentées. (Terao 2015).

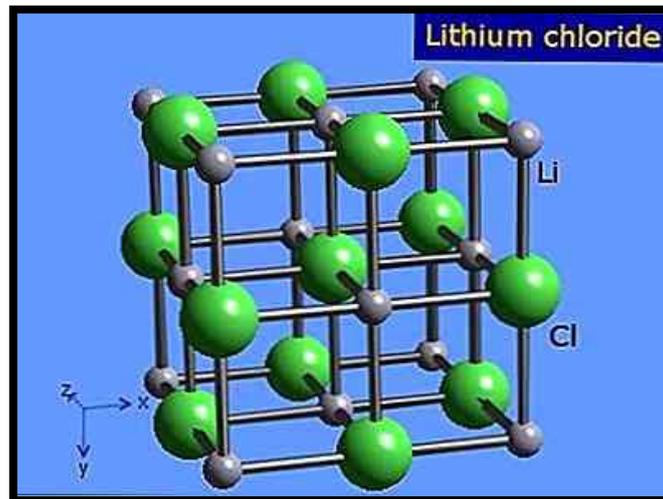


Figure 24. Structure cristalline du chlorure de lithium

(<https://www.thpanorama.com/blog/ciencia/cloruro-de-litio-frmula-propiedades-riesgos-y-usos.html>)

II.9.7.2 Historique

Utilisé depuis plus de 50 ans comme un traitement primaire du trouble bipolaire (TBP).(Phiel 2001). Il a été démontré que le chlorure de lithium (LiCl) a des effets profonds sur le bien-être humain, la susceptibilité à plusieurs maladies telles que les troubles de l'humeur, les maladies neurodégénératives, le cancer et la cinétique de croissance des cellules souches.(Hodayoun et al. 2021)

Les sels de lithium peuvent être intéressants et faciles à utiliser pour traiter efficacement l'infestation par le varroa.(Ziegelmann et al. 2018). Ziegelmann et al. 2018, ont observé une mortalité de 100 % des acariens pendant la période sans couvain, avec une mortalité mineure ou nulle des abeilles adultes avec certaines concentrations de produits chimiques contenant du lithium (Kolics et al. 2021)

D'autre part, le LiCl peut être mortel pour le couvain ouvert et il a été signalé qu'il réduisait la durée de vie des abeilles adultes dans certaines situations. (Ziegelmann et al., 2018). Cependant, des études plus détaillées sont nécessaires pour quantifier et qualifier ses effets éventuels sur les abeilles.

II.9.7.3 Modes d'action

Le LiCL était qualifié comme un varroicide agissant selon deux modes d'action : systémique dans une large gamme de concentrations.(Ziegelmann et al. 2018) et par contact (Kolics et al. 2020). Ces deux modes permettent d'élargir considérablement le champ d'application de cette molécule.

Le double mécanisme d'action du LiCL dans la lutte contre le Varroa pourrait constituer un outil essentiel pour contrôler le Varroa (Kolics et al. 2020).

Jusqu'à présent, les éventuels dommages collatéraux du LiCL sur l'abeille n'ont pas encore été étudiés dans le monde. Pour cela, nous allons étudier l'effet du LiCL sur certaines fonctions physiologiques et comportementales de l'abeille tellienne.

Partie II

EXERIMENTALE

Chapitre IV

MATERIELS ET METHODES

III. Matériels et méthodes

III.1 L'objectif :

Dans ce travail, Nous avons étudié l'effet du LiCL sur certaines fonctions physiologiques et comportementales de l'abeille tellienne, plus précisément son effet sur le volume des GHPs, la taille des ovaires et le dosage des protéines dans l'hémolymphe. Deux modes d'actions sont testés, La voie systémique dans les conditions contrôlées (In vitro) et la voie de contact par égouttage dans des conditions naturelles (In vivo).

Nos travaux ont été réalisés du mois d'avril au mois de juin de l'année 2021. Au niveau du laboratoire d'Apidologie (VALCORE) de la faculté des sciences – UMBB.

III.2 Caractéristiques de la région de Boumerdes :

Les données sont reprises des publications de la direction des services agricoles (DSA) 2011, de la wilaya de Boumerdes.

Boumerdes est une wilaya côtière, à fortes potentialités agricoles du centre du pays, a une étendue de 1 457 Km², avec 100 Km de profil littoral allant du cap de Boudouaou El Bahri à l'Ouest, à la limite Est de la commune de Afir. Du point de vue géographique, elle a pour limites, Nord: la mer méditerranée, Sud: wilaya de Bouira, Est: wilaya de Tizi-Ouzou, Ouest: wilaya d'Alger, Sud-ouest: wilaya de Blida. (Fig 25).



Figure 25. Emplacement et limite géographique de la Wilaya de Boumerdes : source DSA Boumerdes 2011.

La situation géographique du territoire de la Wilaya de Boumerdes est Soumise à l'influence climatique Méditerranéenne notamment pour la pluviométrie et les Températures. Boumerdes est considérée parmi les régions les plus arrosées au niveau national du fait qu'elle reçoit annuellement un volume pluviométrique compris entre 500 mm et 1 300 mm par an.

Les températures mettent en évidence une amplitude thermique de l'ordre de 25°C entre les températures du mois le plus chaud est celles du mois le plus froid.

L'agriculture dispose d'une superficie agricole utile (SAU) de 65 010 ha sur une superficie agricole totale (SAT) de 98 864 ha. La plaine orientale de la Mitidja, occupe toute la partie ouest de la wilaya. Cette plaine qui constitue la zone du littoral se caractérise par des sols fertiles à haut rendement agricole, elle est de texture sablo-limoneux propice pour les cultures maraichères et l'arboriculture en intensif. Les principales cultures à Boumerdes sont: Céréales, Fourrages, Arboriculture (Viticulture, Agrumes, Olives), Maraîchage etc.

Boumerdes possède aussi un véritable tapis végétal, de 08 forêts denses qui totalisent une superficie de 22 951 ha soit 15.75 % de la superficie de la wilaya. « Site WEB DSA».

III.3 Caractéristiques des colonies d'étude

- **Pour les essais In vitro** : La colonie utilisée est de type Langstroth, à 10 cadres, mise sur un sol plat, soulevées sur un support métallique de 40 cm (station Dar beida).

- **Pour les essais In vivo** : six nucléis à deux cadrans installées sur la terrasse de l'immeuble de la Faculté 42 m du sol, dans un endroit très ensoleillé, surplombant le jardin de la faculté des sciences. (Fig 26).

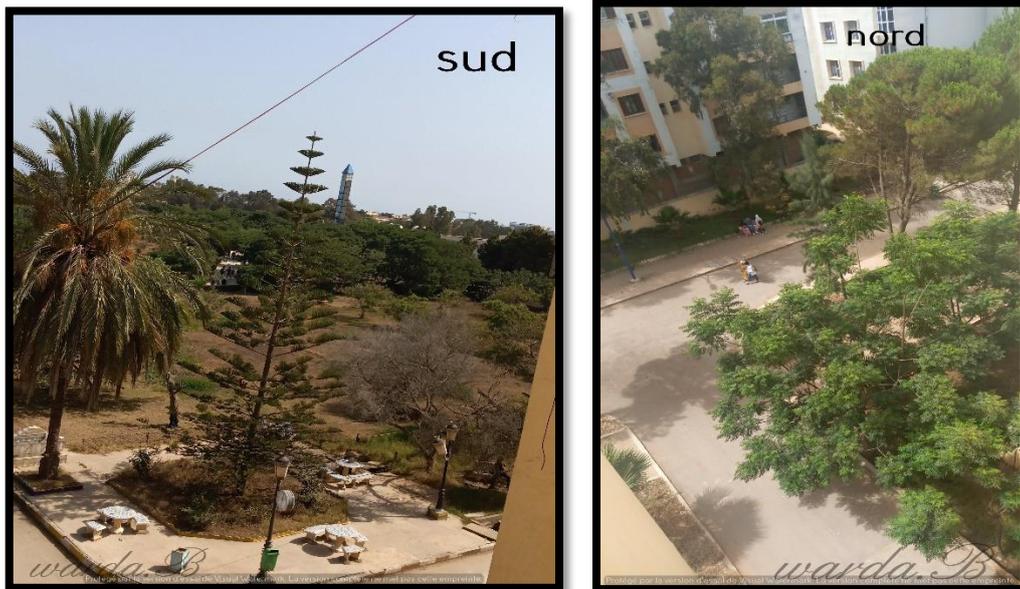


Figure 26. Le jardin de la faculté à sud et nord (B.W,2021)

III.4 Matériel

III.4.1 Matériel Biologique

Dans ce travail, nous avons utilisé des abeilles locales *Apis mellifera intermissa*, dont nous avons extrait leurs GHP, Ovaires et l'hémolymphe.

III.4.1.1 Nourrissage des abeilles

- **Le Sirop** : Les abeilles étaient nourries par du Sirop préparé au laboratoire, à partir d'une solution de saccharose (1 sucre / 1 d'eau).
- **Patte protéique** : Nous avons préparé une pâte protéique, composé du pollen frais et du miel. le pollen a été récolté en mois de mars 2021, des hauteurs de wilaya d'EL-TAREF.



Figure 27. Pâte protéique composée du pollen frais et du miel.

III.4.2 Matériel du laboratoire

Cagettes de type Pain, dimension (10.5x10.5x7.5) cm, une plaque de cire gaufrée (8x4) cm fixée au fond de chaque cagette, chaque cagette équipée de deux tubes coniques de 15ml, l'un pour l'eau et l'autre pour le sirop, et de petits récipients pour recevoir le pollen.

III.4.3 Matériel non biologique

- Microscope optique Leica ICC50 HD.
- Stéréo microscope STEMI DV4.
- Balance analytique type SCALTEC (SBC 52 max2200 et min0.5g, d=0.01g)
- Balance analytique précision type EXPLORER Pro (DHAUS max 210g, d=0.1g).
- Étuve à conditions contrôlées (34°C, 000 %H).
- Spectrophotomètre marque ZuZi.
- Vortex (VELP SCIENTIFICA).
- Micropipette 5µl et de 100 µl, marque ACCUMAX PRO.
- Pinces de dissection.
- Paire de ciseaux.
- Pipettes Pasteur.
- Tubes Eppendorf à 0.5ml.

III.4.3.1 Réactifs

- Chlorure de lithium.
- Bleu de Coomassie G-250 (BBC).
- d'acide orthophosphorique.
- Bradford (BBC).
- Eau physiologique.

III.5 Méthodes

Table 4. Résumé les différents tests réalisés à t0, t7 et à t14

Test	In vitro Conditions contrôlées	In vivo Conditions naturelles
Fonctions physiologiques		
Volume des GHP	Oui	Oui
Développement ovarien des ouvrières orphelines	Oui	Non
Dosage des métabolites: protéines.	Oui	Oui
Longévité	Oui	Non

III.5.1 Préparation des cagettes en conditions contrôlées

Deux cadres de couvain fermé au stade avancé de développement ont été retirés d'une colonie et mis à incuber dans une étuve au laboratoire à température contrôlée (34°C) (Fig. 28). Les ouvrières naissantes ont été capturées pour remplir 6 cagettes à raison de 100 abeilles naissantes/cagette. Les Six cagettes ont été réparties en deux lots : un lot de trois cagettes servant de témoin et un autre lot de trois cagettes servant de lot traité.



Figure 28. Couvain incubé dans l'étuve à 34°C (B.W ,2021)

Pour simuler la présence d'un cadre dans une colonie naturelle, on a pesé des plaques de cire gaufrée (5.5cm x 6cm, 3 ± 0.3 g), qui ont été ensuite fixées au plafond des cagettes pour que les ouvrières puissent se regrouper.

Dans le lot de cagettes traitées, les ouvrières naissantes ont été nourries pendant les premières 48h avec du sirop (1/1) mélangé avec du LiCl à la concentration de 25mM. Pour le lot témoin, les abeilles ont reçu le sirop sans le produit acaricide. Les ouvrières de toutes les cagettes ont été privées de nourriture 4 heures avant le début du nourrissage, pour les inciter à consommer le sirop avec le produit, et s'assurer que chaque ouvrière reçoive individuellement une dose minimale du produit qui est de 10 μ l (10,6 μ g) de LiCl (Ziegelmann et al., 2018). Le sirop a été proposé *ad libitum* pendant toute la durée de l'expérience. Chaque cagette a reçu 12g de pâte protéique. Les cagettes ont été mises dans l'étuve en conditions contrôlées (34°C, ≈ 60 %H) pour simuler l'environnement naturel de la ruche (Fig. 29).

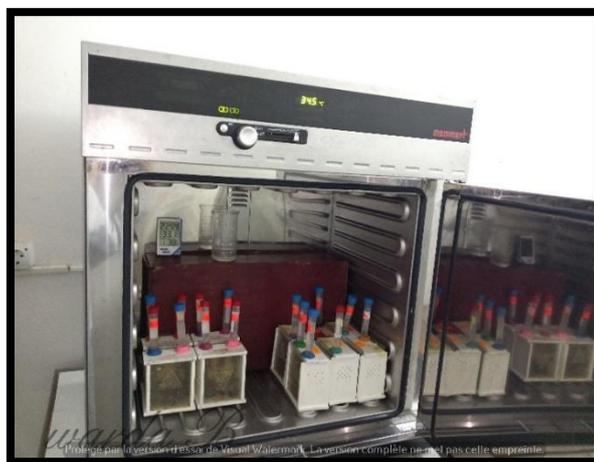


Figure 29. Incubation des cagettes dans une étuve à 34°C (B.W, 2021)

III.5.2 Préparation des nuclei en conditions naturelles

150±5 ouvrières naissantes préalablement marquées (Fig. 30) étaient introduites dans des micros colonies composées de deux cadrans (nucléi). Ces abeilles pouvaient voler librement et aller butiner comme le permettent les conditions naturelles. Le dispositif expérimental était composé de 2 nucléi traités et de deux autres témoins.



Figure 30. Marquage d'ouvrières (B.B, 2021)

Après l'introduction des ouvrières marquées, nous avons procédé à l'égouttage du sirop seul ou mélangé avec le LiCL entre les cadrants des nuclei. (Fig. 31)



Figure 31. Egouttage du sirop et du sirop (+LiCL) à 250mM (B.W,2021)

III.5.3 Nourrissage des nucléi

Tous les nucléi (traités et témoin) ont reçu 30g de pâte protéique. Nous avons nourri les ouvrières avant l'âge de 7 Jours (T7) avec 60 ml de sirop (30ml deux fois par semaines) et 60 ml avant l'âge de 14 Jours (t14).

III.5.4 Etude de la taux de mortalité

- **En conditions contrôlées (In vitro)**

Le comptage et la notation du nombre d'individus morts dans les cagettes (témoin et traité), est fait quotidiennement, du début de l'expérience (t0) jusqu'à 21 jours (t21), les ouvrières mortes ont été retirées au fur et à mesure.

- **En conditions naturelles (In vivo)**

Nous avons enregistré une perte importante d'ouvrières marquées dans la plupart des nucléi témoins et traités. Ces pertes ne nous ont pas permis de procéder au décompte des ouvrières mortes à cause du traitement.

III.5.5 Etude des Fonctions comportementales en conditions contrôlées (in vitro)

Dans le but de déterminer l'effet du LiCL sur le comportement des ouvrières à construire la cire, la consommation du pollen et du sirop ; nous avons pesé les plaques de cire construites et la quantité du pollen consommée au début et à la fin de l'expérience (t14). La consommation du sirop a été notée quotidiennement.

III.5.6 Etude des fonctions physiologiques

III.5.6.1 Dosage des protéines totales (In vitro et In vivo)

III.5.6.1.1 Prélèvement de l'hémolymphe

Le prélèvement de l'hémolymphe a été réalisé en insérant la pointe d'une pipette pasteur (qui a été préalablement tirée jusqu'à l'obtention d'une pointe aiguë et lisse) au niveau du vaisseau dorsal, entre le 2ème et le 3ème tergite abdominal ou entre le 3ème et le 4ème (Fig.32). Pour recueillir un volume minimum de 5µl nécessaire pour effectuer le dosage des protéines, nous avons prélevé et rassemblé l'hémolymphe de 10±3 ouvrières (Fig. 32).

Le prélèvement a été effectué sur des abeilles naissantes (t0) âgées de 7 jours (t7) et 14 jours, (t14) issues des lots traités ou témoin logées dans des cagettes (conditions contrôlées) et dans des nucléi (conditions naturelles).



Figure 32. Prélèvement de l'hémolymphe (B.B,2021)

L'hémolymphe prélevé a été stocké séparément dans des tubes Eppendorf de 0,5 ml, et immédiatement congelé, pour éviter la mélanisation du matériel collecté. (Fig.33)



Figure 33. Hémolymphe dans un tube eppendorf (B.W,2021)

III.5.6.1.2 Principe du dosage

La technique est colorimétrique basée sur l'adsorption du colorant bleu de Coomassie G250 aux protéines, cette fixation se fait principalement par des liens ioniques avec des acides aminés basiques (arg, his, et lys) et des interactions hydrophobes (acides aminés hydrophobes). Le processus de fixation du colorant étant pratiquement achevé en environ 2 min avec une bonne stabilité de la couleur pendant 1h après l'ajout du colorant, provoquant ainsi le déplacement du maximum d'absorption du colorant de 465 nm (Bleu de Coomassie seul, couleur marron) à 595 nm (Complexe Bleu de Coomassie-protéines, couleur bleu). L'augmentation de l'absorption à 595 nm qui doit être surveillé (bradford, 1976).

III.5.6.1.3 Préparation du réactif (BBC)

- Dissoudre 10 mg de bleu de Coomassie G-250 dans 5 ml d'éthanol à 95°.
- Agiter pendant 2h.
- Ajouter de 10 ml d'acide orthophosphorique à 85%.
- Compléter à 100 ml avec de l'eau distillée.

La préparation du réactif est effectuée dans un flacon sombre pour éviter sa détérioration du réactif au contact de la lumière. La durée de conservation est de 2 à 3 semaines à 4°C.

III.5.6.1.4 Préparation de la solution mère

- Dissoudre 1 gramme du standard BSA dans un litre d'eau distillée 1g/l.
- A partir de la solution mère, faire 6 dilutions à volume identique (100 ml) qui contiennent des concentrations croissantes et connues du standard (Tab. 5 et Fig. 34).
- Ajouter 4 ml de réactif BBC à chaque dilution.
- Homogénéiser au vortex.
- Incuber 10 à 15 min à 4°C à l'obscurité (pour laisser le temps à l'adsorption du colorant aux protéines).
- Homogénéisation au vortex avant la lecture.
- Effectuer la lecture à 595 nm, tracer la courbe d'étalonnage (Fig. 35).

Table 5. Préparation des solutions filles à partir de la solution mère

BSA (μ l)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (μ l)	100	80	60	40	20	0
BBC (ml)	4	4	4	4	4	4



Figure 34. Dégradation des couleurs en fonction de la concentration des solutions filles en protéines

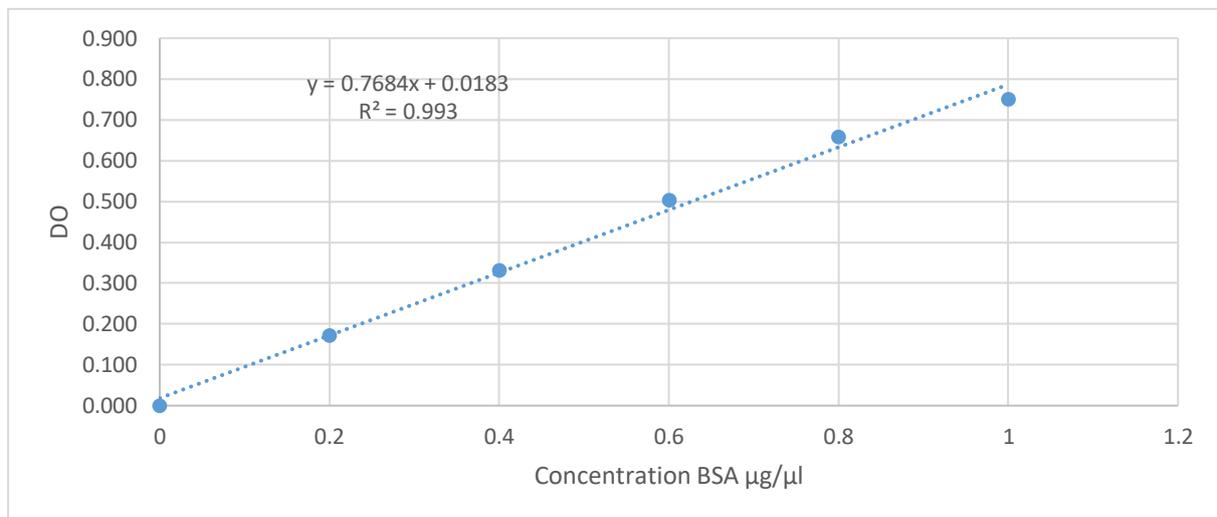


Figure 35. Courbe d'étalonnage In vitro / In vivo

III.5.6.1.5 Préparation des solutions à doser

- Décongeler les échantillons à doser.
- Dans une série de tube verser 5 μl d'hémolymphe.
- Compléter à 100 μl par l'eau distillée.
- Ajouter 4 ml de réactif de Bradford (BBC).
- Homogénéiser au vortex.
- Incuber 10 à 15 min à 4°C à l'obscurité (pour laisser le temps à l'adsorption du colorant aux protéines).
- Homogénéiser au vortex avant la lecture.

Nous avons procédé à la mesure de l'absorbance à 595 nm avec un spectrophotomètre, On a utilisé des cuves en plastique, pour minimiser d'adsorption du complexe sur les parois, La droite d'étalonnage : $A_{595} = f(\text{quantités de BSA})$ est alors tracée, pour en déduire la concentration des protéines dans l'hémolymphe.

III.5.6.2 Mesure des glandes hypopharyngiennes en conditions contrôlées et naturelles

Les ouvrières dont nous avons prélevé l'hémolymphe ont été aussi conservées au congélateur, pour mesurer le développement de leurs glandes hypopharyngiennes (GHP).

III.5.6.2.1 Dissection des GHP

Nous avons procédé à la dissection des 2 glandes de chaque tête (5 têtes pour chaque répétition), selon le protocole décrit dans (Corby-Harris and Snyder, 2018). Les mesures ont été faites aussitôt après les dissections.

- Dans une boîte de pétri nous avons fondu la cire, après refroidissement la plaque obtenue est utilisée pour les dissections.
- Nous avons incorporé la tête sur la plaque après avoir fondu une petite portion de la cire avec un fer à souder (ça permet une meilleur fixation de la tête). Pour plus de stabilité la tête a été épinglée en insérant des épingles dans les deux yeux et le 3eme dans la bouche. (Fig. 36)

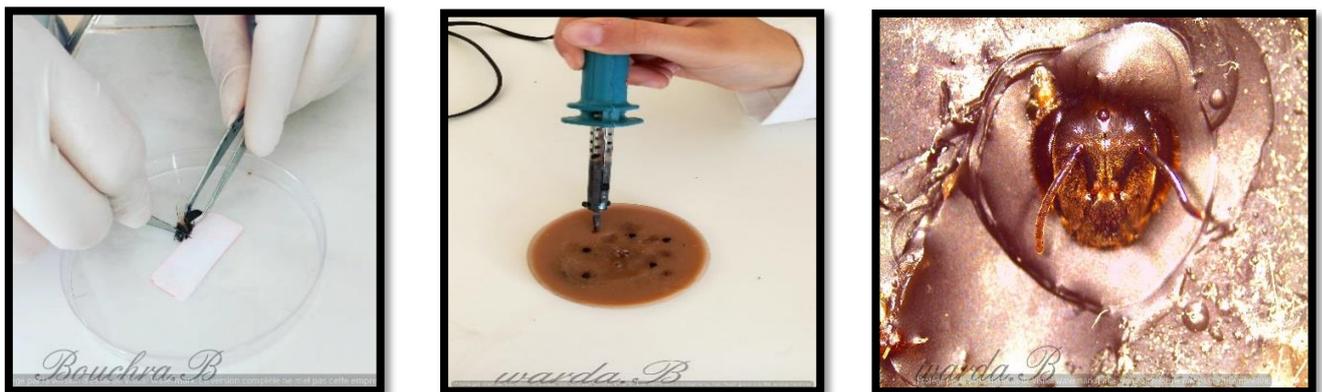


Figure 36. Fixation des têtes sur la plaque de cire (B.W,2021)

- À l'aide d'un bistouri tranchant, on a effectué une petite incision (~ 2-3 mm) entre les yeux et les mandibules de chaque côté de la plaque frontale.



Figure 37. Dissection du côté droit de la tête (B.W,2021)

- À l'aide d'une pince fine, la plaque frontale a été retirée complètement (Fig. 37).
- Nous avons submergé la coupe par environ 20 μ L d'eau physiologique (NaCl 0.6%), à ce stade les glandes peuvent flotter vers le haut. A l'aide d'une pince fine on a retiré délicatement la totalité de la GHP une par une. Les GHP ont été conservées dans une goutte d'eau physiologique, la mesure a été faite aussitôt.

III.5.6.2 Mesures

On a procédé à la mesure de 10 acini par tête (5 acini par glande). Pour éviter l'enroulement des glandes, les GHP ont été coupées en petits morceaux avec une pince fine (Fig. 38 et 39).

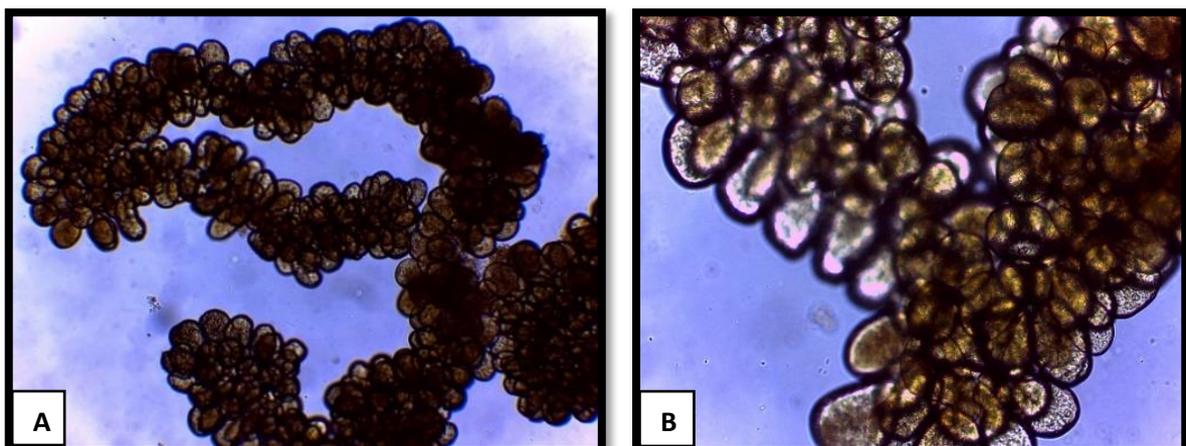


Figure 38. (A). GHP avant la coupure X4, (B). GHP avant la coupure X10



Figure 39: GHP après la coupure X10

La coupure des GHP en morceaux permet de rendre les acini à plat, les images mesurées seront plus claires et plus précises.

Les photos ont été prises avec un microscope (Leica ICC50 HD), grossissement x10. Par contre les mesures ont été faites avec le logiciel Axio-vision 4.8.2 (Fig. 40).

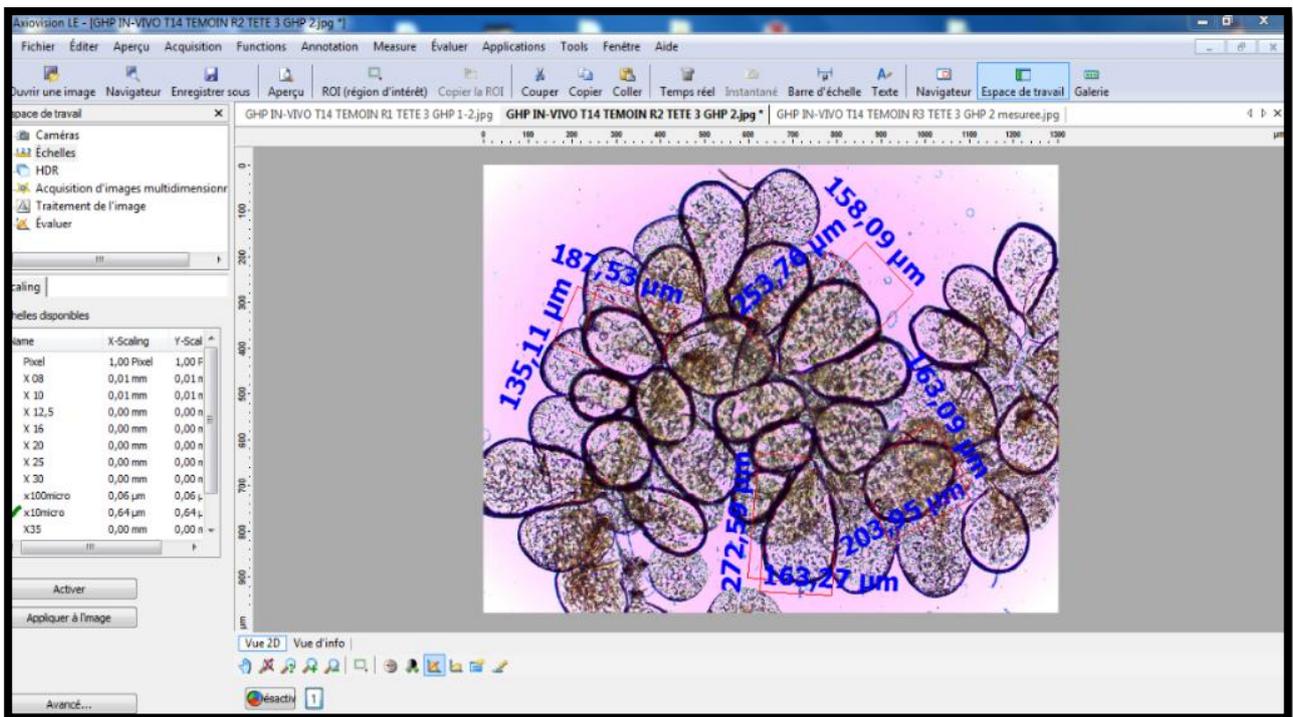


Figure 40. Mesure des acini avec le logiciel Axio vision 4.8.2 (B.W,2021)

III.5.6.3 Développement ovarien en conditions contrôlées

Nous avons procédé à la fixation de l'abdomen comme décrit précédemment (fixation des têtes sur la cire), seulement les observations des stades des ovaires a été faite sans ôter les ovaires.

III.5.6.3.1 Dissection des ovaires

- On a fixé les abdomens sur la cire par la face ventrale (Fig. 41).



Figure 41. Fixation de l'abdomen sur la cire (B.W,2021)

- Nous avons ouvert l'abdomen des deux côtés avec une paire de ciseaux.
- Oter la partie dorsale.
- Verser environ 40 μ L d'eau physiologique (NaCl 0.6%), pour que les ovaires soient visibles et facilite leur repérage. (Fig. 42)



Figure 42. Observation des stades ovariens sous une loupe binoculaire (B.W,2021)

- Après le repérage de l’ovaire, on a procédé à déterminer son état physiologique, donc son stade
- Attribution des notes de 1 à 5 selon la classification de Hess (1942) modifiée par Velthuis (1970).

III.5.6.3.2 Classification de Hess (1942) modifiée par Velthuis (1970).

Stade 1 : correspond à des ovarioles filiformes inactives sans vitellus (ovaire non développé).

Stade 2 : ovarioles enflées sans vitellus, début de l’ovogénèse (cellules gonflant en haut de l’ovariole).

Stade 3 : ovarioles enflées avec vitellus visible mais sans ovocytes distincts (développement léger).

Stade 4 : les ovarioles contiennent des ovocytes distincts mais immatures (développement modéré).

Stade 5 : correspond aux ovaires entièrement activés avec des ovocytes matures distincts très développés (œufs entièrement allongés).

Remarque :

- Les ovaires sont considérés comme développés s’ils sont de tailles 3, 4 ou 5.
- L’activation ovarienne ont été classées comme inactives (a, stade 1), intermédiaires (b, stades 2 et 3) et entièrement activées (c, stades 4 et 5).

Chapitre V
RESULTATS ET
DISCUSSION

IV. Résultats et discussion

IV.1 Mortalité des abeilles en conditions contrôlées

Les courbes (Fig. 44) montrent comment le produit LiCl agit sur la mortalité des ouvrières traitées au cours du temps.

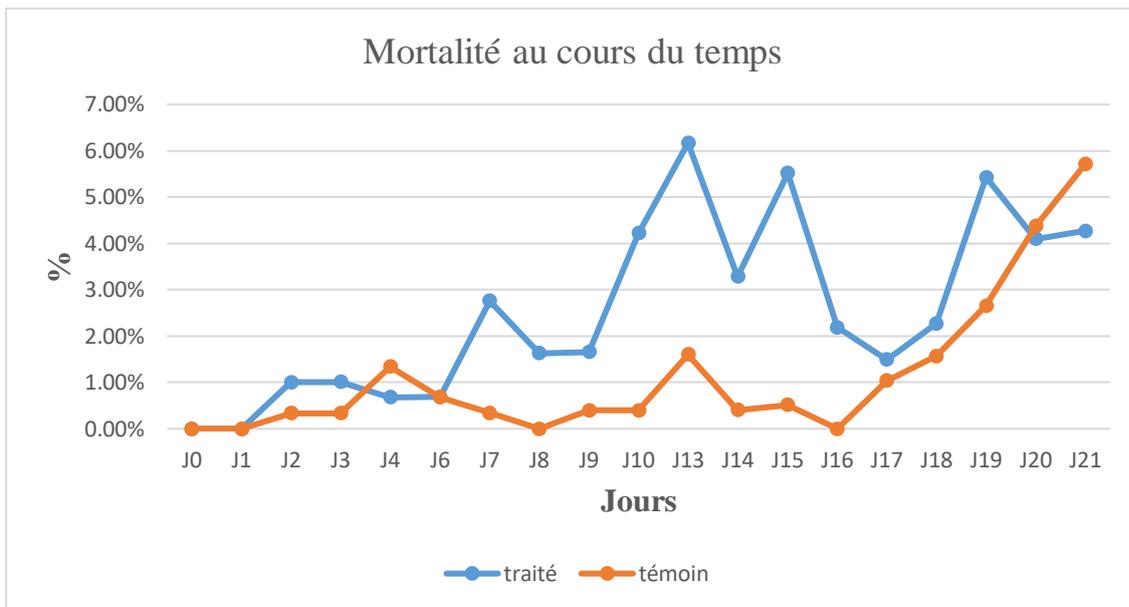


Figure 43. Mortalité au cours du temps (In vitro)

Les deux courbes montrent qu’il y a une différence entre la mortalité des ouvrières dans le témoin et le traité. Cependant, la mortalité du témoin est inférieure à la mortalité du traité pendant la majorité de la durée de l’expérience, sauf au t4, j20 et j21. On a noté des mortalités qui ne dépassaient guère 4 mortalités entre le t0 et t20. Pour le traité, la mortalité est plus sévère, il y a eu un pic important à j13 (toutes répétitions confondues), trois autres pics moins importants à j7 et j15 et à j19.

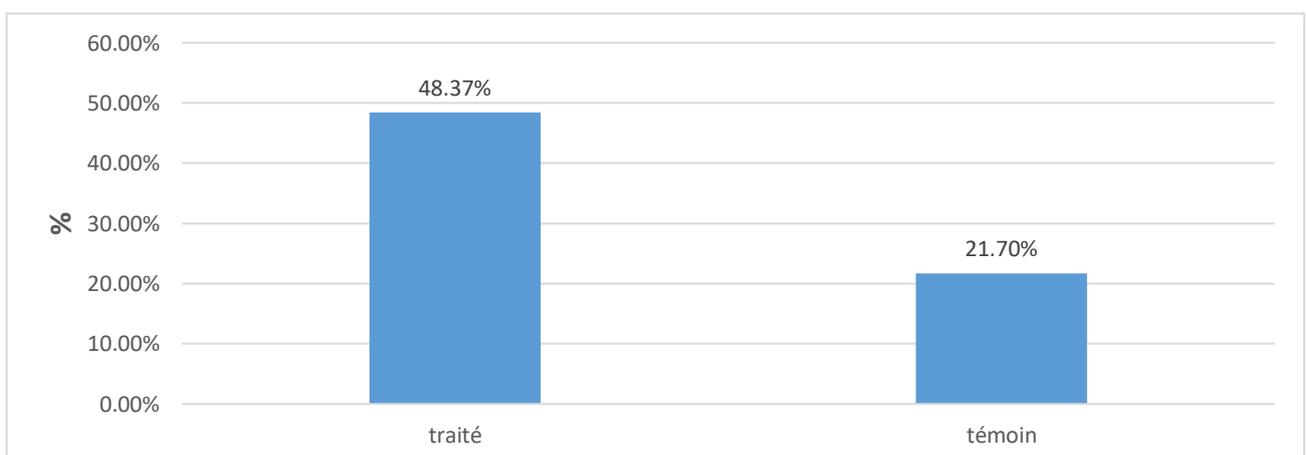


Figure 44 Mortalité cumulée

La plus importante mortalité cumulée (Fig. 45) est enregistrée dans le traité 48.37%. Cela malgré la consommation de 3.81g de pollen, une consommation plus importante que le témoin (21.70 %).

Ces résultats confirment les résultats obtenus par Ziegelmann et al ; 2018, ont démontré que la consommation du LiCL à 25mM provoque une mortalité significative et une diminution de la durée de vie de 19 jours par rapport au témoin.

IV.2 Fonctions comportementales en conditions contrôlées

IV.2.1 Construction cirière

La construction cirière chez le témoin est 3 fois plus importante que chez le traité (0.21g et 0.63g respectivement). Ces résultats démontrent une faible construction cirière pour les deux expériences. Cela est dû peut être à un faible développement des glandes cirières chez le témoin et le traité ou, à cause de la qualité de la cire utilisée. Cependant, la faible construction cirière n'est pas en relation avec l'application du LiCL. (Tab. 6)

Table 6. Construction cirière

	Poids I	Poids F	F - I	Moyenne (g)
Traité 1 (25mM)	3	3.34	0.34	0.21
Traité 2 (25mM)	3	3.13	0.13	
Traité 3 (25mM)	3	3.17	0.17	
Témoin	3	4.15	1.15	0.63
Témoin	3	3.2	0.2	
Témoin	3	3.54	0.54	

IV.2.2 Consommation du pollen

On a noté une faible différence (0.66g) dans la consommation du pollen entre le traité (3.81g) et le témoin (3.15g). Le traitement par le LiCL n'a pas une influence sur la consommation du pollen. (Tab. 7)

Table 7. Consommation du pollen

	Consommation	Consommation Moyenne
Traité 1 (25mM)	4.98	3.81
Traité 2 (25mM)	2.93	
Traité 3 (25mM)	3.52	
Témoin	3.29	3.15
Témoin	3.16	
Témoin	3.01	

IV.2.3 Consommation du sirop

On a noté une faible différence (2.33 ml) dans la consommation du sirop entre le traité (21.75 l) et le témoin (24.08 l). Le traitement par le LiCL n'a pas une grande influence sur la consommation du sirop. (Tab. 8)

Table 8. Consommation sirop

	Traité	témoin
Somme	65.25	72.25
Moyenne	21.75	24.08

IV.3 Fonctions physiologiques en conditions contrôlées et naturelles à t0, t7 et à t14

IV.3.1 Dosage des protéines totales de l'hémolymphe

La concentration moyenne des protéines totales dans l'hémolymphe s'est augmenté au cours du temps dans les conditions contrôlées et naturelles. (Fig. 46)

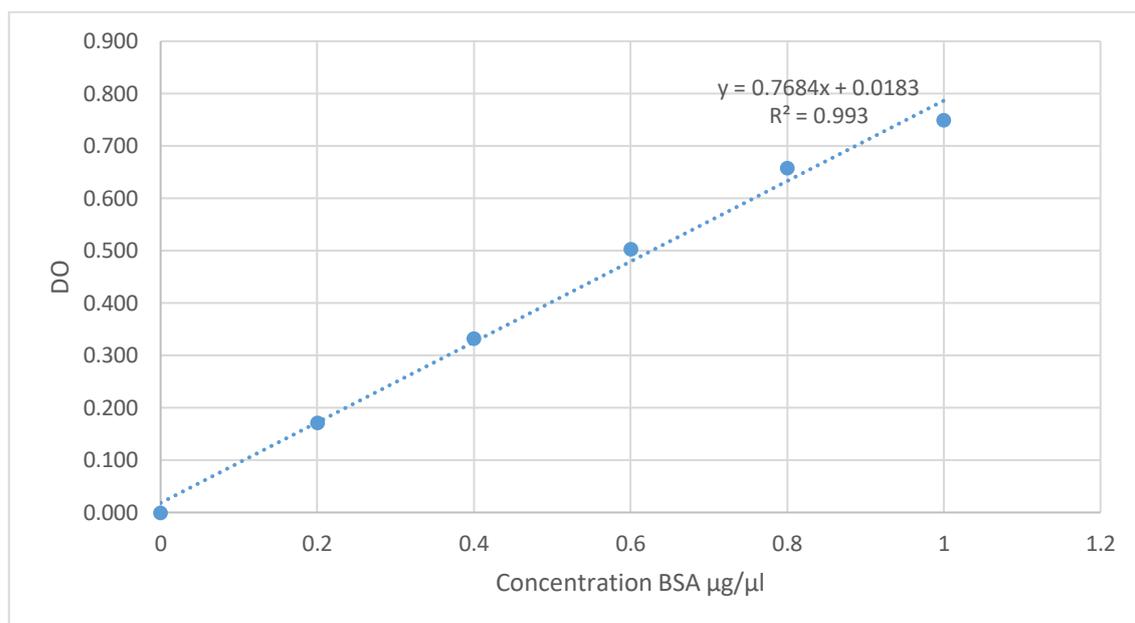


Figure 45: La courbe d'étalonnage des protéines.

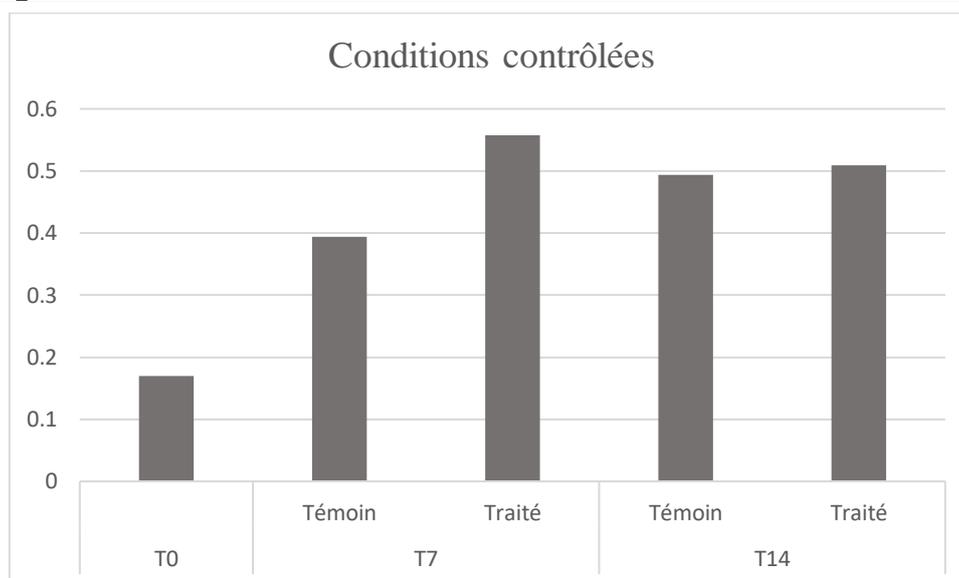


Figure 46: Moyennes des concentrations des protéines totales de l'hémolymphe en conditions contrôlées.

A l'âge de 7 jours, on a enregistré à t7 une différence de $0.163 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ entre le témoin et le traité ($0.394 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ et $0.557 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ respectivement), à 14 jours la différence est plus faible, elle est de $0.015 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ ($0.494 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ et $0.509 \mu\text{g}/\mu\text{l}$). Globalement la concentration est restée stable entre 7 et 14 jours d'âge. Le résultat démontre qu'il n'y a pas une grande influence sur la synthèse protéique dans l'hémolymphe. (Fig. 47)

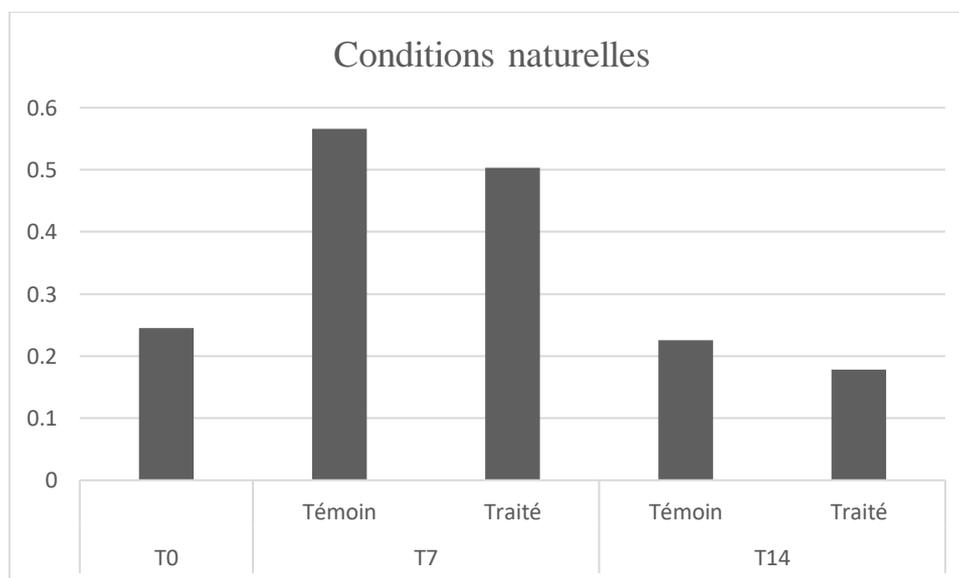


Figure 47: Moyennes des concentrations des protéines totales de l'hémolymphe en conditions naturelles.

À l'âge de 7 jours, nous avons noté une très faible différence de $0.062 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ à t7, entre le témoin et le traité. A 14 jours les concentrations en protéines totales sont plus faibles ($0.226 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ et $0.178 \mu\text{g}/\mu\text{l}$

pour le témoin et traité respectivement). Contrairement dans les conditions contrôlées, peut-être la diminution de la concentration des protéines est due à la quantité du LiCL à 250mM égouttée et consommée par les ouvrières et cela aurait agit sur la synthèse des protéines dans l'hémolymphe. (Fig. 48)

IV.3.2 Mesure du volume des acini en conditions contrôlées et naturelles.

A la naissance des ouvrières (t0) le volume de leurs acini était de $1.65 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$. À l'âge de 7 jours le volume des acini des abeilles témoin et traitées était respectivement de $2.20 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$ et $2.33 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$. Lorsqu'elles sont âgées de 14 jours, les abeilles témoin et traitées avaient des acini dont les volumes étaient respectivement $1.22 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$ et $1.32 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$. Ces résultats semblent cohérents, du fait que les glandes hypopharyngiennes atteignent leur développement maximum entre le 7 et 10 jours d'âge. (Fig. 49)

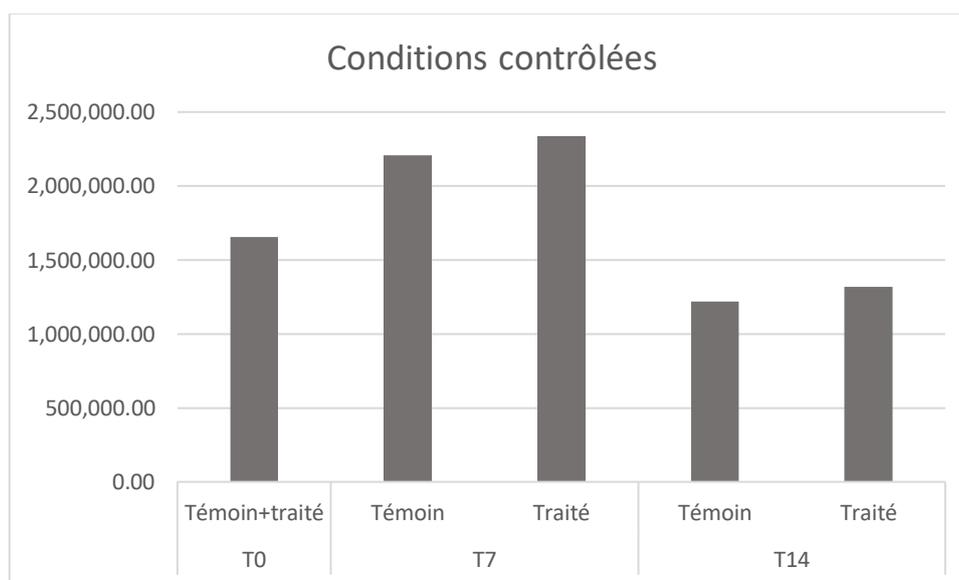


Figure 48: Moyennes des volumes des acini des abeilles en conditions contrôlées.

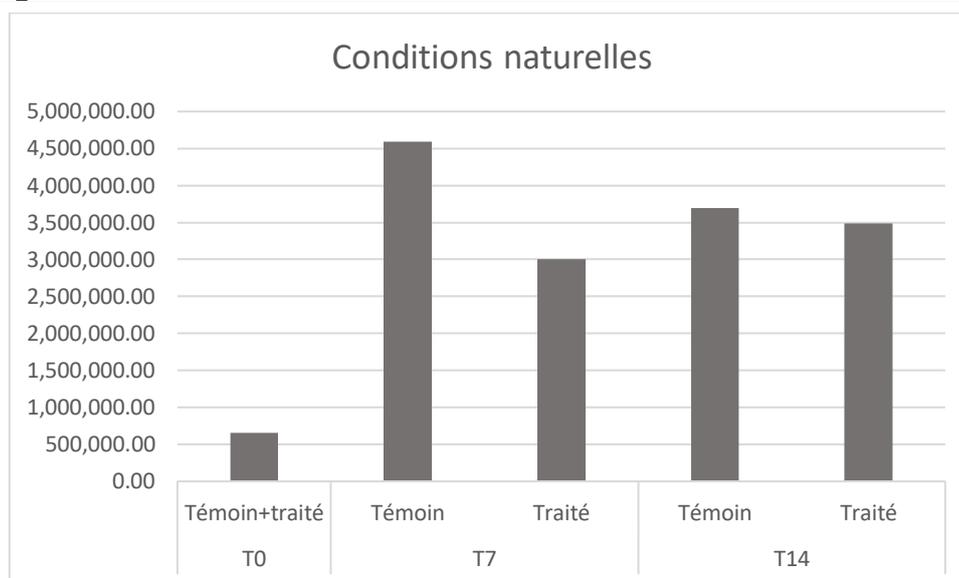


Figure 49: Moyennes des volumes des acini des abeilles en conditions naturelles.

L'application par égouttage de 250mM de LiCL, dans les conditions naturelles a révélé des volumes des acini en général plus importants par rapport à ceux enregistrées en conditions contrôlées. Ce résultat est peut-être dû à la vie en colonie (société), qui a fait que les ouvrières traitées au LiCL avaient la possibilité de côtoyer leurs congénères et vivre une vie naturelle. (Fig. 50)

Dans le témoin, on a enregistré une diminution des volumes moyens des acini entre 7 jours ($4.6 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$) et 14 jours d'âge ($3.7 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$). Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus en conditions contrôlées. (Fig. 50)

A l'âge de 7 jours, les abeilles traitées avaient des acini dont le volume moyen est inférieur à celui des abeilles témoin (une différence de $1.6 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$). Cet écart s'est encore creusé à 14 jours (différence de $0.5 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$ par rapport à t7). Dans les conditions contrôlées le volume moyen a diminué à t14.

IV.3.3 Développement ovarien en conditions contrôlées

Table 9. Pourcentages des différents stades du développement

Age stades	t0	t7		t14	
		Témoin	Traité	Témoin	Traité
1	83%	30%	42%	40%	49%
2	17%	53%	56%	44%	47%
3	0%	13%	2%	16%	4%
4	0%	3%	0%	0%	0%
5	0%	0%	0%	0%	0%

L'étude du développement ovarien des ouvrières orphelines en conditions contrôlées de t0 à t14 a révélé les résultats suivants : (Tab. 9)

À la naissance (t0) :

83% (25/30) des ouvrières sont au premier stade de développement ovarien et 17% (5/30) au stade 2, c'est-à-dire que les ovaires (stade 1 et 2) étaient entièrement inactifs.



Figure 50: Ovaire au stade 1 observé sous une loupe binoculaire



Figure 51: Ovaire au stade 2 observé sous une loupe binoculaire

A l'âge de 7 jours (t7) :

On a enregistré une diminution du stade 1, qui s'est réduit à 30% (9/30) et à 42% (19/45) dans le témoin et le traité respectivement. Au contraire, le taux de développement du stade 2 s'est augmenté à 53% (16/30) pour le témoin et à 56% (25/45) pour le traité. On a noté l'apparition du stade 3 (stade développé) dans le témoin et le traité 13% (4/30) et 2 (1/45) respectivement. Par contre le stade 4 (stade développé, actif) n'est apparu que dans le témoin 3% (1/30).

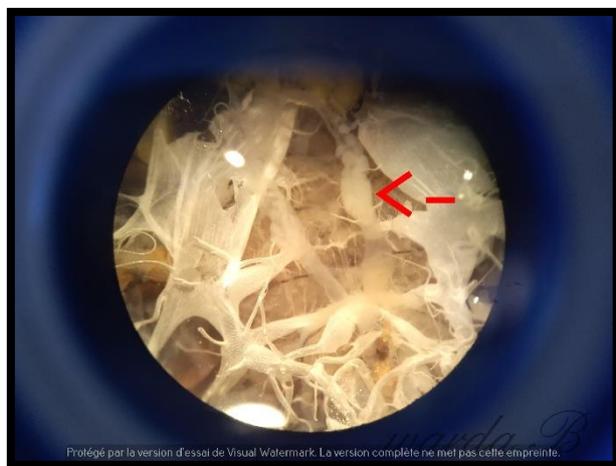


Figure 52: Ovaire au stade 3 observé sous une loupe binoculaire

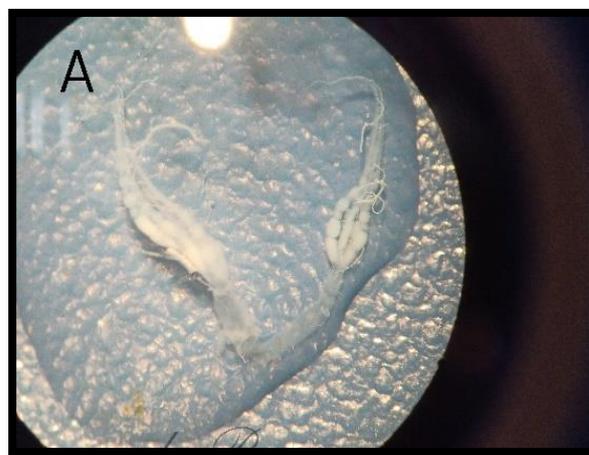


Figure 53: Ovaire au stade 4 observé sous une loupe binoculaire

À l'âge de 14 jours (t14) :

A t14, apparaissent des taux de 40% (18/45) des ouvrières de stades 1 pour le témoin et 49% (22/45) pour le traité. Les taux du stade 2 sont à 44% (20/45) et 47% (21/45) pour le témoin et le traité respectivement. Par contre les taux du stade 3 sont les plus faibles 16% (7/45) pour le témoin et 4% (2/45) pour le traité.

Ces résultats montrent certaine homogénéité de l'apparition des stades ovariens 1 et 2 pour le témoin et le traité à t7 et t14. Par contre, nous avons noté un faible taux du stade 3 chez le traité par rapport au témoin à t7 et à t14, 2% et 4% contre 13% et 16% chez le témoin. Avec l'apparition d'un taux de 3% pour le stade 4 seulement chez le témoin à t7. Ces résultats suggèrent que l'application du LiCL à 25mM par voie systémique diminue le développement ovarien des ouvrières.

Conclusion

Conclusion

Ce présent travail a été réalisé au laboratoire d'Apiculture à la FS-UMBB, pendant la saison printanière 2021. Nous avons étudié l'effet du Chlorure de lithium sur quelques fonctions physiologiques et comportementales de l'abeille Tellienne. Par deux modes d'action : La voie systémique avec une concentration de 25 mM (In vitro) et par voie de contact avec une concentration de 250mM (In vivo).

Nos résultats ont montré un effet négatif du Chlorure de lithium à 25mM sur la longévité des ouvrières (In vitro) par le mode d'action systémique. La mortalité cumulée chez le traité (48.37%) s'est avérée plus importante que chez le témoin (21.70%). En revanche, on n'a pas enregistré une différence entre le témoin et le traité pour la construction cirière, la consommation du pollen et du sirop, la quantité de protéines dans l'hémolymphe et la taille des glandes hypopharyngiennes entre le témoin et le traité en conditions contrôlées et en conditions naturelles. Par contre, l'application du Chlorure de lithium à la concentration de 25mM par voie systémique a exercé un effet négatif sur le développement ovarien des ouvrières orphelines, malgré l'homogénéité de l'apparition des stades ovariens 1 et 2 pour le témoin et le traité à t7 et t14.

À ce jour, aucune étude dans le monde n'a abordé cette question relative aux effets secondaires d'un nouveau traitement varroacide qui est le chlorure de lithium sur l'abeille. Cela ouvre donc des perspectives pour élargir le spectre d'études de ce varroacide, pour tester d'avantage son effet sur les abeilles, cela permettrait son utilisation en lutte intégrée pour combattre le Varroa en apiculture.

Bibliographie

Adam, F. (1985). Les croisements de l'apiculture de demain, Syndicat National apiculture 5, rue de Copenhague_75 008, PARIS 127 pages.

Akimov, IA., and Yastrebtsov, AV. (1984) Reproductive system of *Varroa jacobsoni*. I. Female reproductive system and oogenesis. *Vestnik. Zoologii.*, 6, 61-68
DE Ruijter, A. (1987) Reproduction of *Varroa Jacobsoni* during successive brood cycles of the honeybee. *Apidologie*, 18, 321-326.

AL Ghzawi, A. (1993) Factors affecting the maturity of young females of *Varroa jacobsoni* Oudemans. PhD Thesis, University of Hohenheim, Dr. Neinhaus Verlag, Stuttgart, 83 p.

Alberti, G., et H. Hänel. (1986). « Fine Structure of the Genital System in the Bee Parasite, *Varroa Jacobsoni* (Gamasida: Dermanyssina) with Remarks on Spermiogenesis, Spermatozoa and Capacitation ». *Experimental & Applied Acarology* 2 (1): 63-104. <https://doi.org/10.1007/BF01193355>.

Alleaume, C., B. Strugnell, R. Spooner, et A. Schock. 2012. « Hydrops Foetalis with Pulmonary Hypoplasia in Cheviot and Cheviot-Texel Cross-Lambs ». *Veterinary Record* 171 (25): 646-646. <https://doi.org/10.1136/vr.101198>.

Anciaux de Favaux M., 1984 - Les acariens et les insectes parasites et prédateurs des abeilles *Apis mellifera intermissa* en Algérie. *Bull. Zool. agri., Inst. nati. agro., El Harrach*, 8 : 13 - 21.

Anderson, D.L., et J.W.H. Trueman. 2000. « *Varroa Jacobsoni* (Acari: Varroidae) Is More than One Species ». *Experimental & Applied Acarology* 24 (3): 165-189. <https://doi.org/10.1023/A:1006456720416>.

Anonyme 2014. Composition chimique des huiles essentielles de thymus satureioides

Baer, Ruth A. 2009. « Self-Focused Attention and Mechanisms of Change in Mindfulness-Based Treatment ». *Cognitive Behaviour Therapy* 38 (sup1): 15-20. <https://doi.org/10.1080/16506070902980703>.

Belaid, M. (2011) Effet du parasitisme par *varroa destructor* sur les paramètres morphométriques et physiologiques de l'abeille ouvrière, *Apis mellifera* L, dans la région médio-septentrionale d'Algérie. Thèse de doctorat et science agronomique INA El Harrache. 190p.

- Bertrand, F. (2003)** Les maladies de l'abeille domestique (*Apis mellifica*) et leurs conséquences sanitaires en France. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Claude Bernard, Lyon, 187 p.
- Biri, M. (2010)** Tout savoir sur les abeilles et l'apiculture. Edition De Vecchi, Paris, 13-101.
- JEAN-PROST P., 2005-** Apiculture : connaître l'abeille. Conduire le rucher. Edition 7. 698 p.
- Boecking, O. and Genersch, E. (2008)** Varroosis – the ongoing crisis in bee keeping. *Journal. Consum. Protect. Food Safety* 3 (2), 221–228.
- 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. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 101(3), 207-217.
- Bradford, Marion M. 1976.** « A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding ». *Analytical Biochemistry* 72 (1 2): 248 54. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).
- Brouwers, E. V. M. 1982.** « Measurement of Hypopharyngeal Gland Activity in the Honeybee ». *Journal of Apicultural Research* 21 (4): 193 98. <https://doi.org/10.1080/00218839.1982.11100541>.
- Calderone, N.W., (1999)** Evaluation of formic acid and a thymol-based blend of natural products for the fall control of *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) in colonies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*. 92, 253–260.
- Chandler, et Keith D Sunderland. 2002.** « Laboratory Bioassays to Assess the Pathogenicity of Mito-spore Fungi to *Varroa Destructor* (Acari: Mesostigmata), an Ectoparasitic Mite of the Honeybee, *Apis Mellifera* ». *Biological Control* 24 (3): 266 76. [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(02\)00029-4](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(02)00029-4).
- Charriere, J.D., and Imdorf, A. (2002)** Oxalic acid treatment by trickling against *Varroa destructor*: recommendations for use in central Europe and under temperate climate conditions. *Bee World* 83, 51–60.
- Chaudière, M. (1988)** L'énergie solaire contre la varroase, les quatre saisons du jardinage, n°50 : P 58-60.
- CHAUVIN, Rémy. 1958.** « Biologie de l'abeille revue générale jusqu'en 1956 ». *Les Annales de l'Abeille* 1 (1): 41 67.
- Chen Y.P., Siede R., 2007.** Honey bee viruses. *Adv. Virus Res.*, 70, pp : 33-80.
- Colin, M.E. 1982.** « La varroase: -EN- -FR- -ES- ». *Revue Scientifique et Technique de l'OIE* 1 (4): 1177 89. <https://doi.org/10.20506/rst.1.4.94>.
- Colin, ME, (2011)** Bases de traitement de la varroose. Polycopié de cours.

- Colin, ME., Faucon, JP., Heinrich, A., Ferry, R., and Giauffret, A. (1983)** Etude du premier foyer français de varroatose de l'abeille. Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France, 56, 89-93.
- Colin, ME., Garcia Fernandez, P., BEN Hamida, T. (1999)** Varroosis. In : Colin me, Ball Bv, Kilani M (eds). Bee disease diagnosis, CIHEAM, Zaragoza, 121-142.
- Colin, ME., Tchamitchian M., Bonmatin J. M. & Di Pascal S., 2001.** Presence of chitinase in adult Varroa destructor, an ectoparasitic mite of Apis mellifera. Experimental and Applied Acarology, 25: 947- 955.
- Corby-Harris, Vanessa, Lucy Snyder, Charlotte Meador, et Trace Ayotte. 2018.** « Honey Bee (Apis Mellifera) Nurses Do Not Consume Pollens Based on Their Nutritional Quality ». Édité par Wolfgang Blenau. PLOS ONE 13 (1): e0191050. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191050>.
- Currie, R. W., Pernal, S. F., & Guzmán-Novoa, E. (2010).** Honey bee colony losses in Canada. Journal of Apicultural Research, 49(1), 104–106. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.18>
- Currie, Robert W, Stephen F Pernal, et Ernesto Guzmán-Novoa. 2010.** « Honey Bee Colony Losses in Canada ». Journal of Apicultural Research 49 (1): 104 6. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.18>.
- Dade, Harry Arthur. 1994.** Anatomy and Dissection of the Honeybee. I.B.R.A.
- De Miranda JR, Fries I (2008)** Venereal and vertical transmission of deformed wing virus in honeybees (Apis mellifera L.). J Invertebr Pathol 98:184–189
- Del Cacho E., Marti J., Josa A., Quilez J., Sanchez-Acedo C., 1996.** Effect of Varroa jacobsoni parasitization in the glycoprotein expression on Apis mellifera spermatozoa. Apidologie, 27, pp: 87-92.
- Delfinado, Mercedes D. 1963.** « Mites of the Honeybee in South-East Asia ». Journal of Apicultural Research 2 (2): 113 14. <https://doi.org/10.1080/00218839.1963.111100070>.
- Della Vedova, G., and Milani, N., (1999)** Efficacy against Varroa jacobsoni Oudemans and tolerability by bees of the product Apiguard. Apidologie 30, 438–440.
- Deruijter, A. (1987)** Reproduction of Varroa jacobsoni during successive brood cycles of the honeybee. Apidologie 18: 321-326.
- Donzé, G. (1995)** Adaptations comportementales de l'acarien ectoparasite Varroa jacobsoni durant sa phase de reproduction dans les alvéoles operculées de l'abeille mellifère Apis mellifera. Thèse de doctorat ès sciences, Université de Neuchâtel, 152p

- Donzé, G. (1995)** Adaptations comportementales de l'acarien ectoparasite *Varroa jacobsoni* durant sa phase de reproduction dans les alvéoles operculées de l'abeille mellifère *Apis mellifera*. Thèse de doctorat ès sciences, Université de Neuchâtel, 152p.
- Donzé, G., Herrmann, M., Bachofen, B., and Guérin, PM. (1996)** Effect of mating frequency and brood cell infestation rate on the reproductive success of the honeybee parasite *Varroa jacobsoni*. *Physiological Entomology.*, 21, 17-26.
- Donzé, Gérard, et Patrick M. Guerin. 1994a.** « Behavioral Attributes and Parental Care of *Varroa* Mites Parasitizing Honeybee Brood ». *Behavioral Ecology and Sociobiology* 34 (5): 305-319. <https://doi.org/10.1007/BF00197001>.
- Duay P., De Jong D., Engels W., 2002.** Decreased flight performance and sperm production in drones of the honey bee (*Apis mellifera*) slightly infested by *Varroa destructor* mites during pupal development. *Genetics and Molecular Research*, 3, pp: 227-232.
- Engels, W., Rosenkranz, P., Hertl, F., and Staemmler, G. (1984)** Effect of drone brood removal on *Varroa* infested honey bee colonies. *Apidologie* 15 (3), 246–248.
- Faucon, J.P. (1992)** Précis de pathologie, connaître et traiter les maladies des abeilles. Edit. FNOSAD 512p.
- Fernandez N., Coineau Y. (2002).** *Varroa*, tueurs d'abeilles. Bien le connaître, pour mieux le combattre. Edition Atlantica, Biarritz, France, 237p.
- Fernandez, N., and Coineau, Y. (2007)** *Maladies, parasites et d'autres ennemis de l'abeille domestique*. Editions Atlantica. 237p.
- Fries, I., (1989)** Short-interval treatments with formic acid for control of *Varroa jacobsoni* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies in cold climates. *Swed. Journal of Agricultural Research*. 19, 213–216.
- Fries, I., and P. Rosenkranz. (1996)** Number of reproductive cycles of *Varroa jacobsoni* in honey-bee (*Apis mellifera*) colonies. *Experimental and Applied Acarology* 20: 103-112.
- Fries, I., Camazine, S., and Sneyd, J., (1994)** Population dynamics of *Varroa jacobsoni*: a model and a review. *Bee World* 75, 5–28.
- Fries, I., Hansen, H., Imdorf, A., and Rosenkranz, P (2003).** Swarming in honey bees (*Apis mellifera*) and *Varroa destructor* population development in Sweden. *Apidologie*, 34, 389-397.
- Garedew, A., Schmolz, E., and Lamprecht, I. (2004)** The energy and nutritional demand of the parasitic life of the mite *Varroa destructor*. *Apidologie* 35.
- Gashout, H. A., Goodwin, P. H., & Guzman-Novoa, E. (2018).** Lethality of synthetic and natural acaricides to worker honey bees (*Apis mellifera*) and their impact on the expression of

health and detoxification-related genes. *Environmental science and pollution research international*, 25(34), 34730–34739.

George Aggelis. 2004. « Newly Isolated Bacterial Strains Belonging to Bacillaceae (*Bacillus* Sp.) and Micrococcaceae Accelerate Death of the Honey Bee Mite, *Varroa Destructor* (*V. Jacobsoni*), in *Laboratory Assays* ». *Biotechnology Letters* 26 (6): 529–32. <https://doi.org/10.1023/B:BILE.0000019563.92959.0e>.

Gilles, A. (2010). *La biologie de l'abeille*. Ecole d'apiculture Sud-Luxembourg, pp. 39.

Harbo, John, et Jeffrey Harris. 1999. « Electing honeybees for resistance to *Varroa jacobsoni* ». [http://dx.doi.org/10.1051/apido:1999020830\(mars\)](http://dx.doi.org/10.1051/apido:1999020830(mars)). <https://doi.org/10.1051/apido:19990208>.

Hess, Gertrud. 1942. « Ueber den Einfluss der Weisellosigkeit und des Fruchtbarkeitsvitamins E auf die Ovarien der Bienenarbeiterin: ein Beitrag zur Frage der Regulationen im Bienenstaat ». Doctoral Thesis, ETH Zurich. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-000139370>.

Homayoun, Mahin, Davood Mehrabani, Mohammad Edalatmanesh, et Mehrdad Huang, Z.-Y., G. W. Otis, et P. E.A. Teal. 1989. « Nature of Brood Signal Activating the Protein Synthesis of Hypopharyngeal Gland in Honey Bees, *Apis Mellifera* (*Apidae* : *Hymenoptera*) ». *Apidologie* 20 (6): 455–64. <https://doi.org/10.1051/apido:19890601>.

IAN TSIN-HE (1965). Les particularités biologiques de l'acarien *Varroa jacobsoni* (Oudemans). *Kouchong Zhishi*, 9, 40–41.

Ifantidis, M.D. (1983) Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* in worker and drone honey bee brood cells. *Journal of Apicultural Research*. 22, 200–206.

Jackson, Jeffrey T., David R. Tarpy, et Susan E. Fahrbach. 2011. « Histological Estimates of Ovariolenumber in Honey Bee Queens, *Apis Mellifera*, Reveal Lack of Correlation with Other Queen Quality Measures ». *Journal of Insect Science* 11 (82): 1–11. <https://doi.org/10.1673/031.011.8201>.

Kabli.N., and Mohammedi. A , (2018) « Algérie: Réhabilitation de l'abeille Saharienne » *Revue Miel Maya Honing Magazine* N° 34 page 24–25.

Kanga I., James R., Boucias D., (2002). *Hirsutiellathompsonii* and *Metarhizium anisopliae* as potential microbial control agents of *Varroa destructor*, a honey bee parasite. *J.Invertebr. Pathol.*, 81, pp: 175–184.

Kolics, Éva, András Specziár, János Taller, Kinga Klára Mátyás, et Balázs Kolics. 2021. « Lithium Chloride Outperformed Oxalic Acid Sublimation in a Preliminary Experiment for *Varroa* Mite Control in Pre-Wintering Honey Bee Colonies ». *Acta Veterinaria Hungarica* 68 (4): 370–73. <https://doi.org/10.1556/004.2020.00060>.

- Kolics, Éva, Kinga Mátyás, János Taller, András Specziár, et Balázs Kolics. 2020.** « Contact Effect Contribution to the High Efficiency of Lithium Chloride Against the Mite Parasite of the Honey Bee ». *Insects* 11 (6): 333. <https://doi.org/10.3390/insects11060333>.
- Kralj, Jasna, et Stefan Fuchs. 2006.** « Parasitic Varroa Destructor Mites Influence Flight Duration and Homing Ability of Infested Apis Mellifera Foragers ». *Apidologie* 37 (5): 577-87. <https://doi.org/10.1051/apido:2006040>.
- Kraus, B., Koeniger, N., and Fuchs, S., (1994).** Screening of substances for their effect on *Varroa jacobsoni* – attractiveness, repellency, toxicity and masking effects of etherneal oils. *Journal of Apicultural Research*. 33 (1), 34–43.
- Kuenen, L., and Calderone N. (1997)** Transfers of varroa mites from newly emerged bees: Preferences for age- and function-specific adult bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insect Behavior* 10, 213-228.
- Le Conte Y and Faucon J.P . (2002)** Les maladies de l'abeille domestique. *Le courrier et la nature* n° 196, pp28-32.
- Le Conte Y. and F. Jeanne, (1991)** La varroatose. *Bulletin Technique . Apicole*. 18 (2), 1423-1428.
- Le Conte, Yves, Marion Ellis, et Wolfgang Ritter. 2010a.** « Varroa Mites and Honey Bee Health: Can Varroa Explain Part of the Colony Losses? » *Apidologie* 41 (3): 353-63. <https://doi.org/10.1051/apido/2010017>.
- Levy, Francine, Philippe Bulet, et Laurence Ehret-Sabatier. 2004.** « Proteomic Analysis of the Systemic Immune Response of Drosophila ». *Molecular & Cellular Proteomics* 3 (2): 156-66. <https://doi.org/10.1074/mcp.M300114-MCP200>.
- Lhomme, M. (1990)** *Varroa jacobsoni* (Oudemans 1904) : morphologie, biologie et étude spécifique du système respiratoire et du comportement. Thèse de Doctorat Vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Nantes, 85p.
- Locke, Barbara. 2016.** « Natural Varroa Mite-Surviving Apis Mellifera Honeybee Populations ». *Apidologie* 47 (3): 467-82. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0412-8>.
- Loucif-Ayad W., Aribi, N., and Soltani, N. (2008).** Evaluation of secondary effects of some acaricides on *Apis mellifera intermissa* (Hymenoptera, Apidae): Acetylcholinesterase and Glutathione S-Transferase activities. *European Journal Scientific Research*. 21(4): 642-649.
- Loucif-Ayad, W., Aribi, N., Smagghe, G., and Soltani, N. (2010).** Comparative effectiveness of some acaricides used to control *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) in Algeria. *African Entomology*, 18 (2): 259–266.

- Martin, S. J., and Kemp, D. (1997)** Average number of reproductive cycles performed by *Varroa jacobsoni* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Journal of Apicultural research*, 36(3-4), 113-123.
- Martin, S., (1998)** A population model for the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Ecological Modelling*. 109, 267–281.
- Martin, S.J. (1994).** Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. In worker brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions. *Experiment and Applied Acarology.*, 18, 87-100.
- Martin, S.J. (1995).** Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. In drone brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under naturel conditions. *Experiment and Applied Acarology.*, 19, 199-210.
- Maul, V., Klepsch, A., and Assmann-werthmuller, U. (1988)** The trapping comb technique as part of bee management under strong infestation by *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie* 19 (2), 139–154.
- Mélanie Colin. La varroase. Revue Scientifique et Technique- Office International des Epizooties, Oie Office International des Epizooties, 1982,** 1 (4), pp.1177-1189. (hal-02717735).
- Messan, Komi, Marisabel Rodriguez Messan, Jun Chen, Gloria DeGrandi-Hoffman, et Meusel, Michael S., et Robin F. A. Moritz. 1993.** « Transfer of Paternal Mitochondrial DNA during Fertilization of Honeybee (*Apis Mellifera* L.) Eggs ». *Current Genetics* 24 (6): 539-43. <https://doi.org/10.1007/BF00351719>.
- Milani, N., (2001a)** Activity of oxalic and citric acids on the mite *Varroa destructor* in laboratory assays. *Apidologie* 32, 127–138.
- Milani, N., and Barbattini, R., (1988)** Effectiveness of Apistan (Fluvalinate) in the control of *Varroa jacobsoni* Oudemans and its tolerance by *Apis mellifera* Linnaeus. *Apicoltura* 4, 39–58.
- Milani, N., and Lob, M., (1998)** Plastic strips containing organophosphorous acaricides to control *Varroa jacobsoni*. *American Bee Journal*. 138, 612–615.
- Mowery, Allen Cohen, David Lim, et al. 2019.** « *Varroa Destructor* Feeds Primarily on Honey Bee Fat Body Tissue and Not Hemolymph ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (5): 1792-1801. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818371116>.
- Nanetti, A., Buchler, R., Charriere, J.D., Fries, I., Helland, S., Imdorf, A., Korpela, S., and Kristiansen, P. (2003).** Oxalic acid treatments for *Varroa* control (Review). *Apiacta* 38, 81–87.

- Nannelli, R. J. E. D. R. (1985)** Ulteriori conoscenze sulla morfologia e lo sviluppo, della larva e delle ninfe di *Varroa jacobsoni* Oud (Mesostigmata: Varroidae). Estratto da REDIA, 67, 287-303
- Buchler, R., (1994)** Varroa tolerance in honey bees – occurrence, characters and breeding. Bee World 49, 6–18.
- Noireterre, P. (2011)** Biologie et Pathogénie de *Varroa destructor*. Bulletin des GTV. 62 : 101-106.
- Oudemans, A. C. 1904.** « On a New Genus and Species of Parasitic Acari ». Notes from the Leyden Museum 24 (4): 216 22.
- Pain, J. (1961).** Sur la phéromone des reines d’abeille et ses effets physiologiques. Les Annales de l’Abeille, INRA Editions, 4 (2), pp.73-152.
- Petrove S.G. and L.M Khazbieviche, (1980)** A biological trap as a method for controlling *Varroa* infestation of honeybees. Doklady TSKHA, n°266: p 139-141.
- Phiancharoen, Mananya, Siriwat Wongsiri, Nikolaus Koeniger, et Gudrun Koeniger. 2004.** « Instrumental Insemination of *Apis Mellifera* Queenswith Hetero- and Conspecific Spermatozoa Resultsin Different Sperm Survival ». Apidologie 35 (5): 503 11. <https://doi.org/10.1051/apido:2004043>.
- Phiel, Christopher J. 2001.** « Molecular Targets of Lithium Action », 27.
- Pinto, F. A., Souza, G. K., Sanches, M. A. and Serrão, J. E. (2011).** Parasitic effects of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) on hypopharyngeal glands of Africanized *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). Sociobiology 58, 769–778.
- Potts, Simon G, Jacobus C Biesmeijer, Claire Kremen, Peter Neumann, Oliver Schweiger, et William E Kunin.** s. d. « Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers », 9.
- Rademacher, E., and Harz, M., (2006).** Oxalic acid for the control of varroosis in honey bee colonies – a review. Apidologie 37 (1), 98–120.
- Ramsey, S. D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., Lim, D., Joklik, J., Cicero, J. M., Ellis, J. D., Hawthorne, D., & vanEngelsdorp, D. (2019).** *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 116(5), 1792–1801. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818371116>
- Rinderer, Thomas E., Jeffrey W. Harris, Gregory J. Hunt, et Lilia I. de Guzman. 2010.** « Breeding for Resistance to *Varroa Destructor* in North America ». Apidologie 41 (3): 409 24. <https://doi.org/10.1051/apido/2010015>.

- Ritter W., Leclercq E., Koch W., 1984.** Observations des populations d'abeilles et de Varroa dans les colonies à différents niveaux d'infestation. *Apidologie*, 15, 389-400.
- Ritter, W. (1988).** Medications registered in Western Europe for Varroa tosis control. *Apidologie* 19 (2), 113–116.
- Ritter, W. (1988).** Medications registered in Western Europe for Varroa tosis control. *Apidologie* 19 (2), 113–116.
- Robaux, P. (1986)** Varroase et varroatose. Edition Oppia, 238p.
- Rodríguez, Marta, Marcos Gerding, Andrés France, et Ricardo Ceballos. 2009.** « Evaluation of *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* Qu-M845 Isolate to Control *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in Laboratory and Field Trials ». *CHILEAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH* 69 (octobre): 541–547. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392009000400009>.
- Rosenkranz, Peter, Pia Aumeier, et Bettina Ziegelmann. 2010a.** « Biology and Control of *Varroa Destructor* ». *Journal of Invertebrate Pathology* 103 (janvier): 96–119. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.07.016>.
- Rosenkranz, Peter. 1999.** « Honey Bee (*Apis Mellifera* L.) Tolerance to *Varroa Jacobsoni* Oud. in South America ». *Apidologie* 30 (2-3): 159–172. <https://doi.org/10.1051/apido:19990206>.
- Ruttner, F., et V.-V. Tryasko. 1968.** « CHAPITRE II : ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION ». *Les Annales de l'Abeille* 11 (4): 243–253.
- Ruttner, F., Lucienne Tassencourt, et J. Louveaux. 1978.** « BIOMETRICAL-STATISTICAL ANALYSIS OF THE GEOGRAPHIC VARIABILITY OF *APIS MELLIFERA* L. I. Material and Methods ». *Apidologie* 9 (4): 363–381. <https://doi.org/10.1051/apido:19780408>.
- Ruttner, Friedrich. 1988.** *Biogeography and Taxonomy of Honeybees*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-72649-1>.
- Sammataro, D., U. Gerson, and G. Needham. (2000).** Parasitic mites of honey bees: Life history, implications, and impact. *Annual Review of Entomology* 45: 519–584.
- Santos, AV., de Olivera, BL., and Samuels, RI. (2007).** Selection of entomopathogenic fungi for use in combination with sub-lethal doses of imidacloprid: perspectives for the control of the leaf-cutting and *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae). *Mycopathologia*, 163, 233–240.
- Schneider, Petra, et Wilhelm Drescher. 1987.** « Einfluss Der Parasitierung Durch Die Milbe *Varroa Jacobsoni* Oud. Auf Das Schlupfgewicht, Die Gewichtsentwicklung, Die Entwicklung

Der Hypopharynxdrusen Und Die Lebensdauer Von *Apis mellifera* L. » *Apidologie* 18 (1): 101-110. <https://doi.org/10.1051/apido:19870108>.

Seeley, Thomas D. 1982. « Adaptive Significance of the Age Polyethism Schedule in Honeybee Colonies ». *Behavioral Ecology and Sociobiology* 11 (4): 287-293. <https://doi.org/10.1007/BF00299306>.

Shariati. 2021. « The Role of Lithium Chloride in Nutrition and Stem Cell Growth Kinetics: A Review ». *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 6 (mars): 2-9.

Shaw, Katie E, Gillian Davidson, Suzanne J Clark, Brenda V Ball, Judith K Pell, David

Simoneau, A. (2003) *Varroa destructor* chez les abeilles. Fédération des apiculteurs Québec.

Skinner, J.A., Parkman, J.P., and Studer, M.D., (2001) Evaluation of honey bee miticides, including temporal and thermal effects on formic acid gel vapours, in the central south-eastern USA. *Journal of Apicultural Research*. 40, 81–89.

Snodgrass, R. E. 1925. *Anatomy and Physiology of the Honeybee*. New York: McGraw-Hill Book Co.

Snodgrass, R. E. 1956. *Anatomy of the Honey Bee*. Cornell University Press. <https://www.jstor.org/stable/10.7591/j.ctv1nhmmr>.

Terao, Takeshi. 2015. « Is Lithium Potentially a Trace Element? » *World Journal of Psychiatry* 5 (1): 1. <https://doi.org/10.5498/wjp.v5.i1.1>.

Topolska, G. 2001. « [*Varroa destructor* (Anderson and Trueman, 2000); the change in classification within the genus *Varroa* (Oudemans, 1904)] ». *Wiadomosci Parazytologiczne* 47 (1): 151-155.

Toullec, A.N.K. (2008) Abeille noire, *Apis mellifera mellifera*. Historique et sauvegarde. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Faculté de Médecine de Créteil, 168.

Treilles, M. (2002) Utilisation d'huiles minérales dans la lutte contre *Varroa destructor* (Anderson et Truman, 2000) parasite de l'abeille. Thèse de Doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Nantes, 71p.

Tsagou, Vasiliki, Alexandra Lianou, Dimitrios Lazarakis, Nikolaos Emmanouel, et Velthuis HHW (1970a). Ovarian development in *Apis mellifera* worker bees. *Entomol Exp Appl* 13:377–394

Villa, José D., Dulce M. Bustamante, Jimmy P. Dunkley, et Luis A. Escobar. 2008. « Changes in Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colony Swarming and Survival Pre- and Postarrival of *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) in Louisiana ». *Annals of the Entomological Society of America* 101 (5): 867-871. <https://doi.org/10.1093/aesa/101.5.867>.

Wallner, Klaus. 1999. « Varroacides and Their Residues in Bee Products ». *Apidologie* 30 (2 3): 235 48. <https://doi.org/10.1051/apido:19990212>.

Wendling, S. (2012) *Varroa destructor* (Anderson et Trueman, 2000), un acarien ectoparasite de l'abeille domestique *Apis mellifera* LINNAEUS, 1758. Revue bibliographique et contribution à l'étude de sa reproduction. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Créteil, 190 p.

Willener, Astrid, Vincent Dietemann, J. Grosjean, et Jean-Daniel Charrière. 2016. « Présence de varroa dans le couvain d'hiver et impact sur les traitements ». *Revue Suisse d'apiculture* 137 (octobre): 25 28.

Winston, Mark L. 1993. *La biologie de l'abeille*. Frison-Roche.

Yang, Xiaolong, et Diana L. Cox-Foster. 2005. « Impact of an Ectoparasite on the Immunity and Pathology of an Invertebrate: Evidence for Host Immunosuppression and Viral Amplification ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (21): 7470 75. <https://doi.org/10.1073/pnas.0501860102>.

Yun Kang. 2021. « Population Dynamics of Varroa Mite and Honeybee: Effects of Parasitism with Age Structure and Seasonality ». *Ecological Modelling* 440 (janvier): 109359. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109359>.

Yves Le Conte, Gérard Arnold. Influence de l'âge des abeilles *Apis mellifica* L.) Et de la chaleur sur comportement de *Varroa jacobsoni* oud. *Apidologie*, Springer Verlag, 1987, 18 (4), pp.305-320. fahal-00890721f

Ziegelmann, Bettina, Elisabeth Abele, Stefan Hannus, Michaela Beitzinger, Stefan Berg, et Peter Rosenkranz. 2018. « Lithium Chloride Effectively Kills the Honey Bee Parasite *Varroa Destructor* by a Systemic Mode of Action ». *Scientific Reports* 8 (1): 683. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-19137-5>. 19137-5.

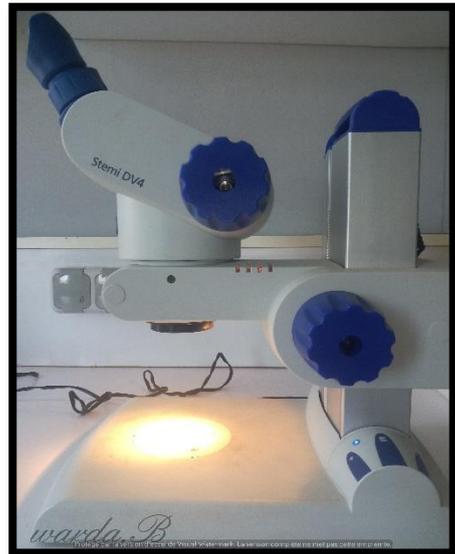
Annexes

Annexe N° 1 : Matériel non Biologique

Microscope optique



Stéréo microscope



Balance analytique



**Balance analytique
précision**



**Étuve à conditions
contrôlées (34°C, 000 %H)**



agitateur



Vortex



Spectro photomètre



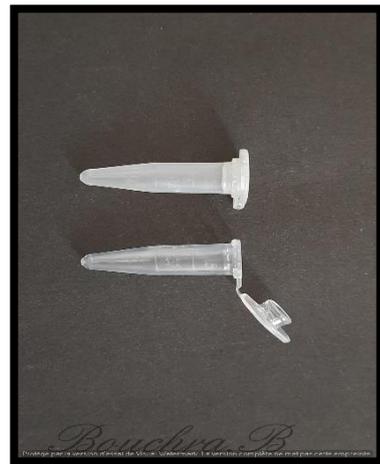
Plaque chauffante



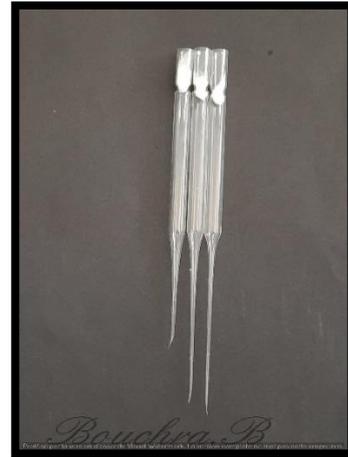
Micropipette



Tubes Eppendorfs



Pipettes Pasteur



Paire de ciseaux



des pinces



Cagette de type Pain



Des tubes en verre



eau physiologique



les cuves



Bec benzène



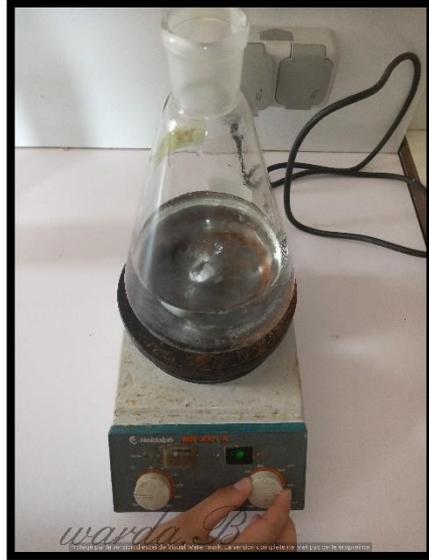
Fer à souder



L'Eau distillé et l'eau physiologique



Préparation du sirop



Matériels et produits utilisés pour la dissection des glandes hypopharyngiennes



Matériels et produits utilisés pour le dosage de protéine



Matériels et produits utilisée pour observer la taille d'ovaire

