



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la
recherche scientifique



Université Larbi Tébessi - Tébessa
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la
Nature et de la vie
Département : Biologie Appliquée

**Mémoire de fin d'étude
Pour l'obtention du diplôme de MASTER**

Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences Biologiques
Option : Microbiologie Appliquée

Thème

**Propriétés antibactériennes du produit de la
ruche contre des isolats pathogènes**

Présenté Par :

Touati Hamad Takoua
Garnelkabeche Amira

Devant le jury :

Mr.Mechai Abd Elbasset	Prof	Université Larbi Tébessi	Président
Mme.Smaali Saoussen	MCB	Université Larbi Tébessi	Examinatrice
Mme.Chadi Hafidha	MAA	Université Larbi Tébessi	Promotrice

Date de soutenance : 27/05/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنِ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا
وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ

ثُمَّ كُلِي مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا
يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ
لِّلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ [النحل 68، 69]

صدق الله العظيم



Résumé

Les abeilles produisent de la gelée royale, de la propolis et du pollen d'abeille, qui sont potentiellement bénéfiques pour les humains en raison des bioactifs qu'ils contiennent. La standardisation clinique de ces produits est entravée par la variabilité chimique qui dépend des abeilles et des sources botaniques. Mais différentes molécules ont été isolées et biologiquement caractérisées. Les principales molécules bioactives de la gelée royale comprennent les jelléines, la royalisine, des MRJP et des dérivés d'acide hydroxy-décénoïque, notamment l'acide 10-hydroxy-2-décénoïque (10-HDA).

La propolis est connue, depuis longtemps, pour son activité antibactérienne qui a été documentée *in vitro* contre de nombreux types de bactéries Gram-positives et Gram-négatives. En effet, des données de synergie avec les antibiotiques sont présentées principalement par la quercétine.

Les effets antimicrobiens du pollen d'abeille sont bien connus par l'activité du glucose oxydase, dérivant de la sécrétion des abeilles. Il a été démontré aussi que l'activité microbiologique est liée aux acides phénoliques et aux flavonoïdes.

Enfin, ce travail vise à montrer certaines découvertes scientifiques récentes liées aux propriétés antibactériennes de la propolis, de la gelée royale et du pollen.

Les mots clés : abeille, propolis, gelée royale, pollen, activités antibactériennes.



Abstract

Bees produce royal jelly, propolis, and bee pollen, which are potentially beneficial to humans because of the bioactives they contain. The clinical standardization of these products is hampered by chemical variability which depends on bees and botanical sources. But different molecules have been isolated and biologically characterized. The main bioactive molecules in royal jelly include jellies, royalisin, MRJPs, and hydroxy-decenoic acid derivatives, including 10-hydroxy-2-decenoic acid (10-HDA).

Propolis has long been known for its antibacterial activity which has been documented in vitro against many types of Gram-positive and Gram-negative bacteria. Indeed, synergistic data with antibiotics is presented mainly by quercetin.

The antimicrobial effects of bee pollen are well known through the activity of glucose oxidase, derived from bee secretion. It has also been shown that microbiological activity is related to phenolic acids and flavonoids.

Finally, this work aims to show some recent scientific discoveries linked to the antibacterial properties of propolis, royal jelly and pollen.

The key words: bee, propolis, royal jelly, pollen, antibacterial activities.

الملخص

ينتج النحل غذاء ملكات النحل، ودنج، وحبوب لقاح النحل، والتي من المحتمل أن تكون مفيدة للبشر بسبب المواد الحيوية التي تحتوي عليها. يعيق التوحيد السريري لهذه المنتجات التباين الكيميائي الذي يعتمد على النحل والمصادر النباتية. لكن جزيئات مختلفة تم عزلها وتمييزها بيولوجيًا. تشمل الجزيئات النشطة بيولوجيًا الرئيسية في غذاء ملكات النحل الهلام، والروباليسين، وMRJPs ومشتقات حمض الهيدروكسي ديسينويك، بما في ذلك حمض 10-هيدروكسي -2-ديسينويك (HDA-10) اشتهر البروبوليس منذ فترة طويلة بنشاطه المضاد للبكتيريا والذي تم توثيقه في المختبر ضد أنواع عديدة من البكتيريا موجبة الجرام وسالبة الجرام. في الواقع، يتم تقديم بيانات التآزر مع المضادات الحيوية بشكل رئيسي بواسطة كيرسيتين. إن التأثيرات المضادة للميكروبات لحبوب لقاح النحل معروفة جيدًا من خلال نشاط الجلوكوز أوكسيداز، المشتق من إفراز النحل. وقد ثبت أيضًا أن النشاط الميكروبيولوجي مرتبط بالأحماض الفينولية والفلافونويد. أخيرًا، يهدف هذا العمل إلى إظهار بعض الاكتشافات العلمية الحديثة المرتبطة بالخصائص المضادة للبكتيريا في البروبوليس والغذاء الملكي وحبوب اللقاح.

الكلمات الرئيسية: النحل، البروبوليس، غذاء ملكات النحل، حبوب اللقاح، أنشطة مضادة للجراثيم.

Remerciements

Nous remercions ALLAH le tout puissant pour nous avoir donné la foi et éclairé notre chemin vers la réussite durant toutes nos années d'étude.

Nous voudrions à remercier notre promotrice et directrice de mémoire Madame Chadî Hafidha qui a accepté la direction de ce travail ainsi que pour ses conseil judicieux et précieux, ses compétences scientifiques, sa confiance qu'elle nous a accordé et surtout pour ses très grands qualités humaines et sa gentillesse.

Nous remercions vivement les membres de ce jury :

- Profeseur Mechai Abdelbasset, nous sommes très honorés que vous avez accepté la présidence du jury de ce mémoire. Trouvez ici l'expression de nos sincères remerciements et soyez assurée de notre profonde gratitude.*
- Madame Smaali Saoussen, merci d'avoir accepté de faire partie du jury de ce mémoire, pour l'intérêt que vous portez à notre travail et pour le temps consacré afin de l'évaluer.*

Nos sincères remerciements et gratitude s'adressent à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation de licence et de master au sien de notre faculté.

Enfin nous remercions toutes les personnes qui nous ont encouragé et soutenu de près ou de loin durant la réalisation de ce travail.



Dédicace

A ma mère, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction.

A mes sœurs, Sabrina, Hanen, Zaineb, pour l'amour qu'elles me réservent et qui ont toujours été présentées dans tous mes moments d'examens par leurs conseils et leur surprise sucrées, je leurs souhaite une vie pleine du bonheur et de succès.

A mon fiancé Riade, pour l'amour et l'affection qui nous unissent je ne saurais exprimer ma profonde reconnaissance pour le soutien continu dont tu as toujours fait preuve tu m'as toujours encouragé, incité à faire de mon mieux

A mon chère amie Amira, tu es tout ce que j'ai de plus chère au monde.

A mon binôme Amira, pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de cette belle expérience.





Dédicace

A mes très chers parents, Qui m'ont permis, avec beaucoup de sacrifice, de poursuivre mes études dans de bonnes conditions. Je prie Dieu le Tout Puissant pour qu'il leur accorde une longue vie pleine de bonheur.

A Mes frères " Saïf Eddîne, Faouzi et Salim ", Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité, et spécialement à mon frère " Salime " qui sans lui je n'aurais jamais pu accomplir mes études, merci pour ta présence à mes côtés. Que Dieu te garde pour moi.

A ma sœur" Nabila", Tu es mon bâton. Je te souhaite la réussite dans ton parcours professionnel et personnel.

A ma chère copine "aya", Tu es toujours là pour moi, une présence chaleureuse tu es la main qui m'aide a me relever quand je me sens triste, tu es une belle personne, qui je suis fière de côtoyer.

A mon binôme " TAKWA", Qui a fourni beaucoup d'efforts pour que nous puissions réaliser ce travail. Merci pour tous les instants inoubliables que j'ai passé avec toi, je t'aime beaucoup.



Amira



Sommaire

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I : Généralités sur l'abeille

I.1. L'apiculture	3
I.1.1. Définition	3
I.1.2. Situation de l'apiculture en Algérie	3
I.2. L'abeille	3
I.2.1. Définition de l'abeille	3
I.2.2. Classification systématique d'abeille	3
I.2.3. L'abeille en Algérie	5
I.2.3.1. La race d'abeille en Algérie	5
I.2.4. La morphologie d'abeille	5
I.2.4.1. Tête d'abeille	5
I.2.4.2. Le thorax	6
I.2.4.3. L'abdomen	6
I.2.5. Habitants de la ruche	7
I.2.6. Cycle de vie de l'abeille	9
I.2.7. Le rôle d'abeille	10

Chapitre II : Quelques produits de la ruche

II.1. La propolis	11
II.1.1. Définition et étymologie	11
II.1.2. Origine botanique de la propolis	11
II.1.2.1. Origine externe	11
II.1.2.2. Origine interne (Algérienne)	12
II.1.3. La récolte de la propolis	12
II.1.3.1. Récolte de la propolis par les abeilles	12
II.1.3.2. La récolte de la propolis par l'apiculture	13

II.1.4.	Composition de la propolis	14
II.1.5.	Propriétés physico-chimiques de la propolis	15
II.1.5.1.	Propriétés physiques	15
II.1.5.2.	Propriétés organoleptiques	16
II.1.6.	Conservation	16
II.1.7.	Propriétés thérapeutiques de la propolis	17
II.1.7.1.	Action antivirale	17
II.1.7.2.	Action anti-fongicide	17
II.1.7.3.	Action cicatrisante et régénératrice	18
II.1.7.4.	Action anti-cancéreuse et immuno-modulatrice	18
II.1.7.5.	Action anesthésiante	18
II.1.7.6.	Action antiparasitaire	18
II.1.8.	Toxicité	19
II.1.9.	Utilisation	19
II.1.9.1.	L'utilisation de la propolis par l'abeille	19
II.1.9.2.	L'utilisation de la propolis par l'homme	20
II.2.	Le pollen d'abeille	21
II.2.1.	Définition et Etymologie de pollen	21
II.2.2.	Les différents types de pollen	21
II.2.3.	Structure du pollen	22
II.2.4.	La récolte de pollen	22
II.2.4.1.	La récolte des grains de pollen par les abeilles	22
II.2.4.2.	La récolte du pollen par l'apiculture	25
II.2.5.	Composition du pollen	26
II.2.6.	Propriétés du pollen	27
II.2.6.1.	Propriétés physiques	27
II.2.6.2.	Propriétés organoleptiques	28
II.2.7.	La conservation des grains de pollen	28
II.2.8.	Propriété thérapeutique du pollen	29
II.2.8.1.	Activité Anti-inflammatoire	29
II.2.8.2.	Activité Anti-angiogénique	30
II.2.8.3.	Activité Anti-ostéoporose	30
II.2.8.4.	Activité Anti-âge	30
II.2.8.5.	Activité Immunomodulateur	30

II.2.8.6. Activité Anti-asthénique, fortifiant	31
II.2.8.7. Activité Anti-athérogène et protecteur cardiovasculaire	31
II.2.8.8. Activité antifongique	31
II.2.8.9. Activité Antioxydante	31
II.2.9. Toxicité	32
II.2.10. Utilisations du pollen	32
II.3. La gelée royale	33
II.3.1. Définition	33
II.3.2. Origine de la gelée royale	33
II.3.3. La récolte de la gelée royale	33
II.3.4. Composition de la gelée royale	35
II.3.5. Propriétés de la gelée royale	36
II.3.5.1. Propriétés physiques	36
II.3.5.2. Propriétés organoleptiques	36
II.3.6. Propriétés thérapeutiques de la gelée royale	37
II.3.6.1. Action antivirale	37
II.3.6.2. Activité antioxydante	37
II.3.6.3. Action anti-inflammatoire	38
II.3.6.4. Action immunostimulante	38
II.3.6.5. Propriétés cicatrisantes	38
II.3.6.6. Action antitumorale	38
II.3.7. Conservation de la gelée royale	39
II.3.8. Effets indésirables	39
II.3.9. L'utilisation de la gelée royale	39
II.3.9.1. L'utilisation de la gelée royale par les abeilles	39
II.3.9.2. L'utilisation de la gelée royale par l'homme	40

***Chapitre III : Activité antibactérienne de la propolis,
du pollen et de la gelée royale***

III.1. Propolis	41
III.1.1. Activité antibactérienne	41
III.1.2. Mécanisme d'action de la propolis	43
III.1.3. Activité synergique entre les antibiotiques et la propolis	46
III.2. Gelée royale	48

III.2.1. Activité antibactérienne	48
III.3. Pollen	54
III.3.1. Activité antibactérienne	54
III.3.2. Mécanisme d'action du pollen	54
III.4. Evaluation de l'activité antibactérienne	55
III.4.1. La méthode de diffusion en milieu gélosé (la méthode des disques)	55
III.4.2. La méthode des puits	55
III.4.3. Détermination de la CMI (Concentration Minimale Inhibitrice)	55
III.4.4. Détermination de la CMB (Concentration Minimale bactéricide)	56
III.5. L'extraction des molécules bioactives	56
Conclusion	58
Référence bibliographique	59
Annexe	

Liste des figures

Figure 1: Schéma de classification	4
Figure 2: Morphologie externe de l'abeille femelle adulte	6
Figure 3: Habitants de la ruche, reine, ouvrière et faux bourdon	7
Figure 4: Les grandes étapes du développement communes aux trois castes	10
Figure 5: la propolis	11
Figure 6: Le grattage des cadres.	13
Figure 7: Les grilles à reines chargées en propolis	14
Figure 8: Composition de la propolis	14
Figure 9: Forme de Propolis conservé.....	17
Figure 10: Les abeilles réduisent le trou de vol avec de la propolis.....	20
Figure 11: le pollen.....	21
Figure 12: Schéma représentant un grain de pollen et ses différentes couches	22
Figure 13: Pain d'abeille dans un rayon avant operculation.	24
Figure 14: Le processus de collecte du pollen par les abeilles.....	26
Figure 15: Composition moyenne du pollen	27
Figure 16: Cellule royale contenant une larve de reine baignant dans la gelée royale	34
Figure 17: la récolte de la gelée royale.....	35
Figure 18: Composition de la gelée royale.....	36
Figure 19 : Mécanisme d'action de la propolis	44

Liste des tableaux

Tableau I: Propriétés organoleptiques de la propolis.....	16
Tableau II: propriétés organoleptiques du pollen.	29
Tableau III: Propriétés organoleptiques de la gelée royale	38
Tableau IV: Les activités antibactériennes de différents types de propolis.	42
Tableau V: Activité synergique entre les antibiotiques et la propolis.....	47
Tableau VI: Activité antibactérienne de la gelée royale.	49
Tableau VII: Activité antibactérienne de la royalisine.	51

Liste des annexes

Annexe 01 : Tête de l'abeille

Annexe 02 : Origine botanique de la propolis

Annexe 03 : Quelques plantes source de propolis en Algérie

Annexe 04 : Les composants du pollen

Annexe 05 : Propriétés physiques du pollen

Annexe 06 : Mécanisme d'action de la propolis comme agent antibactérien

Introduction





Les abeilles sont des hyménoptères sociaux appartenant au genre *Apis*, caractérisées par la production et le stockage de miel et d'autres substances potentiellement utiles aux humains. L'abeille est une espèce clé et tous les scientifiques s'accordent, aujourd'hui, pour dire que sa disparition entraîne de graves problèmes pour la nature et donc pour l'homme (**Cornara et al., 2017**).

La propolis, la gelée royale et le pollen sont des produits de la ruche qui dérivent à partir des sécrétions des glandes d'abeille et de différents matériaux botaniques. Tous ont été utilisés par l'homme, depuis l'antiquité, pour des fins nutritionnelles et créatives (**Cornara et al., 2017**). De même, leurs consommations ont augmenté au cours du temps grâce aux divers effets bénéfiques qu'ils procurent à la santé (**Boukraa, 2008**).

Ces dernières années, des travaux se sont intéressés à la composition chimique et biologique de ces substances. Ils ont montré que ces dernières sont très précieuses en raison de ses propriétés thérapeutiques, à savoir, antioxydantes, antibactériennes, antivirales, anticancéreuses, etc... (**Sforcin et al., 2017**).

En effet, l'activité antibactérienne des produits de la ruche a été documentée vis-à-vis de nombreux types de bactéries Gram positives et Gram négatives. Pour la gelée royale cette activité est due principalement à la royalisine, aux jelleines, aux MRJP et aux dérivés d'acide hydroxy-décénoïque, notamment le 10-HDA (**Przybyłek et al., 2019**).

En parallèle, la propolis possède aussi une forte action antimicrobienne et elle est particulièrement appréciée pour sa teneur élevée en composés flavonoïdes provenant des plantes (**Kharsany et al., 2019**). De même, les données de synergie montrent que la thérapie par l'antibiotique peut être améliorée en la combinant avec la propolis (**Almuhayawi, 2020**). Par ailleurs, la glucose oxydase est bien connue pour l'activité antibactérienne de pollen (**Campos et al., 2008**).

Par conséquent, ce travail vise à mettre en évidence certaines découvertes scientifiques récentes associées aux propriétés antibactériennes de la propolis, de la gelée royale et du pollen.

Enfin, dans ce manuscrit, nous aborderons tout d'abord une approche générale de l'abeille domestique et des moyens qu'elle met en œuvre pour élaborer ses produits. Par la suite, une





étude plus approfondie nous mènera à découvrir la composition de ses produits de la ruche et les fondements de leurs actions. Enfin, une troisième et dernière partie présentera les propriétés antibactériennes de ses produits.



Chapitre I

Généralités sur l'abeille



I.1. L'apiculture :

I.1.1. Définition :

L'apiculture est l'art de cultiver les abeilles dans le but de retirer de cette industrie le maximum de rendement avec le minimum de dépenses (**Warré, 2005**). Les produits apicoles commercialisés sont le miel, la cire, le pollen, la propolis et la gelée royale (**Hacene, 2017**).

I.1.2. Situation de l'apiculture en Algérie :

L'Algérie est riche de possibilités apicoles. L'abeille algérienne très proche de l'abeille noire d'Europe, est bien acclimatée aux différents écosystèmes. Elle dispose d'une abondante flore mellifère spontanée et cultivée (**Badren, 2016**).

A l'exception des régions incultes et désertiques, l'apiculture est largement pratiquée dans les régions montagneuses à population dense, dans les plaines littorales et dans les vallées des grands oueds (**Badren, 2016**).

L'apiculture est donc pratiquée surtout dans les villes Nord du pays où se trouve une flore mellifère pendant presque toute l'année (**Badren, 2016**).

Dans les zones désertiques de l'Algérie où les températures sont très hautes et les vents violents, nous avons trouvé des ruches traditionnelles en pierre et en terre glaise. Les ruches modernes utilisées en Algérie sont principalement de type Langstroth aux quelles certaines modifications ont été apportées, liées au climat très chaud (**Badren, 2016**).

I.2. L'abeille :

I.2.1. Définition de l'abeille :

L'abeille est un insecte social appartenant à l'ordre des hyménoptères. Les mieux connus et les plus utilisées en apiculture sont dans le genre *Apis* et font partie de l'espèce *Apis mellifera* comportant plusieurs races géographiques qui peuplent actuellement l'Europe, l'Afrique, l'Asie occidentale, l'Amérique du nord, l'Amérique du sud, l'Australie et la nouvelle Zélande (**Giraudet, 2008**).

I.2.2. Classification systématique d'abeille :

Les quatre grandes espèces les plus connues sont :





- 🐝 **Apis florea**, « abeille naine » (9-10mm) : Elle vit en Inde, en Malaisie ainsi que sur les îles de Java et de Bornéo, en Indonésie.
- 🐝 **Apis dorsata**, « abeille géante » (jusqu'à 25mm) : Elle occupe un large territoire de l'Asie sud-orientale (Inde, sud de la Chine, Philippines, archipel indonésien).
- 🐝 **Apis cerana**, (10-11mm) : Elle vit en Asie méridionale et orientale.
- 🐝 **Apis mellifera**, originaire de l'Afrique : Elle aurait atteint l'Europe après la dernière glaciation et aurait été introduite par l'homme sur d'autres continents, comme l'Amérique et l'Australie (Figure 01) (Schmidt et al., 2013).

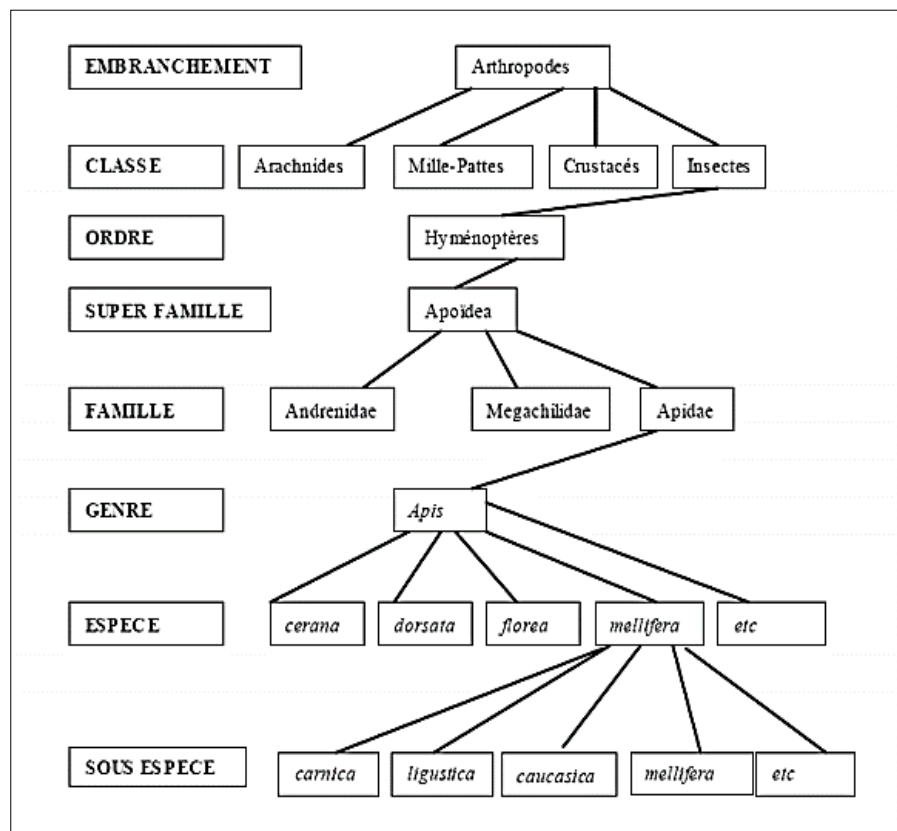


Figure 1: Schéma de classification (CCSTI, 2010).





I.2.3. L'abeille en Algérie :

I.2.3.1. La race d'abeille en Algérie :

L'abeille Algérienne appartenant normalement à la race africaine est représentée en Algérie par deux races : *Apis mellifera inter missa* décrite par Buttel-Reepen en 1906 et *Apis mellifera sahariensis* :

- a) ***Apis mellifera inter missa*** : dite « Abeille tellienne » ou « abeille noire du tell » dont l'aire de distribution se confond avec l'atlas tellien.
- b) ***Apis mellifera sahariensis*** : encore appelée « abeille saharienne » implantée au sud-ouest de l'Algérie « Béchar, Ain safra » de couleur noire, productive, prolifique, résistante aux maladies et aux prédateurs mais néanmoins fort agressive présentant une propension à l'essaimage (Abdelguerfi et al., 2003).

I.2.4. La morphologie d'abeille :

Le corps de l'abeille est composé de 3 parties : la tête, le thorax et l'abdomen (Figure 02) :

I.2.4.1. Tête d'abeille

Deux yeux composés situés sur les deux faces externes de la tête. Ils sont constitués de plusieurs milliers de facettes hexagonales. Ces dernières sont par œil au nombre : de 4000 à 6000 pour l'ouvrière, de 3000 à 4000 pour la reine et de 7000 à 8600 pour le faux-bourdon (Pfefferlé et Imboden, 2021). Elles leur permettent d'avoir un champ de vision très large.

Elles possèdent également trois yeux simples situés au-dessus de la tête et ont un rôle dans la détection de l'intensité lumineuse ainsi que dans la vision de près (Annexe 01) (Duplan et al., 2012).

- ☞ Les antennes qui sont situées à la base du front entre les yeux complexes contiennent un organe appelé organe de Johnston, ce dernier responsable de l'équilibre et sensible aux mouvements, elles ont un rôle olfactif et des récepteurs au goût qui ne sont pas contenus dans la bouche (Mathilde, 2017).





☞ La bouche qui est constituée de deux paires de mâchoires nommées les maxilles, il y'égaleme nt une paire de pinces appelées mandibules plus une langue contenant un tube capillaire et une ventouse forment la Proboscis (**Mathilde, 2017**).

I.2.4.2. Le thorax :

Le thorax de l'abeille est composé des pattes ainsi que des ailles, formé de 3 segment soudés; chaque segment porte une paire de pattes; deux paire d'ailles sont attachées sur le 2^{ème} et le 3^{ème} segment thoracique (**Biri, 2011**). Les ailles de la reine sont plus courtes que celles de l'ouvrière (**Clément, 2011**).

I.2.4.3. L'abdomen :

L'abdomen ou ventre est morphologiquement constitué de dix segments, mais on n'en dénombre que sept chez les ouvrières, contrairement au faux bourdon où l'on dénombre huit au lieu de sept De même, il contient huit glandes cirières qui permettent la fabrication de la cire (**Biri, 2010**).

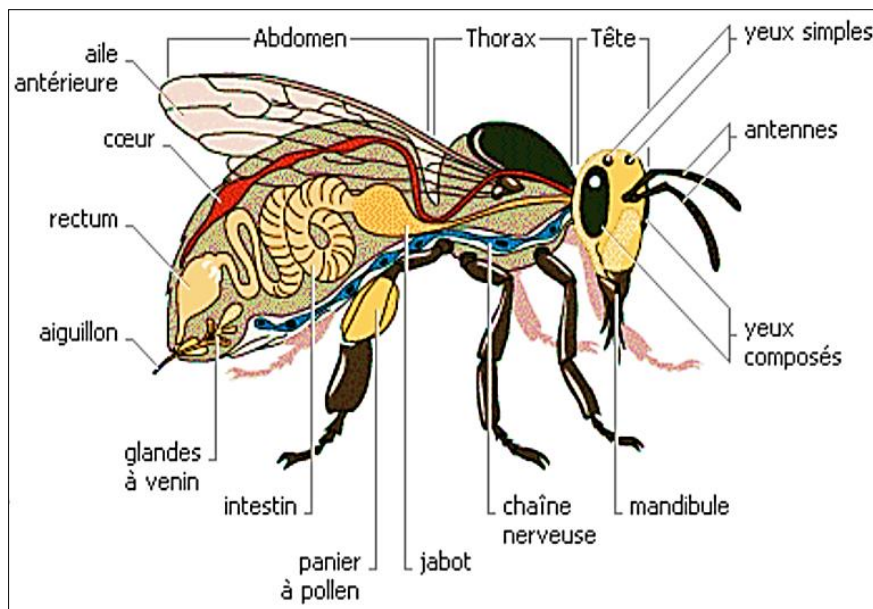


Figure 2: Morphologie externe de l'abeille femelle adulte (Mackowiak, 2009).





I.2.5. Habitants de la ruche :

Une colonie d'abeille compte environ 50.000 et 60.000 individus, parfois plus (Paterson, 2008), dont une seule reine et 0 à 6 000 mâles (présents uniquement d'avril à septembre) (Figure 03) (Martin et al., 2001).

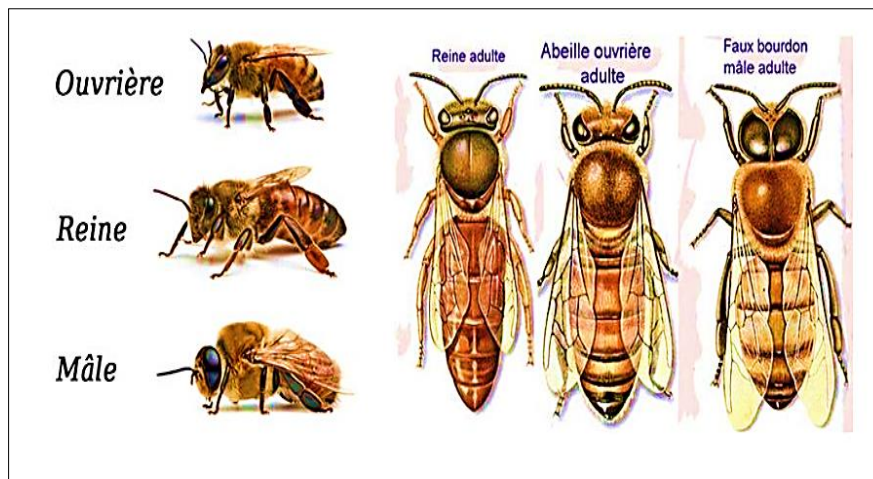


Figure 3: Habitants de la ruche, reine, ouvrière et faux bourdon (Chorfi et al., 2019).

- a, **La reine** : est la mère des individus de la colonie. Elle est aussi la seule femelle spécialisée dans la ponte, c'est une véritable machine à pondre (Jean-Prost, 2005). Elle est plus grosse, et surtout beaucoup plus longue que les autres abeilles. Elle est de couleur brun foncé. La reine a une durée de vie très longue par rapport à celle de l'ouvrière, elle est de quatre à cinq ans (Frères et al., 2011).
- b, **Le mal ou faux- bourdons** : ils se caractérisent par un corps massif (diamètre thorax de 5,5 mm) et peuvent atteindre 12 à 14 mm de long (Biri, 2011). Les faux-bourdons ont une durée de vie assez courte, plus ou moins 3 mois car ils sont mis à mort à l'approche de l'automne (Frères et al., 2011).
- c, **Les ouvrières** : c'est la plus petite abeille de la ruche, son corps est moins long que celui de la reine. Sa durée de vie est très variable selon la période de l'année. Environ de 15 à 70 jours pour les abeilles d'été et de 170 à 243 jours pour celles d'hiver (Frères et al., 2011).





D'après **clément en 2009**, Les ouvrières assurent les tâches suivantes au cours de leurs vies :

- 🐝 **Femmes de ménage :** Dès leur naissance, vingt et un jours après la ponte de l'œuf, et durant cinq à six jours, elles nettoient les cellules avec une attention extrême. La reine ne pond que si la propreté est absolue.
- 🐝 **Nourrices :** Entre le sixième et le quinzième jour, au cours de très nombreuses visites quotidiennes, plus de mille, elles alimentent chaque larve en lui apportant une nourriture personnalisée en quantité et qualité selon l'état de son développement. Elles se relaient auprès de la reine et veillent à ses soins.
- 🐝 **Architectes et maçonnes :** Dix jours après la naissance, les glandes cirières se développent. L'ouvrière rejoint la cohorte chargée de bâtir les rayons. La construction d'une seule cellule représente six heures de dur labeur. La forme hexagonale des alvéoles évite de perdre de l'espace, assure une solidité parfaite et empêche, grâce à une inclinaison appropriée, de laisser s'écouler le précieux liquide.
- 🐝 **Manutentionnaires et magasinieres :** Lorsque les glandes cirières s'atrophient, vers le quinzième jour, les ouvrières participent au nettoyage des débris, cire, larves mortes, etc., qu'elles expulsent hors de la ruche, et elles réceptionnent le nectar et le pollen apportés par les butineuses.
- 🐝 **Ventileuses :** Participent à la climatisation de la ruche. En été, lorsque la chaleur devient trop éprouvante, au-delà de 35°C, les abeilles agitent leurs ailes à l'entrée de la ruche et font refluer l'air chaud vers l'extérieur. En hiver, lorsque la température baisse, les abeilles s'étreignent les unes aux autres et forment une grappe resserrée, plus facile à réchauffer.
- 🐝 **Gardiennes :** Entre le quinzième et le vingtième jour, les ouvrières doivent surveiller l'entrée de la ruche. Elles laissent pénétrer les butineuses de la maison, qu'elles reconnaissent à l'odeur et repoussent les indésirables.
- 🐝 **Butineuses :** Durant la dernière partie de son existence, l'ouvrière devient butineuse. Découvrant tout l'environnement, elle prélève l'eau, le nectar, le pollen et la propolis pour nourrir et entretenir la colonie.





I.2.6. Cycle de vie de l'abeille :

- ☞ Les abeilles sont des insectes holométaboles, c'est-à-dire à métamorphose complète. En effet, elles sont complètement différentes à l'état larvaire et à l'état adulte. Au cours de son développement, l'abeille passe par une série de phases : l'œuf, la larve, la nymphe, l'adulte (Figure 04) (**Biri, 2011**).
- ☞ Après l'accouplement, qui se produit au cours du vol nuptial, la reine fécondée retourne dans la ruche, s'installe au centre d'un rayon et commence à déposer un œuf dans chaque alvéole en suivant un mouvement circulaire du centre vers la périphérie (**Biri, 2011**).
- ☞ L'œuf est blanc, translucide, ovale et possède une extrémité plus pointue par laquelle il s'adhère à la paroi de la cellule. Après 3 jours d'incubation durant lesquels l'embryon se développe, une petite larve éclot de l'œuf ; sa forme est arquée suivant une inclinaison qui se prononce au fur et à mesure de la croissance de la larve. Pendant ces trois premiers jours, les larves sont nourries avec de la bouillie ou gelée royale par les ouvrières nourrices (**Biri, 2011**).
- ☞ Les larves royales continuent à être nourries avec de la bouillie royale pendant tout le reste de leur vie larvaire, c'est-à-dire pendant 3 ou 4 jours supplémentaires. Les autres larves sont nourries avec du miel ou du pollen. Dès le sixième ou septième jour, les larves parviennent à maturité et cessent de manger (**Biri, 2011**).
- ☞ À l'intérieur de cette cellule operculée. La larve emprisonne son corps de filaments. Sereux et file un cocon très fin à l'intérieur duquel elle se transforme en nymphe. La larve, avant de se transformer en nymphe, subit un certain nombre de mues (**Biri, 2011**).
- ☞ La durée de ce développement est différente chez l'ouvrière, la reine et le faux bourdon. Il faut à l'ouvrière 21 jours pour arriver au stade adulte. La reine n'a besoin que de 16 jours ; le faux bourdon, par contre, de 24 jours. Ces durées sont calculées pour une température ambiante à l'intérieur de la ruche avoisinant 30 à 35 °C. L'adulte qui s'est formé à l'intérieur de la cellule fait sauter l'opercule (**Biri, 2011**).





[a]: jeune larve issue de l'éclosion d'un œuf. De [a à e]: croissance de la larve. En[e]: fermeture de l'alvéole dans laquelle se trouve la larve. En [f]: nymphe (phase de métamorphose de l'insecte). En [g]: Imago adulte sortant de l'alvéole

Figure 4: Les grandes étapes du développement communes aux trois castes (Atmani–Merabet, 2018).

I.2.7. Le rôle d'abeille :

Le rôle des abeilles est d'une importance cruciale. Outre le fait qu'elles produisent du miel dans les ruchers, elles participent activement à la pollinisation entre les différentes espèces de fleurs (Benachour, 2008).

Elle peut également être utilisée comme un bio-indicateur de la santé de l'écosystème dans lequel elle évolue (Toullec, 2008). En quelque sorte c'est le thermomètre qui nous indique si notre planète se porte bien. Cependant, si les abeilles disparaissaient, des multitudes de plantes ne pourraient plus se reproduire et s'éteindraient (Catays, 2016).

Cela pourrait déclencher une cascade accentuant le réchauffement climatique parce que la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère pourrait augmenter avec toutes les conséquences qu'on imagine. L'instabilité du sol et le recyclage des nutriments pourraient aussi être impactés (Catays, 2016).



Chapitre II



Quelques produits de la ruche



II.1. La propolis :

II.1.1. Définition et étymologie :

La propolis est une substance résineuse, balsamique et gommeuse récoltée par les abeilles sur les bourgeons des arbres, auxquels s'ajoutent des composés apportés par les abeilles (cire et sécrétions salivaires). Elle est fabriquée dans le but de protéger la ruche comme le ciment permet de consolider une maison (Figure 05) (Cuvillier, 2015).

Etymologiquement, « *pro* » (devant) et « *polis* » (cité) veut dire « devant la cité » ou « protège la cité ». Son nom résume bien à lui seul les propriétés et les rôles de cette substance d'origine à la fois végétale et animale. Bien que la composition soit relativement différente selon l'origine géobotanique (Gharbi, 2011).



Figure 05 : la propolis (Aouabdia et Berkani, 2018).

II.1.2. Origine botanique de la propolis :

II.1.2.1. Origine externe :

Il existe plusieurs types de propolis qui en fonction de la zone géographique de la ruche, des végétaux présents sur cette zone, de la disponibilité des végétaux pendant la saison et de l'espèce de l'abeille. Les principales essences d'arbres connues pour être productrices de propolis sont représentés par différents confères (pin, sapin, épicéa) et plusieurs espèces de peupliers (qui semblent la source la plus importante) (Annexe 02 (El Housseini, 2013).





II.1.2.2. Origine interne (Algérienne) :

Selon la flore botanique en Algérie soit du pain (*pinus sp*) qui occupe les zones semi arides, le chêne (chêne-liège et chênezeen) qu'on trouve au nord-est du pays, châtaignier, cyprès (*cupressus sp*), casuarina, et le peuplier (*populus sp*) (Annexe 03) (Ferhoum, 2010).

II.1.3. La récolte de la propolis :

II.1.3.1. Récolte de la propolis par les abeilles :

II.1.3.1.1. Les procédés de la récolte :

La propolis est récoltée par des abeilles âgées. Cette récolte s'effectue schématiquement en plusieurs étapes :

- La butineuse fait d'abord usage de ses antennes pour situer la partie la plus intéressante de la source, qu'elle attaque alors avec ses mandibules; ensuite, tête redressée, elle se recule afin d'étirer le morceau de résine saisi jusqu'à ce qu'il soit transformé en un fil et que celui-ci se rompe.
- Elle travaille cette résine avec les mandibules et la prélève avec les pattes antérieures.
- Elle la transfère de ses pattes antérieures aux pattes centrales.
- Enfin, elle la transfère dans la corbeille située du même côté. Cette séquence se répète jusqu'à ce que la corbeille soit chargée.
- Après, l'abeille peut voler pendant quelques secondes au-dessus de la source de résine, puis atterrir à nouveau pour compléter chaque corbeille (La propolis, 2015).

II.1.3.1.2. Les conditions de la récolte :

- **L'âge de l'abeille :** Il semble que ce soient les abeilles les plus âgées donc les plus expérimentées qui récoltent la propolis (Ferhoum., 2010).
- **La race :** La tendance à propoliser dépend de la race d'abeille. Il est reconnu que l'abeille grise des montagnes appelée encore Caucasiennne (*Apis mellificacaucasia*) et certaines autres races d'Asie Mineure (celle d'Anatolie centrale en particulier) propolisent en général d'avantage que les autres, c'est le cas de l'abeille Carniolienne (*Apis mellificacarnica*) et l'abeille Tellienne (*Apis mellifira*). Mais dans de nombreux autres cas,





les données d'information en ce qui concerne ce facteur sont encore insuffisantes pour établir des comparaisons précises (Ferhoum., 2010).

- **La saison :** La récolte a lieu, soit, en début de printemps, mais le plus souvent à la fin de la miellée, ou à l'approche d'automne au moment où la colonie commence ses préparatifs d'hivernage (Ferhoum., 2010).
- **Le climat (dont la température) :** Les abeilles récolteuses de propolis déploient en général leur activité au cours des journées chaudes (température le plus souvent supérieure à 20°C) et en outre, pendant les heures les mieux exposées, à cette chaleur (soit entre 10 et 15h 30h en moyenne), ceci du fait que les substances ramassées sont trop dures pour être exploitées en dehors de ces horaires (Ferhoum., 2010).
- **La géographie :** C'est ainsi, entre autres, que les ruches situées dans les régions boisées propolisent davantage que les ruches de plaine (Ferhoum., 2010).

II.1.3.2. La récolte de la propolis par l'apiculture :

La propolis peut être récoltée selon des techniques diverses :

- **Par raclage et grattage :** des cadres ou des parois de la ruche, de préférence à une température assez basse, la propolis alors dure et friable, se détache mieux (Figure 06) (La propolis, 2015).



Figure 6 : Le grattage des cadres (Propolis exceptionnelle, 2020).

- **Par des grilles :** c'est une méthode très efficace qui donne une très bonne qualité de propolis, elle consiste à mettre des grilles ou des toiles à l'entrée de la ruche, l'abeille





bouche par de la propolis les interstices des grilles ou toiles, l'apiculteur change toutefois ces toiles ou grilles, il les mit dans un congélateur pendant quelques heures, la propolis se décolle facilement des grilles (Figure 07) (Bouteraa et Fouzari, 2014).



Figure 07 : Les grilles à reines chargées en propolis (Apiculture-propolis, 2016).

II.1.4. Composition de la propolis :

La composition de la propolis est très complexe avec presque 150 constituants différents (Figure 08). Toutefois, elle peut fortement varier d'un type à un autre. Elle varie selon l'origine botanique et géographique des plantes visitées par les abeilles (Teixeira et al., 2008).

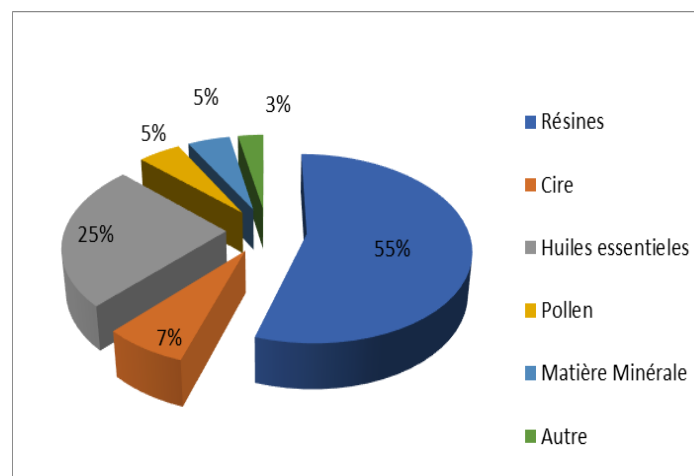


Figure 08 : Composition de la propolis (Clémen, 2011)





- **La résine :** La résine est un constituant majeur de la propolis représentant 55% de l'ensemble de ces composants. Elle est constituée de flavonoïdes et d'acide phénolique et d'esters (**Pietta, 2002 ; Shimizu et al., 2004**).
- **La cire et les huiles essentielles :** Constituants principaux de la propolis sont la cire et les huiles essentielles. Les lipides qui constituent la propolis sont principalement des terpénoïdes et les lipides issus de la cire (**Guendouz, 2019**).
- **Le pollen :** Le pollen représente 5% de sa composition totale. Il est constitué de protéine et d'acides aminés (**Guendouz, 2019**).
- **La matière minérale :** La propolis est constituée de 5% de matières minérales. Elle est représentée principalement par le fer et le zinc. Les autres éléments minéraux présents dans la propolis sont l'aluminium, l'argent, le calcium, le cuivre, le magnésium, le potassium et le sodium (**Guendouz, 2019**).
- **Les vitamines :** Les vitamines identifiées dans la propolis sont les vitamines A, C, E, et les vitamines du groupe B en particulier B3 (**Guendouz, 2019**).
- **Autres substances :** En plus des composants aromatiques et aliphatiques et en esters d'acides. Les acides et surtout leurs esters jouent un rôle primordial dans le rôle thérapeutique de la propolis. La propolis contient également de l'acide acétyl salicylique (**Donadiou, 2008**), en plus des substances déjà énumérées, la propolis peut contenir des acides organiques (acides benzoïque et gallique), des aldéhydes aromatiques l'isovanilline, des coumarines (escultéol et le scopolétol), des glucides (glucose, fructose et mélizitose) (**Navrotescu et al., 2005**).

II.1.5. Propriétés physico-chimiques de la propolis :

II.1.5.1. Propriétés physiques :

- **Solubilité :** Très peu soluble dans l'eau, partiellement soluble dans l'alcool, l'acétone, le benzène, l'éther, etc.
- **Densité :** La densité de la propolis est de 1,2 (soit supérieure à celle de l'eau).





- **Point de fusion** : Son point de fusion se situe autour de 70°C. Chauffée doucement au bain-marie, elle se divise en 2 parties bien distinctes.
 - ✓ L'une visqueuse qui tombe au fond.
 - ✓ L'autre liquide (cire de propolis) qui surnage à la surface et trouve de nombreux usages dans le domaine apicole (Seguni et al., 2011).

II.1.5.2. Propriétés organoleptiques :

Parmi ces propriétés : la couleur, l'odeur, le goût et la consistance. Elles sont rapportées dans le tableau suivant :

Tableau I : Propriétés organoleptiques de la propolis (Tosi et al., 2006).

Couleur	Jaune, orange, verte, violette, brune et noire.
Saveur	Âcre, piquante, parfois amère, qui donne une insensibilisation de la muqueuse buccale.
Odeur	L'odeur varie selon son origine. En général, arôme agréable douceâtre, mélangé à celui de miel, de la cire et d'autres produits (vanille, cannelle)
Consistance	La propolis est une substance de consistance variable qui dépend de la température : <ul style="list-style-type: none">• 15° dure et friable.• 30° molle, malléable, collante et gluante.

II.1.6. Conservation :

La propolis se conserve assez facilement, dans de bonnes conditions, sans précautions. Mais il paraît néanmoins préférable de la garder dans des récipients opaques, bien fermés et à l'abri de la lumière et de la chaleur (Figure 09) (à 10 ou 12°C de préférence). De nombreuses expériences ont montré que le stockage de longue durée de la propolis ne diminue pas sa





teneur en composants chimiques, ni ses activités biologiques. Cependant, pour en obtenir de meilleurs effets et résultats, il vaut toujours mieux l'utiliser la plus fraîche possible (Seguni et al., 2011).



Figure 09 : Forme de Propolis conservé (Blanc, 2010)

II.1.7. Propriétés thérapeutiques de la propolis :

II.1.7.1. Action antivirale :

Il s'est avéré que la propolis a montré une activité antivirale en inhibant l'entrée du virus dans les cellules, crée une perturbation de la réplication virale en provoquant la destruction de l'ARN avant ou après sa libération dans les cellules (Syed et al., 2018). L'ester phénéthylrique d'acide caféique, la chrysine et plusieurs substances présentes dans la propolis sont apparus comme des médicaments potentiels contre quelque cible de SARS-COV-2 (Andresa et al., 2020).

II.1.7.2. Action anti-fongicide :

La propolis a des effets antimycosiques, contre les germes appartenant au genre *Candida* (Oliveira, 2006). La propolis s'est montrée efficace dans l'infection à *Giardia lamblia* (oxyurose) comme la métronidazole. Mais aussi contre les champignons de type *Aspergillus* et *Mycrosporium* ainsi que contre les levures (Cardinault et al., 2012).





II.1.7.3. Action cicatrisante et régénératrice :

La propolis serait bénéfique dans les cas de tissus abîmés par exemple au niveau osseux ou dentaire en favorisant la régénération d'après certaines études sur l'animal. Ces actions sont dues à l'activité anti-oxydante des flavonoïdes qui piègent les radicaux libres ainsi qu'à des acides phénoliques et certaines acides aminés comme la choline (dans la division donc le renouvellement cellulaire) ou la proline (dans la synthèse de collagène, de l'élastine et de facteurs intervenant dans l'élasticité de la peau) (Cardinault et al., 2012).

II.1.7.4. Action anti-cancéreuse et immuno-modulatrice :

Les propriétés anti-carcinogènes de la propolis ont été démontrées par de nombreuses études sur l'animal. Elles sont dues aux flavonoïdes et à un dérivé de l'acide caféique identifié comme étant un inhibiteur tumoral. La propolis possède une action immunomodulatrice *in vitro* et *in vivo* sur l'ensemble des cellules immunitaires impliquées dans la réponse innée ou acquise. Elle stimule le pouvoir de présentation des macrophages. Elle augmente la production de cyto-kines pro-inflammatoires (TNF- α , IL-6, IL-8), renforce la coopération entre les lymphocytes CD4 et CD8 et stimule la production d'anticorps par les plasmocytes. Il a été montré également que la propolis exerçait une activité antiallergique (Cardinault et al., 2012).

II.1.7.5. Action anesthésiante :

La propolis possède une action anesthésiante, ceci grâce à l'activité des huiles volatiles de celle-ci. Cette action n'est pas issue d'un mécanisme central comme la morphine et n'a pas d'effets indésirables comme la cocaïne (collapsus, malaises, etc.) (Blanc, 2010).

La propolis est largement utilisée comme un anesthésique de contact en chirurgie dentaire, aussi elle remplace la morphine et la cocaïne dans les anesthésies locales (Castaldo et al., 2002).

II.1.7.6. Action antiparasitaire :

La propolis est efficace dans le cas d'infections par certains parasites comme le *Toxoplasma gondii* implique dans la toxoplasmose, particulièrement dangereux chez les femmes enceintes, ou encore contre les *Trichomonas*, *Trypanosoma cruzi* (responsable de la maladie du





sommeil) ou *Giardia lamblia* (parasitose intestinale). Le produit de la ruche empêcherait la croissance du parasite, sans que les principes actifs de celui-ci ne soient clairement identifiés (**Cardinault et al., 2012**).

Remarque : l'action antibactérienne de la propolis sera développée dans le chapitre 3.

II.1.8. Toxicité :

La toxicité de la propolis est très faible. Elle ne sera pas toxique pour les hommes et les animaux, si elle est consommée en quantités raisonnables (**Seguni et al., 2011**). Il peut exister cependant des cas d'allergies de contact (dermatose, eczéma) avec un allergène bien identifié le « 3,3-diméthylallyl cafféate ». Il ne ressort aucune contre-indication à proprement parler, en ce qui concerne l'usage de la propolis, seuls les sujets allergiques, ou prédisposés, doivent l'utiliser avec précaution, voire même éviter certaines voies d'administration (l'inhalation et tout particulièrement ceux présentant facilement des phénomènes d'allergie cutanée qui doivent l'exclure totalement en applications locales) (**Gardana et Simonetti, 2011**).

II.1.9. Utilisation :

II.1.9.1. L'utilisation de la propolis par l'abeille :

A l'intérieur de la ruche, la propolis sert de mastic de ciment ou de baume (Figure10). Les abeilles l'emploient pour :

- ✓ assurer une meilleure isolation thermique ;
- ✓ obturer les fissures ;
- ✓ recouvrir les corps étranger qu'elle ne peut pas évacuer ;
- ✓ stériliser les alvéoles avant la ponte ;
- ✓ réduction de l'entrée de la ruche ;
- ✓ aseptisation de la ruche (**ferhoum, 2011**).





Figure 10 : Les abeilles réduisent le trou de vol avec de la propolis (Ballot-Flurin, 2009).

II.1.9.2. L'utilisation de la propolis par l'homme :

La propolis est très utilisée dans différents domaines tels que :

Médecine : Plusieurs traitements contiennent de la propolis.

- ✓ Les traitements traitant les problèmes cardio-vasculaires.
- ✓ Les traitements traitant les infections de l'appareil respiratoire.
- ✓ Les soins dentaires.
- ✓ Les ulcères.
- ✓ Les infections des muqueuses et les lésions.
- ✓ Le cancer.
- ✓ Soutien et amélioration du système immunitaire (Choudhari et al., 2012).

Cosmétique : La propolis ainsi que ses extraits a été largement utilisés dans la dermatologie et la cosmétique grâce à ses vertus indéniables et ses caractéristiques fongicide et bactéricide sur certaines souches de microbes et de champignons (Clémentine, 2015).

Technologie alimentaire : La propolis peut être utilisée comme préservatifs en matériel d'emballage de nourriture, elle est aussi utilisée pour la prolongation de la vie d'entreposage en congélation des poissons (Ferhoum., 2010).





II.2. Le pollen d'abeille :

II.2.1. Définition et Etymologie de pollen :

Le grain du pollen est un mot d'origine grec « palè » qui signifie farine ou poussière, constitue chez les végétaux supérieurs l'élément fécondant mâle de la fleur. Ce sont de minuscules grains de forme plus ou moins ovoïde (le diamètre est à l'échelle micrométrique) (Figure11), initialement contenus dans l'anthere à l'extrémité des étamines (Meyer et al., 20114). Il est l'unique source de protéines dans la ruche, ce qui en fait un aliment indispensable pour la colonie (Cousin, 2014).



Figure 11 : le pollen (Cure de pollen, 2021).

II.2.2. Les différents types de pollen :

Selon Climent et al., et Marechale en 2006, Il existe plusieurs types de pollens de constitution différente, suivant les espèces végétales, le climat, la région géographique, la période de récolte ou encore la nature du sol. Ainsi on peut classer le pollen en 2 familles :

Les pollens entomophiles : Récoltés et transportés par les insectes, ils sont tous alimentaires.

Les pollens anémophiles : Transportés par le vent, ils sont les plus allergisants. Les abeilles butinent les fleurs à pollen entomophile et ne butinent pas les fleurs à pollen anémophile. La seule exception à cette règle est le maïs. Le maïs est une graminée dont le pollen est disséminé par le vent. Néanmoins, l'abeille n'hésite pas à le butiner, malgré sa piètre valeur nutritionnelle. Les cultures intensives de maïs peuvent être contaminées par les pesticides (Amri, 2010).





II.2.3. Structure du pollen :

Un grain du pollen est une cellule vivante résultant du développement de microspores groupées en tétrades (conséquences de la méiose) (Marouf et Reynaud, 2007). Il est entouré de deux couches protectrices : l'intine et l'exine (Figure 12) (Albert et al., 2009).

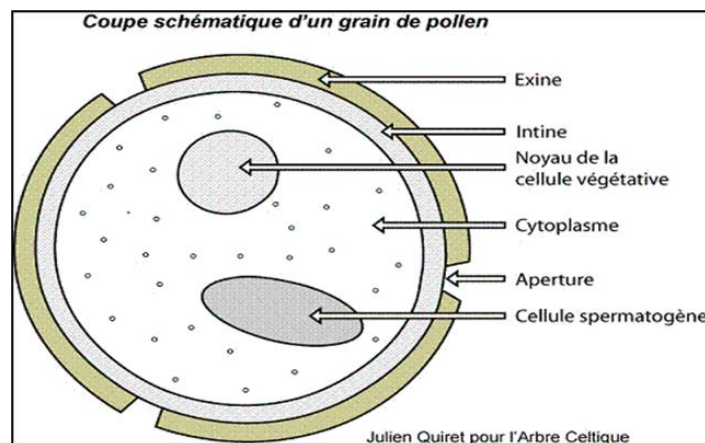


Figure 12 : Schéma représentant un grain de pollen et ses différentes couches (Queret, 2009).

II.2.4. La récolte de pollen :

II.2.4.1. La récolte des grains de pollen par les abeilles :

II.2.4.1.1. Récolte du pollen et formation des pelotes :

D'après Jean-Prost et le conte en 2005. La récolte du pollen varie de façon qualitative et quantitative. Les conditions extérieures doivent être favorables au vol. Chaque colonie a un comportement particulier : le choix des fleurs visitées, la production journalière diffèrent énormément d'une ruche à l'autre, et ce, selon l'époque, le lieu et l'état de santé de la colonie. La récolte se fait principalement à la fin de l'hiver et au printemps. La moyenne de production se situe aux alentours de 2 à 3 kg du pollen par mois et par ruche, avec des écarts d'une colonie à une autre.

Apimondia en 2001 a mentionné que le mécanisme de confection des pelotes se décompose en plusieurs étapes :





- les grains sont piégés dans les poils du corps de l'abeille et collectés par les mandibules ;
- les pattes antérieures rassemblent le pollen accumulé sur la partie antérieure du corps ;
- ce pollen est repris par les pattes médianes qui nettoient également le pollen piégé sur le thorax et l'abdomen ;
- ce pollen est ramené aux corbeilles directement ou via la brosse des pattes postérieures ;
- une patte médiane passe entre les tarse des pattes postérieures qui retiennent le pollen grâce à leur peigne ;
- le pollen est enfin rassemblé par le peigne de la patte postérieure opposée et tassé en pelote dans la corbeille. Chaque pelote est composée de 100.000 à 5.000.000 de grains et peut peser entre 4 et 10 mg, soit un chargement de 8 à 20 mg, résultat de la visite de 80 fleurs en moyenne (Domerego et al., 2009).

II.2.4.1.2. Le devenir du pollen dans la ruche : le pain d'abeille :

Une fois les pelotes rapportées à la ruche, les butineuses les cèdent à d'autres ouvrières spécialisées dans la confection de pain d'abeille. Elles enduisent les pelotes de salive et les tassent à l'aide de leurs mandibules dans les alvéoles situées au dessus et à côté du couvain (Jean-Prost et al., 2005). Une alvéole contient une vingtaine d'apports (Figure 13) (Marchenay et Bérard, 2007).



Figure 13 : Pain d'abeille dans un rayon avant operculation (Tourneret, 2011).





Le pain d'abeille est le résultat du processus de préparation à la consommation du pollen par les abeilles. Il se conserve grâce aux fermentations dues aux sécrétions salivaires riches en enzymes (**Apimondia, 2001**). Une fois l'alvéole remplie à environ la moitié de son volume, les ouvrières cirières l'opercule avec une membrane de cire qui se peut qu'une couche de miel ou de propolis soit ajoutée avant la fermeture (**Domerego et al., 2009**). La température et l'humidité de l'environnement ainsi créé dans l'alvéole augmentent ; le pollen germe et se détache de son enveloppe devenant une masse homogène et compacte. Les transformations naturelles qui pourraient altérer le pollen ainsi stocké sont bloquées par l'action de micro-organismes présents dans l'atmosphère de la ruche et dans le pollen. L'operculation des alvéoles confine un environnement anaérobie à une température de 38°C mettant en route des fermentations indispensables pour la transformation du pollen en pain d'abeille (**Domerego et al., 2009**).

La transformation du pollen s'effectue en trois étapes, mettant en jeu 3 germes (**Apomondia., 2001**).

- **La première étape** : n'intervient pas strictement dans la fermentation du pollen. En effet, le développement de *Pseudomonas*, bactérie aérobie, consomme le dioxygène présent et permet ainsi de rendre le milieu anaérobie. La population de *Pseudomonas* régresse ensuite jusqu'à disparition par auto-asphyxie.
- **La deuxième étape** : se caractérise par le développement de *Lactobacillus*. Cette bactérie fermente les glucides en milieu anaérobie pour les transformer en acide lactique. Cette fermentation fait perdre la capacité germinative du pollen.
- **La troisième étape** : complète le processus de fermentation par le développement d'une levure, *Saccharomyces*. Elle métabolise les glucides restés dans la masse du pollen en transformation.

Ces processus assurent une meilleure conservation du produit par le biais de l'acidité obtenue. Ils transforment également le pollen en produit de haute valeur nutritionnelle et de haut degré (**Apomondia., 2001**).

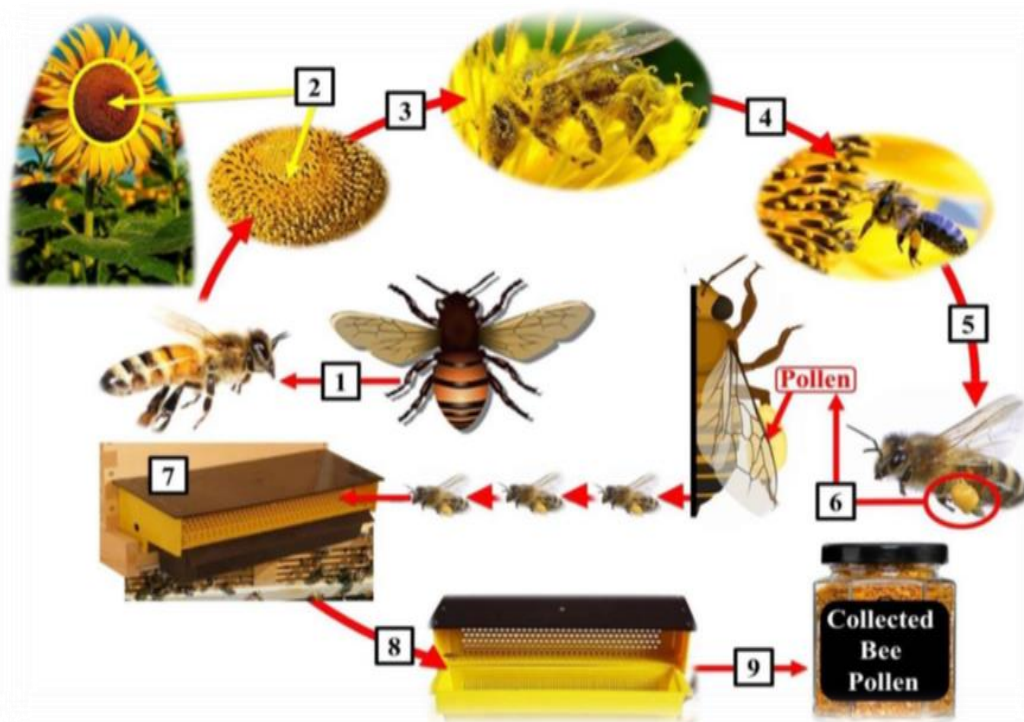




II.2.4.2. La récolte du pollen par l'apiculture :

Pour récolter du pollen il faut utiliser une **trappe à pollen** dont le principe consiste à obliger les abeilles à passer au travers d'une plaque, généralement en plastique, percée de trous de 5 mm de diamètre (le peigne) qui laisseront passer les abeilles mais décrocheront au passage les pelotes situées dans les corbeilles des pattes arrière. Ces pelotes tomberont dans un tiroir situé sous une partie grillagée (Figure 14) (**Perdrix, 2017**).

Toutefois, l'apiculteur ne va en prélever au maximum que 10% afin de ne pas porter préjudice à la ruche (**Jabran et al., 2016**).



[1] Abeille, [2] Fleur avec pollen, [3] Abeille couverte de pollen microscopique, [4] Abeille transportant des granules de pollen dans ses pattes arrière, [5] Abeille prête à transporter des granules de pollen, [6] Pattes postérieures avec pastille de pollen, [7] Piège à pollen à l'entrée de la ruche, [8] Trappe-plateau pour la collecte de pollen d'abeille et [9] Pollen d'abeille collecté.

Figure 14 : Le processus de collecte du pollen par les abeilles (Thakur et Nanda, 2020).





II.2.5. Composition du pollen :

La composition chimique (Figure 15) du pollen varie en fonction de leur origine botanique et géographique (campos et al., 2008).

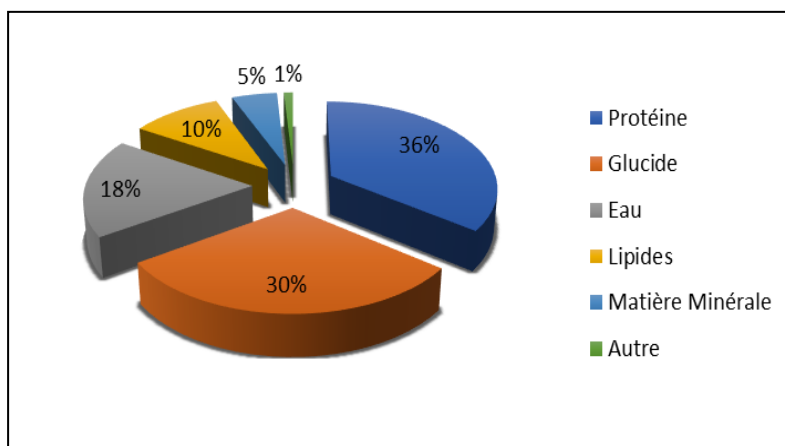


Figure15 : Composition moyenne du pollen (Rossant, 2011).

- **Glucides** : sont le principal constituant du pollen d'abeille qui représente près des 2/3 du poids sec total du pollen (Li et al., 2018). La quantité très élevée d'hydrates de carbone est due à l'incorporation de miel ou de nectar pendant la formation des granulés, améliorant ainsi les hydrates de carbone. Cependant, les espèces végétales, la croissance et les conditions de récolte sont des facteurs importants affectant sa quantité. Le pollen se compose de monosaccharides - fructose et glucose et de disaccharides- saccharose, turanose, maltose, tréhalose et erlose (Thakur et Nanda., 2020).
- **Protéines** : Les protéines sont le composant le plus important du pollen après les glucides et répondent aux besoins nutritionnels des abeilles (Thakur et Nanda., 2020). D'après Dalil et al., 2018, La teneur en protéines varie entre 1 à 40 g / 100g en fonction de l'origine botanique. Elles sont principalement représentées par les acides aminés (la proline ou les acides aminés essentiels), par des enzymes exemple l'amylase, certaines phosphatases, des transférases et l'invertase, ainsi que par des cofacteurs enzymatiques comme le NAD, le glutathion, la biotine et certains nucléosides (Blanc, 2010).





- **Lipides et acides gras :** sont le troisième plus grand constituant du pollen d'abeille qui est vital pour la génération de la gelée royale (**Sattler et al., 2015**). Ils sont généralement composés de triglycérides, de caroténoïdes et de stérols (**Mărgăoan et al., 2014 ; Sattler et al., 2015**).
- **Polyphénols :** Les composés polyphénoliques désignent les principaux métabolites secondaires du pollen d'abeille allant des anthocyanes, flavonoïdes, flavonols, flavonones, tanins, etc. aux acides phénoliques. Les composés phénoliques présentent plusieurs propriétés biologiques comme anti-tumorale, anti-âge, anti-inflammatoire, anti-diabétique, anti-cancer, etc. en raison de leur fonction de régulation de l'activité enzymatique et de la transduction du signal, piégeant les radicaux libres, les ions métalliques et l'activation des facteurs de transcription et de l'expression génique (**Thakur et Nanda, 2020**).
- **Vitamines :** Des vitamines du groupe B en grande quantité (Annexe 04) (**Thakur et Nanda, 2020**).
- **Minéraux :** on a le : Ca, Cu, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, P et Zn .Ces dernier ont été couramment signalés dans le pollen d'abeille dans le monde, leurs quantités sont en fonction de la source florale et le pays (Annexe 04) (**Thakur et Nanda, 2020**).

II.2.6. Propriétés du pollen :

II.2.6.1. Propriétés physiques :

- **Poids :**

Le poids moyen du granulé de pollen d'abeille est d'environ 7,5 à 8 mg qui varie en fonction de l'accessibilité du pollen lors de la visite. (**Thakur et Nanda, 2020**).

- **Forme et taille :**

Le pollen frais peut être cylindrique, rond, triangulaire ou en forme de cloche tandis que les granulés de pollen séchés sont généralement sphériques ou fusiformes (Annexe 04) (**Thakur et Nanda, 2020**).

- **pH et acidité titrable :**

Le pH et l'acidité titrable sont des facteurs critiques pendant le **stockage** du pollen car ils peuvent influencer la stabilité et la durée de conservation. Les deux valeurs indiquent





également l'activité microbienne dynamique dans les aliments (Nogueira et al., 2012). Les niveaux accrus de pH et d'acidité titrable dans les aliments sont dus à la fermentation, en particulier par les bactéries Gram-positives. La valeur du pH variait de 3,49 à 6,33 montrant la nature légèrement acide du pollen naturelle. (Thakur et Nanda., 2020).

- **Solubilité :**

Le pollen d'abeille a une solubilité allant de 84,91 à 87,56%, qui est influencé principalement par la nature et la composition des protéines et des glucides (Kostić et al., 2015 ; Thakur et Nanda, 2020).

II.2.6.2. Propriétés organoleptiques :

Parmi ces propriétés : la couleur, l'odeur et le goût. Elles sont rapportées dans le tableau suivant :

Tableau II : propriétés organoleptiques du pollen.

Couleur	Le pollen d'abeille contient toutes les nuances de couleur du blanc au noir. Cependant, le pollen collecté à partir de la même source végétale peut avoir une couleur différente et parfois, le pollen d'abeille de diverses origines botaniques peut être de couleur similaire (Annexe 05) (Thakur et Nanda, 2020).
Gout	Gout sucré, aigre, amer, épicé et texture farineuse (Rekeb et al ., 2019).
Odeur	Odeur de "foin" variant s'il s'agit d'un pollen frais ou congelé (Rekeb et al ., 2019).

II.2.7. La conservation des grains de pollen :

- **La congélation :**

La congélation permet de conserver le pollen sous sa forme pure. Il doit être récolté de la trappe deux fois par jour et congelé, après triage, dans les heures qui suivent (Apimondia, 2001). Ses qualités sont gardées intègres et sa valeur nutritive reste excellente





(Hegazi, 2001; Mateescu, 2001). Une fois décongelé, le pollen doit être conservé au réfrigérateur et consommé en 15 jours (Bruneau., 2009).

- **Le séchage :**

Le séchage consiste à faire passer un courant d'air chaud (inférieur à 40-45°C) à travers des couches minces de pelotes pendant une dizaine d'heures. Le séchage se fait à l'abri de la lumière vive avec une ventilation douce à contre-courant. Des rayons infrarouges peuvent être utilisés pour le séchage (Bruneau., 2009).

- **Les extraits de pollen :**

Le pollen est placé dans une solution d'éthanol. On obtient un extrait alcoolique que l'on sépare du pollen résiduel solide. Ce résidu subit une deuxième extraction dans une seconde solution d'éthanol ce qui produit un second extrait. Les deux extraits sont concentrés sous vide. On obtient une masse fluide visqueuse. L'extraction est douce et n'altère pas les principes actifs qui sont libérés (Apimondia, 2001).

II.2.8. Propriété thérapeutique du pollen :

II.2.8.1. Activité Anti-inflammatoire :

Le pollen est également caractérisé par une forte activité anti-inflammatoire. Son ampleur est comparée à des anti-inflammatoires non stéroïdiens tels que le naproxène, l'analgin, la phénylbutazone ou l'indométacine (Katarzyna,2015). Le mécanisme de l'effet anti-inflammatoire consiste à inhiber l'activité de la cyclooxygénase et de la lipoxigénase, les enzymes responsables de la transformation de l'acide arachidonique en composés toxiques tels que la prostaglandine et les leucotriènes, induisant des conditions inflammatoires aiguës et chroniques dans les tissus. La recherche expérimentale montre qu'un extrait concentré de pollen, à la dose de 50 mg pour le rat poids corporel, élimine à 75% le gonflement de la patte de l'animal donné induit par l'administration de carraghénine. Les éléments responsables de cette activité sont les flavonoïdes et les acides phénoliques ainsi que les acides gras et les phytostérols (Yakushva, 2010). Le pollen est recommandé dans les conditions





inflammatoires aiguës et chroniques, les conditions dégénératives initiales et les maladies cholestatiques du foie ainsi que dans les dommages toxiques et post-traumatiques de cet organe (Katarzyna, 2015).

II.2.8.2. Activité Anti-angiogénique :

Le pollen a une **action angiostatique**, il pourrait constituer un agent thérapeutique intéressant dans le traitement et la prévention des maladies proangiogéniques (Thibault, 2017).

II.2.8.3. Activité Anti-ostéoporose :

Plusieurs études ont démontré son **action stimulatrice d'anabolisme osseux** (Hamamoto et al. 2006). Il a été démontré in vitro que lorsque des tissus osseux sont mis en culture pendant 48h dans un milieu contenant du pollen (pollen de *Cistus ladaniferus*), la teneur en calcium des tissus de diaphyse et métaphyse fémorale augmentent significativement. Ces résultats sont renforcés par une étude in vivo qui consistait à supplémenter les rats en extraits aqueux de pollen à plusieurs concentrations pendant 7 jours. La concentration en calcium était une fois de plus significativement augmentée dans le fémur de ces rats (Thibault, 2017).

II.2.8.4. Activité Anti-âge :

La composition en coenzyme Q10 (**coQ10**) confèrerait au pollen des propriétés anti-âge. Cette enzyme, appelée également ubiquinone, est présente essentiellement dans les mitochondries et participe à la chaîne respiratoire. D'après certaines études, elle posséderait un rôle antioxydant et protégerait du vieillissement cellulaire. Cette action suppressive du stress oxydant contribuerait à la prévention des réactions inflammatoires liées à l'âge. (Thibault, 2017).

II.2.8.5. Activité Immunomodulateur :

Morais et al. en 2011 ont mentionné que L'activité immunostimulatrice du pollen est due à plusieurs facteurs. Tout d'abord, ils ont été démontrés que les fractions polysaccharidiques provenant de pollen sont capables de stimuler l'activité immunologique en augmentant l'activité des macrophages.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le pollen possède une activité antiallergique. Il est important de rappeler qu'il y a une différence entre le pollen de l'air et celui rapporté à la





ruche par les abeilles. En effet les pollens anémophiles, transportés par le vent, sont allergisants. Les pollens entomophiles quant à eux sont récoltés et transformés par l'abeille et ne possèdent pas de pouvoir allergisant. (Thibault, 2017).

II.2.8.6. Activité Anti-asthénique, fortifiant :

Le pollen est un excellent complément alimentaire pour lutter contre une anémie ferriprive, un retard de croissance ou dans un état de sarcopénie. Il améliorera d'une part l'absorption des minéraux, réduira les phénomènes inflammatoires et stimulera d'autre part la synthèse protéique conduisant à une reprise des activités cellulaires bénéfiques expliquant le rôle de fortifiant en favorisant la prise de poids (Thibault, 2017).

II.2.8.7. Activité Anti-athérogène et protecteur cardiovasculaire :

Le pollen diminue le cholestérol grâce à sa richesse en phytostérols. Les phytostérols appartiennent à la famille chimique des stérols et englobent les stanols. En raison de leur structure chimique proche de celle du cholestérol, les phytostérols entraveraient partiellement son absorption en occupant ses sites d'absorption dans l'intestin. En effet, le pollen étant un aliment hypercalorique et hyperprotéiné, son effet satiétogène est capable de lutter contre l'obésité (Thibault, 2017).

II.2.8.8. Activité antifongique :

Des extraits alcooliques à 2 et 5% de pollen ont une activité sur *Alternaria alternata* et *Fusarium oxysporium*. L'inhibition est dans ces cas de moins de 50% (Ozcan et al., 2004). A des concentrations minimales allant de 0,002 à 0,25 µg/ml, une solution de pollen possède un effet inhibiteur contre *Candida albicans*, *C. glabrata*, *C. krusei* et *Trichosporon spp* (Koç et al., 2011).

II.2.8.9. Activité Antioxydante :

L'activité antioxydante du pollen réside en son pouvoir de piègeur de radicaux libres et l'inhibition de la peroxydation lipidique. Cette activité antioxydante a un rôle majeur pour la santé des cellules. (Thibault, 2017).

Remarque : l'action antibactérienne du pollen sera développée dans le chapitre 3.





II.2.9. Toxicité :

Le pollen est connu pour déclencher des allergies et notamment ceux de graminées, de saule, de tilleul, de peuplier ou de bouleau, ceux-ci étant anémophiles, donc en suspension dans l'air. Cependant, le pollen d'abeilles peut même être consommé par les personnes allergiques car celui-ci a été transformé par l'insecte via sa salive, détruisant ainsi la majorité des allergènes. De plus, il peut être utilisé dans le traitement de l'allergie, en inhibant la libération d'histamine par le biais des flavonoïdes et en stimulant le système immunitaire grâce à la présence de cuivre, zinc, vitamines A et E, sélénium, arginine et leucine (**Blanc, 2010**).

II.2.10. Utilisations du pollen :

- ✓ L'utilisation principale du pollen est aujourd'hui comme aliment ou plus correctement comme supplément de nourriture. Le pollen peut protéger des animaux aussi bien que les humains contre l'effet nuisible des traitements radioactifs de rayon X (**Younsi et al., 2015**).
- ✓ Il a été inclus tout récemment dans quelques préparations cosmétiques avec des réclamations des effets rajeunissants et nourrissants pour la peau (**Younsi et al., 2015**).
- ✓ L'adjonction du pollen dans l'alimentation de la plupart des animaux, y compris en aquaculture, favorise la prise du poids et la croissance, améliore les défenses et le métabolisme en général, augmente la résistance au stress, diminue la mortalité, combat les phénomènes de carence et les états d'intoxication (**Younsi et al., 2015**).
- ✓ Le pollen n'est pas seulement récolté pour nourrir l'homme, il est utilisé pour les programmes de sélection des plantes, pour la pollinisation comme il peut être stocké pour nourrir les abeilles en période de pénurie (**Nicola, 2010**).
- ✓ Il peut être incorporé en nourriture humaine tel que : barre de sucrerie, bonbons, dessert et céréales de petit déjeuner (**Younsi et al., 2015**).





II.3. La gelée royale :

II.3.1. Définition :

La gelée royale est produite par les glandes hypopharyngiennes et mandibulaires des jeunes abeilles nourrices. Il s'agit d'une sécrétion blanchâtre, acidulée et faiblement sucrée. Elle sert à nourrir toutes les larves de chaque caste pendant les trois premiers jours de leur existence (Figure16) (Fratini et al., 2016) ; à partir du quatrième jour, seule la cellule royale continue de bénéficier de cet aliment. (Ravazzi, 2003).

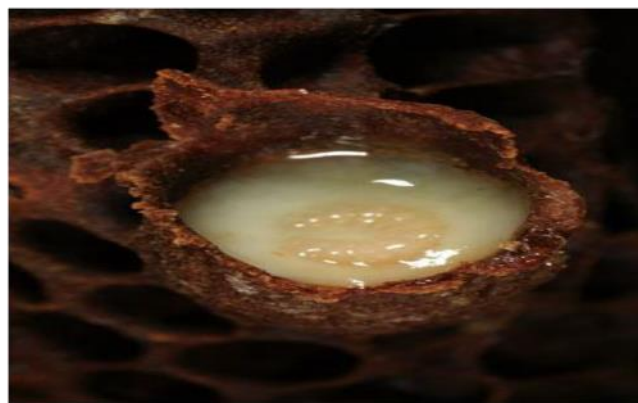


Figure 16 : Cellule royale contenant une larve de reine baignant dans la gelée royale (Rigal, 2012).

II.3.2. Origine de la gelée royale :

La gelée royale était principalement utilisée en médecine traditionnelle Chinoise pour augmenter la longévité, ralentir le vieillissement prématuré des cellules et stimuler la vigueur Sexuelle (Ravazzi, 2003).

II.3.3. La récolte de la gelée royale :

Les cupules restent en place durant 3 jours dans la ruche (figure17) puis sont retirées pour la récolte de la gelée royale Cette étape demande une rigueur exemplaire du point de vue l'hygiène: l'environnement de travail doit être propre (l'idéal est un laboratoire dédié à cette activité) et le matériel utilisé doit être de qualité alimentaire et désinfecté avant et après chaque usage.





- **Le décalottage :**

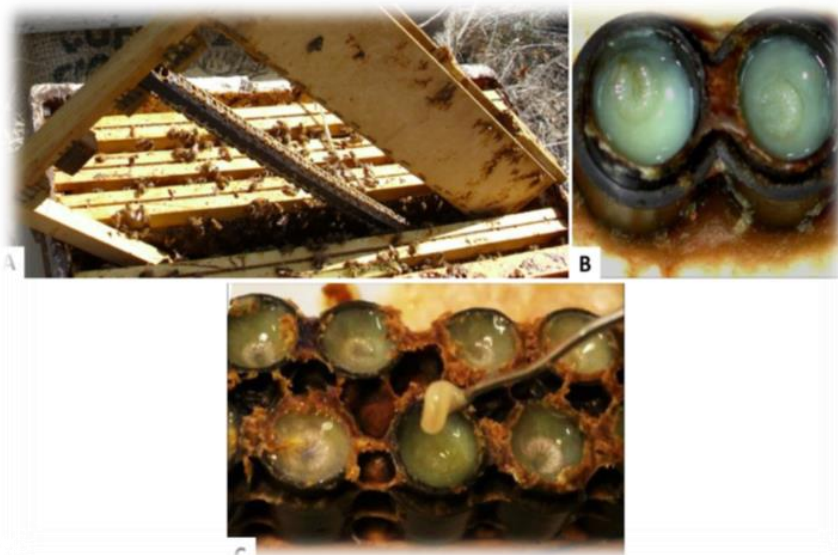
La première étape appelée le décalottage consiste à couper le haut de la cellule en cire. Pour ce faire, il faut couper la cire au ras de la gelée royale afin de faciliter l'extraction larvaire par la suite. Cette opération se fait avec un couteau ou un cutter à condition que ceux-ci soient de qualité alimentaire. Le principal risque de cette étape est de blesser la larve et de répandre ses fluides dans la gelée royale (Babin, 2015).

- **L'étape de délavage :**

La larve est retirée de sa cellule de façon manuelle avec une spatule ou avec un système d'aspiration apprécié pour sa rapidité. Des fluides de larve pourraient compromettre la qualité de la gelée royale (Babin, 2015).

- **L'aspiration et la filtration :**

La dernière étape consiste à retirer la GR de la cupule manuellement ou à l'aide d'une pompe, puis à la filtrer avant de la conditionner dans des pots en verre. La conservation se fait entre 2 à 5°C et à l'abri de la lumière (Figure 17) (Babin, 2015).



A .ruche pour la reproduction des reines et la production de gelée royale, constituée uniquement de cellules royales. **B**. Les larves de la reine au cours du développement dans des cellules royales remplies de gelée royale. **C**. Larves de reine enlevées des cellules royales pour la collection de la gelée royale.

Figure 17 : la récolte de la gelée royale (Fratini et al., 2016)





II.3.4. Composition de la gelée royale :

La gelée royale est un aliment extrêmement complexe et équilibré qui possède des caractéristiques biochimiques importantes car elle est composée de sucre, protéines, lipides, vitamines et certains sels minéraux. Le composant principal est l'eau, varie de 60% à 70% suivis des glucides de 11% à 23%, des protéines de 9% à 18% ,des lipides de 4% à 8% et il y en a de faibles quantités de vitamines et de sels minéraux avec d'autre substances inconnues présentes à l'état de traces et l'ensemble pouvant aller de 0.8% à 3% (Fratini et al.,2016).

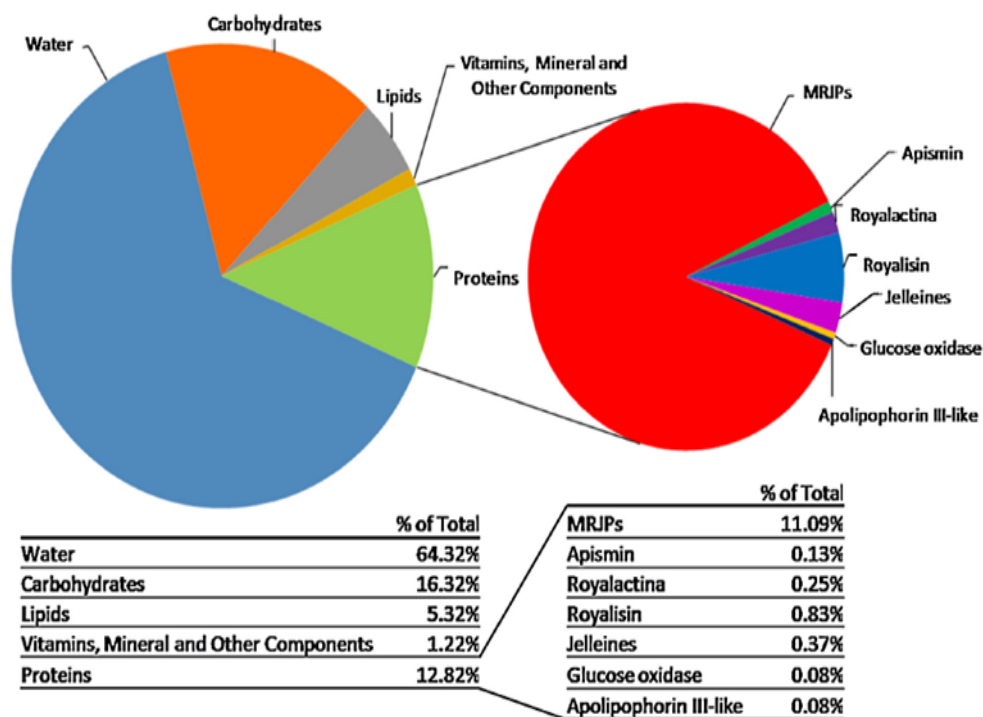


Figure 18 : Composition de la gelée royale (Fratini et al., 2016).

Protéines : Les protéines peuvent atteindre environ 50% de la matière sèche de GR. Au cours des 20 dernières années, GR a fait l'objet d'une enquête approfondie et plusieurs protéines ont été identifiées. Les composants protéiques importants de la GR sont ceux appartenant à une famille nommée Major Royal Jelly Proteins (MRJP), ou apalbumines, qui représentent 83 à 90% du composants protéiques. Les MRJP jouent un rôle nutritionnel essentiel, dans l'alimentation de la reine des abeilles. MRJP1, MRJP4, et MRJP5 représentent l'apport





principal en acide aminés essentiels, ainsi que MRJP2 et MRJP5 sont la réserve d'azote la plus importante pour sa croissance ; de plus, MRJP3 est une protéine polymorphe (Fratini et al., 2016).

Lipides : Les lipides sont présents de 3 à 19% de la matière sèche de GR (Nabas et al., 2014). 90% de lipides sont constitués d'acides gras, le reste sont des lipides neutres, des stéroïdes, des hydrocarbures et des phénols (Fratini et al., 2016).

Glucide : Les glucides représentent environ 30% de la matière sèche et ils peuvent être des indicateurs importants de l'authenticité de la GR, les sucres les plus abondants, sont le fructose, le glucose et le saccharose, et de petites traces d'oligosaccharides comme le maltose, le tréhalose...etc (Fratini et al., 2016).

Vitamines : La gelée royale est très abondante en vitamines du groupe B, principalement en vitamine B5 suivi des vitamines B1, B2, B3, B6, B8, B9 et B12 (Li et al., 2012). La vitamine C et vitamine PP sont présentes seulement en petites quantités. ainsi que les vitamines liposolubles telles que les vitamines A, D, E (Fratini et al., 2016).

II.3.5. Propriétés de la gelée royale :

II.3.5.1. Propriétés physiques :

- **Aspect :** d'une pâte gélatineuse assez liquide dont la consistance a tendance à s'épaissir en vieillissant.
- **Solubilité :** Elle est parfaitement soluble dans l'eau.
- **Densité :** sa densité est voisine de 1.1.
- **Son pH :** est voisin de 4, ce qui lui donne cette saveur (Domerego et al., 2009).

II.3.5.2. Propriétés organoleptiques :

Parmi ces propriétés : la couleur, l'odeur et le goût. Elles sont rapportées dans le tableau suivant :





Tableau III : Propriétés organoleptiques de la gelée royale (Guendouz et al., 2019).

Couleur	Blanchâtre ou légèrement jaunâtre, couleur qui peut se modifier légèrement au contact de l'air après un long stockage.
Odeur	Elle présente une odeur caractéristique rappelant un peu celle du phénol.
Goût	Acide à doucereux.

II.3.6. Propriétés thérapeutiques de la gelée royale :

II.3.6.1. Action antivirale :

La gelée royale à montrer une action antivirale importante lors de son adjonction à forte dose dans le traitement de l'hépatite, de la grippe et de l'herpès, et cette substance possède une capacité de stimulation non spécifique du système immunitaire (**Ballot-Flurin, 2009**). Les interactions de MRJP2 et de son isoforme X1 avec les protéines vitales de SARS CoV-2. Ces deux protéines alimentaires fonctionnelles sont censées être efficaces dans empêchant l'attachement des cellules du SRAS-CoV-2 en raison de leur activité sialidase et leur capacité à interagir avec les sites de liaison ACE2 sur le pic viral RBD .Ces protéines RJ peuvent se lier au site actif ou résidus de site de liaison au cofacteur sur le virus nsp3, nsp5, nsp9, nsp12 et nsp16, inhibant ainsi leurs activités. De plus, ces protéines peuvent prévenir les complications virales dans les poumons, telles que l'hypoxie, en raison de leur capacité à se lier efficacement à la plupart des sites de liaison oxy- et désoxyhémoglobine sur les nsps viraux (**Habashy et al., 2020**).

II.3.6.2. Activité antioxydante :

De petits peptides constitués de 2 à 4 résidus d'acides aminés ont été rapporté pour posséder une forte activité anti-oxidante. Les plus actifs ont des résidus de tyrosine à l'extrémité C-terminale, permettant à l'hydroxyle activité anti-radicalaire et anti-H2O2 (**Cornara et al., 2017**).





II.3.6.3. Action anti-inflammatoire :

Dans une étude sur le potentiel de la gelée royale pour les maladies des traits digestifs, on a constaté que le 10-HDA protégeait les rats contre les ulcères gastriques. Un mécanisme putativement lié à l'effet anti-inflammatoire du 10-HDA est l'inhibition de l'activation de NF-B induite par les LPS observée dans le macrophage. 10-HDA et l'ester éthylique d'acide 4-hydroxy-2-décénoïque ont inhibé l'activité de l'histone désacétylase (Cornara et al., 2017).

II.3.6.4. Action immunostimulante :

La gelée royale stimule les organes hématopoïétiques et donc la production de globules rouges et blancs, particulièrement utile dans les anémies fonctionnelles du sujet âgé. Elle stimule l'appétit et la prise de poids grâce à son activité eupeptique et régulatrice des troubles digestifs fonctionnels (Blanc, 2010).

II.3.6.5. Propriétés cicatrisantes :

Grâce à sa forte teneur en acides aminés, notamment la proline et l'hydroxy proline connue comme étant des précurseurs de l'élastine et du collagène, **la gelée royale** est utile dans les phénomènes de réparation tissulaire. De plus, les protéines majeures de la gelée royale induire la prolifération des kératinocytes. L'acide 10-hydroxy-2-décénoïque est un facteur qui favorise la production de collagène. Ainsi, **la gelée royale et l'acide 10-hydroxy-2-décénoïque** pourraient stimuler la production de collagène et améliorer son dépôt dans le derme (Koya-Miyata et al., 2004 ; Majtan et al., 2010).

II.3.6.6. Action antitumorale :

L'effet antitumoral de la GR a été bien étudié sur des modèles expérimentaux. Cependant, il n'y a eu aucune étude comparable chez l'homme. En effet, des recherches récentes ont mis en évidence l'action antitumorale de **la gelée royale**. **L'acide 10-hydroxy-2-décénoïque (10HAD)** contenu dans la **gelée royale exerce** une action inhibitrice sur l'angiogenèse induite par le VEGF (vascular endothelial growth factor), bloquant ainsi la prolifération et la migration des cellules, qui mène à l'inhibition de la vascularisation de la tumeur (Izuta et al., 2009). La gelée royale contient aussi l'apalbumin-1 et l'apalbumin-2, deux





protéines majeures stimulent la synthèse de TNF α - (Tumor Necrosis Factor) par les macrophages (Simuth et al., 2004). De plus, une autre fraction protéique de la gelée royale, appelée RJP30 joue également un rôle antitumoral. Elle exerce une action cytotoxique sur les cellules du carcinome utérin, diminuant 2.5 fois la densité initiale des cellules après 7 jours de traitement (Salazar et al., 2005).

Remarque : l'action antibactérienne de la gelée royale sera développée dans le chapitre 3.

II.3.7. Conservation de la gelée royale :

La gelée royale est sensible à l'air, à la chaleur et à la lumière. A l'air, elle perd facilement son eau et s'oxyde en brunissant et la chaleur provoque diverses altérations et favorise la croissance de certaines moisissures. Pour cela, elle doit être conservée au froid (entre 2 et 5°C) dans des pots en verre hermétiquement fermés par un bouchon en plastique (le métal est attaqué car la gelée royale est acide) et protégés de la lumière. Dans de telles conditions, la gelée royale se conserve parfaitement pendant plusieurs mois (Millet, 2006).

II.3.8. Effets indésirables :

La gelée royale est un anabolisant, il est recommandé de ne pas consommer en cas de cancer. Il est conseillé de ne pas consommer la gelée royale en cas d'allergie alimentaire aux produits de la ruche. Aussi la gelée royale contient de sucre qu'il n'est pas tolérable aux personnes qui souffrent de l'obésité ainsi que les diabétiques (Poirot, 2016).

II.3.9. L'utilisation de la gelée royale.

II.3.9.1. L'utilisation de la gelée royale par les abeilles :

Après l'éclosion des œufs toutes les larves sont nourries de gelée royale, ce qui leur permet une croissance très rapide. Ensuite ce sont uniquement les larves destinées à devenir reine qui seront nourries de gelée royale. (Avril et al., 2014).

En effet, c'est bien la gelée royale et non une différence génétique qui conduit à la transformation d'une larve femelle en reine (Kamakura., 2011).





II.3.9.2. L'utilisation de la gelée royale par l'homme :

La gelée royale est classée parmi les compléments alimentaires, elle contient des nutriments directement assimilables et essentiels au fonctionnement de notre organisme. La gelée royale peut également être présente dans des produits de cosmétologie (**Clement et al., 2006**).

Des propriétés digestives lui permettent d'être efficace en cas de troubles digestifs. En effet, elle améliore la flore intestinale et régule le transit. Grâce aux vitamines B9 et B12 qu'elle contient, elle favorise l'érythropoïèse qui permet d'augmenter le taux d'hémoglobine dans le sang et donc assurer une meilleure oxygénation (**Avril et al., 2014**).



Chapitre III

*Activité antibactérienne de la propolis, du
pollen et de la gelée royale*



III.1. Propolis :

III.1.1. Activité antibactérienne :

L'activité antimicrobienne de la propolis a été démontrée dans des études cliniques, in vivo et in vitro. La propolis possède des propriétés antibactériennes contre les souches Gram positives et négatives (Noronha et al., 2014).

Les effets antibactériens de la propolis sont peut-être liés à la présence de flavonoïdes tels que la galangine, la pinocembrine, la rutine, la quercétine et la naringénine, ainsi que du CAPE, puisque ces composés sont connus pour augmenter la perméabilité des membranes bactériennes (Stepanovic et al., 2003). L'inhibition de l'ARN polymérase bactérienne a également été envisagée pour la galangine, la pinocembrine et le CAPE (Cornara et al., 2017).

L'efficacité antibactérienne a été démontrée pour différentes fractions volatiles de propolis, y compris le β -eudesmol et le δ -cadinène dans la propolis bulgare, l' α -pinène et le trans β -terpinéol dans la propolis grecque, le β -eudesmol et le benzoate de benzyle dans la propolis hongroise, le nérolidol, le spatuléol et le ledol dans la propolis des îles Canaries et farnesol, dihydroeudesmol et guaiol dans la propolis polonaise.

L'activité antibactérienne de la propolis brésilienne a été démontrée pour ses fractions volatiles contenant du nérolidol, du spatuléol, du p-cimen-8-ol, de l'éthylphénol, du β -caryophyllène, de l'acétophénone, de l' α -pinène, du β -pinène et du limonène (Cornara et al., 2017).

De nombreux facteurs tels que la source de l'échantillon, le dosage et les solvants de l'extraction de la propolis peuvent affecter son activité antimicrobienne (Miguel et al., 2011). Des nombreuses études ont montré que la propolis iranienne et brésilienne est active contre les bactéries Gram-positives, les spores, les champignons et les virus alors qu'ils ont montré une activité limitée contre les bactéries gram-négatives (Tableau IV) (Ramos et al., 2007). Ces propriétés peuvent être dues à des différences de la structure bactérienne et de la paroi cellulaire et peut s'expliquer par la présence du lipopolysaccharide chargé négativement qui agit comme une barrière dans les bactéries Gram-négatives (Oryan et al., 2018).





Tableau IV : Les activités antibactériennes de différents types de propolis (Almuhayawi, 2020).

Types	Souches bactériennes	Effets	Réf
Propolis iranienne	<i>P. aeruginosa</i> (PTCC 1707) et <i>S. aureus</i> (PTCC 1431)	Effet inhibiteur significativement plus élevé sur les bactéries Gram positives <i>S.aureus</i> que sur <i>P. aeruginosa</i>	(Aryaei 2018)
Propolis Tribale	<i>Lactobacillus acidophilus</i> et <i>Streptococcus mutans</i>	Extrait éthanolique de la propolis efficace contre <i>Lactobacillus acidophilus</i> et <i>Streptococcus mutans</i>	(Airen et al.,2018)
Propolis Mexicaine	<i>Salmonella typhimurium</i> (ATCC-13311), <i>Escherichia coli</i> (ATCC-10536), <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC-11632) et <i>Listeria monocytogenes</i> (ATCC-19115)	Ils ont observé que l'extrait aqueux n'a aucun effet. En indiquant que les ingrédients actifs de la propolis ne sont pas solubles dans l'eau. Une activité antimicrobienne par l'extrait éthanolique a été observée contre <i>S.aureus</i> et <i>L. monocytogenes</i> mais aucun effet contre <i>E. coli</i> et <i>S. typhimurium</i>	(Bucio-Villalobos, 2017)
Propolis Péruvienne	<i>Streptococcus mutans</i> ATCC 250.175	la croissance de <i>S. mutans</i> est plus importante par La propolis récoltée en automne que celle enregistrée par les extraits collectés en été	(Becerra, 2019)
Propolis Brésilienne	<i>Escherichia coli</i> et <i>Staphylococcus aureus</i>	Les extraits éthanoliques de la propolis ont inhibé la croissance de <i>Staphylococcus aureus</i> mais pas d' <i>Escherichia coli</i>	(Gonsales 2006)
Propolis Saoudienne et Egyptienne	<i>Escherichia coli</i> et <i>Staphylococcus aureus</i> Multi-résistant,	Extraction à l'alcool éthylique de la propolis collectée à partir d'Arabie saoudite et de l'Égypte ont inhibé <i>E. coli</i> et <i>S. aureus</i> résistants aux antibiotiques	(Al-Waili et al., 2012)
Propolis kenyane	<i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Bacillus subtilis</i>	Les deux souches étaient très sensibles à l'extrait éthanolique de propolis à 70%	(Muli ,2007)

Les activités antibactériennes de la propolis contre les bactéries à Gram positif semblent principalement attribuer aux flavonoïdes, aux acides aromatiques et aux esters présents dans la résine (Uzel et al., 2005).





Les composés phytochimiques présents dans les flavonoïdes peuvent cibler divers composants et éléments de la cellule bactérienne. En fait, un extrait éthanolique de propolis, connu sous le nom de kaempféride, est utilisé dans le traitement des infections cutanées à *S. aureus*. En outre, le kaempféride s'est révélé très efficace contre *Enterococcus Faecalis*, *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus saprophyticus* (Kharsany et al., 2019).

La quercétine, un autre flavonoïde présent dans la propolis, se lie à la sous-unité de l'ADN gyrase d'*E. coli* pour entraver l'activité bactérienne (Plaper et al., 2003).

D'autres flavonoïdes comme la pinocembrine et l'apigénine dans la propolis ont été étudiés dans la propolis chilienne et ont révélé une activité antibactérienne contre *Streptococcus mutans* (Veloz et al., 2019). En revanche, l'apigénine a montré une efficacité contre les bactéries Gram-négatives suivantes : *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, *Salmonella enterica* sérotype Typhimurium, *Proteus mirabilis* et *Enterobacter aerogenes* (Joray et al., 2015, Kharsany et al., 2019).

De façon intéressante, la propolis est également riche en acide cinnamique, qui a montré une efficacité puissante contre plusieurs bactéries. Par exemple, *Bacillus spp.*, *Streptococcus pyogenes*, *Aeromonas spp.*, *Micrococcus flavus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Yersinia ruckeri*, *Vibrio spp.*, *E. coli*, *Mycobacterium tuberculosis*, *L. monocytogenes*, *Enterobacter cloacae*, sérotype *Salmonella enterica* et Typhimurium (Yilmaz et al., 2018). Il est convenable de mentionner que l'acide cinnamique exerce son efficacité en perturbant la membrane cellulaire bactérienne qui inhibe ainsi la fonction des ATPases, de la fission binaire bactérienne et de sa capacité à former des biofilms (Vasconcelos et al., 2018).

Par ailleurs, La flavonone pinocembrine (5,7 dihydroxyflavanone) et son analogue 3-OH, la flavonol galangine (3,5,7-trihydroxyflavon), l'acide caféique (acide 3,4-dihydroxycinnamique) et ses esters, les fractions volatiles avec les phénols et / ou les terpénoïdes et la chrysin (5,7-dihydroxyflavone) sont les composés microbicides les plus puissants de la propolis (Uzel et al., 2005).

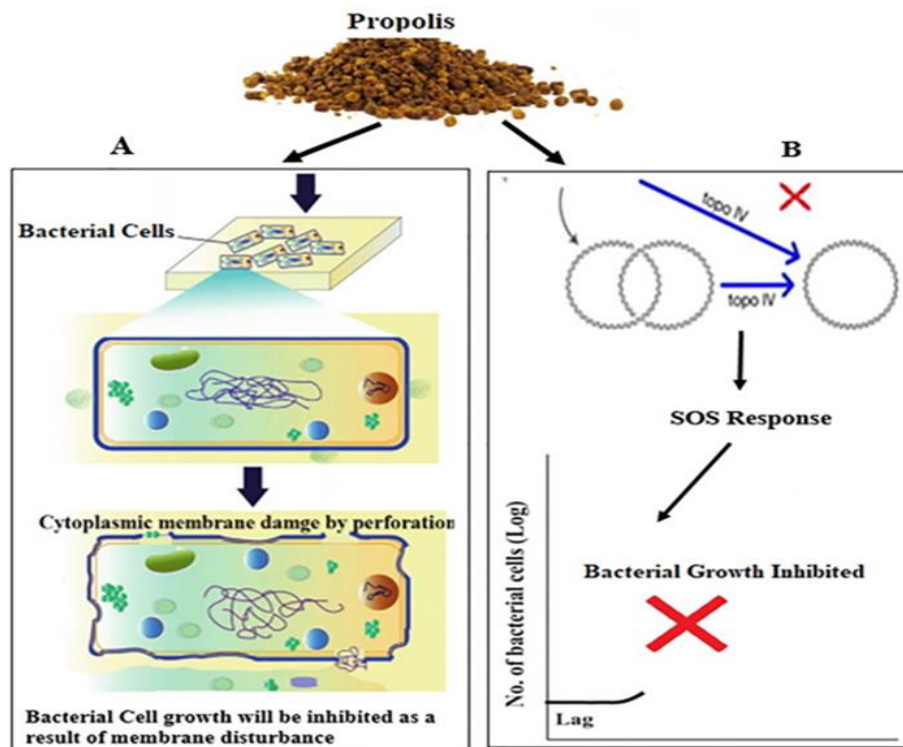
III.1.2. Mécanisme d'action de la propolis :

La propolis et certains de ses dérivés peuvent agir directement sur les bactéries par le biais de divers mécanismes ou en affectant le système immunitaire de l'hôte (Figure 19). En fait, la propolis a une grande efficacité contre les bactéries Gram-positives. Par opposition, elle a





une action limitée vis à vis des bactéries Gram-négatives cela pourrait être lié aux enzymes hydrolytiques produites par la structure protéique de leurs membrane externe Ces enzymes peuvent altérer la fonction des ingrédients actifs de la propolis (**Kedzia, 2013**).



Mécanisme d'action de la propolis en tant qu'agent antibactérien (A) Les composants actifs de la propolis fixés sur la membrane cytoplasmique de la cellule bactérienne puis sur l'intégrité structurale a été endommagée, entraînant la perforation de la membrane où le contenu cytoplasmique est expulsé à l'extérieur et entraînant la mort cellulaire (B) les flavonoïdes peuvent entraîner l'inhibition de l'activité de la topoisomérase IV et conduisent à (réponse cellulaire associée et est connue sous le nom de SOS «sauver notre vaisseau» ou «sauver nos âmes») l'inhibition de la croissance des cellules bactériennes.

Figure 19 : Mécanisme d'action de la propolis (Almuhayawi, 2020).

La plupart des activités biologiques de la propolis sont attribuées à ses composés flavonoïdes, bien que beaucoup d'entre eux ne soient pas encore entièrement compris. De plus, les flavonoïdes peuvent inhiber la croissance *d'E. coli* en se liant à la cible via sa principale topoisomérase II qui provoque le clivage de l'ADN. On pense que la raison pour laquelle les flavonoïdes réduisent la résistance des bactéries à divers composés antibactériens est la combinaison de la propolis et des parois cellulaires bactériennes, conduisant à la lyse et à la disparition des cellules bactériennes (**Olegario et al., 2019**).





Dans une autre étude, il a été rapporté que les dommages de la membrane d'*E. coli* étaient causés par l'interaction entre la région hydrophobe de la membrane et son groupe de tête polaire (He et al., 2014).

Encore, un autre mécanisme par lequel la propolis peut améliorer de manière synergique les agents antibactériens est sa capacité à inhiber la synthèse des protéines. Une synergie a été rapportée contre *Salmonella typhi* lors de l'application de la propolis bulgare et brésilienne avec le chloramphénicol, la néomycine et la tétracycline en agissant sur le ribosome (Orsi et al., 2012) ; on pense que l'inhibition de L'ARN-polymérase par la propolis pourrait être à l'origine de la synergie avec les agents qui inhibent la synthèse des protéines (Bhaskar et al., 2011).

Des dommages à la membrane cytoplasmique ont été produits lors de la combinaison de ceftazidime avec de l'apigénine contre *Enterobacter cloacae* résistant à la ceftazidime qui conduit à une fuite des composants intracellulaires (Almuhayawi, 2020).

L'inhibition de la synthèse des acides nucléiques obtenue via l'inhibition de la topoisomérase a été rapportée en utilisant les différentes classes de flavanols, les flavan-3-ols et les classes de flavones. L'inhibition de la synthèse de la membrane cellulaire a également été notée (Jeong et al., 2009).

Dans l'étude utilisant trois flavonoïdes contre des bactéries à Gram positif et à Gram négatif, a révélé une inhibition de la synthèse des protéines ainsi que de l'ARN et de l'ADN.

Des études Publiées ont élucidé l'activité et son mécanisme d'action sous-jacent de deux flavonoïdes [kaempférol, hespéridine] contre *E. coli*. Pour évaluer l'efficacité de 21 hybrides de flavonoïdes fluoroquinolones synthétiques contre trois résistances aux médicaments (dont *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* et *E. coli*), une pompe d'efflux et de l'ADN gyrase ont été utilisés (Harasstani et al. 2017). Les données montrent que seuls deux de ces 21 composés peuvent inhiber l'ADN gyrase et la pompe d'efflux.

La combinaison de quercétine, de rutine et de morin peut provoquer une fuite de potassium à travers la membrane cytoplasmique des bactéries. Trois types de flavonoïdes, la quercétine-3-glucoside, la négligétine et la techtochrysin, ont été étudiés contre les agents pathogènes d'origine alimentaire, ce qui conduit à une diminution de 90-95% du biofilm (Przybyłek et Karpin'ski, 2019).





En résumé, plusieurs mécanismes possibles associés à l'efficacité antibactérienne de la propolis ont été proposés.

1. Inhibition de la synthèse des acides nucléiques.
2. Altération de la fonction de la membrane cytoplasmique.
3. Inhibition du métabolisme énergétique.
4. Réduire l'affinité pour le développement des biofilms.
5. Inhibition des protéines de la membrane cellulaire.
6. Compromettre la perméabilité de la membrane.
7. Réduction de la résistance bactérienne (Almuhayawi, 2020).

III.1.3. Activité synergique entre les antibiotiques et la propolis :

La propolis contient de nombreux autres ingrédients, tels que des terpénoïdes lupéol et des flavonoïdes, y compris fisétine et la quercétine (Pasupuleti et al., 2017). Il convient de noter que les flavanols les plus abondants dans les aliments comprennent la myricétine. Les antibiotiques éprouvés par la quercétine peuvent réguler la résistance des bactéries aux antibiotiques classiques b-lactame contre *Staphylococcus aureus* résistant à la pénicilline. La quercétine et certains de ses dérivés montrent une efficacité antibactérienne contre le SARM et contre *Bacillus subtilis* (Aderogba et al., 2013).

Sur la base d'une étude in vitro, la quercétine a montré une efficacité contre les bactéries orales comme *Porphyromonas gingivalis* ; un effet synergique a été noté lors de l'utilisation de la quercétine avec l'amoxicilline. La résistance bactérienne à cet agent antimicrobien conventionnel étant significativement réduit (Almuhayawi, 2020).

De nombreuses études ont prouvé qu'il existe une activité synergique entre les antibiotiques et la propolis (Pippi et al., 2015).

Orsi et ses collaborateurs (2012) a montré que la propolis brésilienne et bulgare et les antibiotiques, à savoir, le chloramphénicol, la tétracycline et la néomycine ont un effet synergique sur le ribosome contre *Salmonella typhi*. En fait, la propolis inhibe l'ARN polymérase, ce qui peut expliquer en partie l'effet synergique de la propolis et des médicaments qui inhibent la synthèse des protéines.

Ces données montrent que la thérapie par l'antibiotique peut être améliorée en la combinant avec la propolis. En fait, certaines de ses enquêtes sont résumées dans le tableau V.





Tableau V : Activité synergique entre les antibiotiques et la propolis.

Réf	Type de propolis	Espèces bactériennes	Agent antimicrobien (antibiotique)	Mécanismes
(Orsi et al., 2012)	Propolis brésilienne et bulgare	<i>Salmonella inimiz serovar Typhi</i>	<ul style="list-style-type: none">• Chloramphenicol• Tétracycline• Neomycine	La propolis bulgare montre un effet synergique avec les antibiotiques en agissant sur le ribosome.
(Ntondo et al., 1994)	L'extrait éthanolique de la propolis	<i>Staphylococcus aureus</i>	<ul style="list-style-type: none">• Chloramphenicol• Gentamicine• Netilmicine• Tétracycline• Vancomycine	Inhiber la synthèse des protéines.
(Krol et al., 1993)	Extrait éthanolique de propolis	<i>Staphylococcus aureus</i>	<ul style="list-style-type: none">• Penicilline G• Doxycycline• Streptomycine• Cloxacilline• Chloramphenicol• Cefradine• Ampicilline• Polymyxine B	La propolis avait un effet synergique marqué sur l'activité antibactérienne de la streptomycine et de la cloxacilline et un effet synergique modéré sur les autres, à l'exception de l'ampicilline.
(Scheller et al., 1999)	Collecté manuellement dans la ruche de l'hébreu Ferme universitaire (abeilles utilisant principalement des bourgeons Populus)	<i>Mycobactéries</i>	<ul style="list-style-type: none">• Streptomycine• Rifamycine• Isoniazide• Ethambutol	Enregistrez un effet synergique entre la propolis et des médicaments antituberculeux bien établis. Deux souches de bacilles de la tuberculose qui se sont révélés résistants à certains médicaments antituberculeux testés, ont perdu une partie de leur résistance lorsqu'il est traité avec un mélange médicament + propolis.
(Onlen et al., 2007)	Extrait éthanolique de la propolis.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<ul style="list-style-type: none">• Ciprofloxacine	L'association la plus efficace dans le traitement de <i>P. aeruginosa</i> est la ciprofloxacine + propolis.





Tableau V (Suite)

Réf	Type de propolis	Espèces bactériennes	Agent antimicrobien (antibiotique)	Mécanismes
(Onlen et al., 2007)	Extrait éthanolique de propolis.	SARM (ATCC 33591)	• Mupirocine	L'ajout de propolis au régime de mupirocine s'est avéré entraîner une réduction plus profonde du nombre de cellules bactériennes et de la réponse inflammatoire par rapport au reste des modalités de traitement.

III.2. Gelée royale :

III.2.1. Activité antibactérienne :

La présence de propriétés antimicrobiennes de la gelée royale contre les bactéries a été scientifiquement démontrée pour la première fois par **McCleskey et Melampy en 1939**.

La CMI de la gelée royale brute a montré que les bactéries à Gram + et à Gram - testées possèdent une faible résistance à cette substance (Tableau VI) (**Feratini et al., 2016**).

Des résultats intéressants ont été rapportés dans le tableau 06 concernant l'inhibition et les effets bactéricides :

- Les valeurs de la CMI étaient environ vingt fois plus faibles que celles de la CMB.

Les différences observées dans les valeurs de la CMI et de la CMB peuvent être liées aux composantes de la gelée royale associées à la zone géographique ou à la variabilité génétique entre les colonies d'abeilles (**Feratini et al., 2016**).

De même, les résultats ont montré que les différents échantillons de la gelée royale testés avaient une activité antibactérienne significative sur presque toutes les souches bactériennes étudiées, avec des valeurs de CMI remarquables (**Shen et al., 2012**).





Tableau VI : Activité antibactérienne de la gelée royale ((Feratini et al., 2016).

Souches bactériennes		CMI	CMB	Méthodes
<i>Bacillus cereus</i>		12.5 mg/ml		AI
<i>Bacillus subtilis</i>	RCMBA6005	7.8–500.0 g/ml		AWD
<i>Bactéroïdes fragilis</i>		nd		BM
<i>Bactéroïdes vulgatus</i>		nd		BM
<i>Bifidobacterium adolescentis</i>	ATCC 15703	10.0 µ g/ml		
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	ATCC 15696	10.0 µ g/ml		BM
<i>Bifidobacterium breve</i>	ATCC 15700	10.0 µ g/ml		BM
<i>Bifidobacterium infantis</i>	ATCC 15697	10.0 µg/ml		BM
<i>Bifidobacterium longum</i>	ATCC 15707	10.0 µg/ml		BM
<i>Enterococcus faecium</i>		50.0–70.0 w/w ^c		BM
<i>Enterococcus faecalis</i>		40.0–100.0 w/w ^c		AWD
		40.0–80.0 w/w ^c		AWD
		50.0–90.0 w/w ^c		AWD
	ATCC 29212	60.0–80.0 w/w ^c		AWD
		3.7–7.6 mg/ml	125.0- > 250.0 mg/ml	AWD
	ATCC 29212	5.0–13.7 mg/ml	>250.0 mg/ml	BD
<i>Escherichia coli</i>		13.5 mg/ml		BD
		60.0–100.0 w/w ^c		AI
	RCMBA 5003	500.0 g/ml		AWD
		2.0 v/v ¹		AWD
		7.0–7.1 mg/ml	> 250.0 mg/ml	BD
	IID 861	10.0 g/ml		BD
	ATCC 29532	12.0 mm ^b		BM
<i>Klebsiella pneumonie</i>		80.0–100.0 w/w ^c		DP
		8.0–8.1 mg/ml	125.0–250.0 mg/ml	AWD
	IFO-3321	nd		BD
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	ATCC 314	10.0 µ g/ml		BM
	ATCC 4356	10.0 µ g/ml		BM
<i>Lactobacillus helveticus subsp</i>		10.0 µ g/ml		BM
<i>Micrococcus luteus</i>	ATCC 9341	40.0–60.0 w/w ^c		BM
	ATCC 9341	7.5–11.8 mg/ml	125.0 mg/ml	AWD
<i>Micrococcus luteus</i>		0.3 mg/ml		BD
<i>Proteus vulgaris</i>		15.5 mg/ml		AI
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		15.5 mg/ml		AI
	ATCC 27853	4.0 v/v ^a		AI
		70.0–100.0 w/w ^c		AI
		60.0–100.0 w/w ^c		AWD
	RCMBA 1002	nd		AWD
		3.3–14.4 mg/ml	63.0–250.0 mg/ml	AWD
<i>Salmonella infantis</i>		10.0 µ g/ml		BD
<i>Salmonella typhi</i>		14.5 mg/ml		BM
<i>Salmonella typhimurium</i>		10.0 µ g/ml		AI
<i>Shigella flexneri</i>		14.5 mg/ml		BM





Tableau VI (Suite)

Souches bactériennes		CMI	CMB	Méthodes
<i>Staphylococcus aureus</i>		12.5 mg/ml		AI
	RCMBA 2004	15.6–500.0 g/ml		AI
		1.7 v/v ^a		AWD
	ATCC 14776	15.0 mm ^b		BD
<i>Staphylococcus aureus MR 1</i>		40.0–70.0 w/w ^c		DP
		8.0–14.5 mg/ml	125.0 mg/ml	AWD
<i>Staphylococcus aureus MR 2</i>		30.0–70.0 w/w ^c		BD
		8.0–12.5 mg/ml	125.0–250.0 mg/ml	AWD
<i>Staphylococcus aureus MS 1</i>	ATCC 25923	20.0–80.0 w/w ^c		BD
	ATCC 25923	7.8–9.0 mg/ml	125.0->250.0mg/ml	AWD
<i>Staphylococcus aureus MS 2</i>		40.0–80.0 w/w ^c		BD
		3.4–8.8 mg/ml	125.0->250.0mg/ml	AWD
<i>Staphylococcus epidermidis</i>		40.0–80.0 w/w ^c		BD
		8.7–10.3 mg/ml	125.0 mg/ml	AWD
<i>Streptococcus agalactiae</i>		50.0–100.0 w/w ^c		BD
		70.0–90.0 w/w ^c		AWD
	ATCC 27956	50.0–90.0 w/w ^c		AWD
<i>Streptococcus dysgalactiae</i>		80.0–100.0 w/w ^c		AWD
		80.0–90.0 w/w ^c		AWD
	ATCC 27957	50.0–100.0 w/w ^c		AWD
<i>Streptococcus uberis</i>		60.0–70.0 w/w ^c		AWD
		5.8–14.5 mg/ml	250.0->250.0mg/ml	AWD
<i>Streptomyces griseus</i>	ATCC 11746	14.0 mm ^b		BD
				DP
<i>Staphylococcus aureus</i>		12.5 mg/ml		AI
	RCMBA 2004	15.6–500.0 g/ml		AI
		1.7 v/v ^a		AWD
	ATCC 14776	15.0 mm ^b		BD

nd : valeur non déterminée

AI : Infusion d'agar ; **AWD** : Diffusion de puits d'agar ; **BM** : Bouillon moyen ; **BD** : Dilution de bouillon ; **DP** : Plaque de chute.

^a Volume / volume de RJ sur milieu gélose Mueller Hinton

^b Concentration GR 330 mg / ml.

^c Poids / poids de GR sur l'eau.

En 2002, en Thaïlande, Ratanavalachai et Wongchai ont testé les activités antibactériennes de la gelée royale brute, ainsi que les extraits lipidiques et dégraissés. Les auteurs ont également évalué les différentes combinaisons de temps et de température de stockage afin d'améliorer la





conservation de la gelée royale. Cette dernière fraîchement recueillie a été conservé à la température ambiante (25-27 ° C), à celle de la réfrigération (2-4 ° C) et de la congélation (-18 ° C) pendant 12 h, 24 h et 3 jours, puis testé vis-à-vis de plusieurs bactéries. Les résultats ont montré que la conservation de la gelée royale à la température de congélation n'affecte pas les activités antibactériennes et bactériostatiques. De même, ils ont une diminution de l'activité antibactérienne de la gelée royale pendant le temps de stockage, à toutes les températures testées. Par ailleurs, La Gelée Royale possède un peptide appelé **royalisine**, aux propriétés antibactériennes (Shen et al., 2012).

De nombreuses études ont été faites pour l'évaluation de l'activité de cette fraction peptidique. De cet effet, les résultats ont montré que la CMI de cette dernière à une forte activité antibactérienne contre les bactéries Gram +, mais pas contre les Gram - (Tableau VII) (Feratini et al., 2016).

En effet, Les souches bactériennes appartenant aux genres, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Staphylococcus* et *Streptococcus* ont montré une concentration inhibitrice de la Royalisine comparable aux concentrations efficaces de plusieurs classes d'antibiotiques (Feratini et al., 2016).

La différence d'efficacité antibactérienne entre la gelée royale et la Royalisine pourrait être expliquée par la présence d'autres composés, tels que le 10-HDA, qui a été complètement perdus lors de cette séparation des peptides (Feratini et al., 2016).

Tableau VII : activité antibactérienne de royalisine (Feratini et al., 2016).

Souches bactériennes		CMI	CMB	Méthodes
<i>Bacillus subtilis</i>		5.4–108.0 g/ml		DT
	CMCC 63501	9.83 mm ^a		DT
	CMCC 63501	10.53 mm ^b		DT
	CMCC 63501	62.5 µg/ml ^c		MA
<i>Bactéroïdes fragilis</i>		Nd		BM
<i>Bactéroïdes vulgatus</i>		Nd		BM
<i>Bifidobacterium adolescentis</i>	ATCC 15703	1.0 µM		BM
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	ATCC 15696	1.0 µM		BM
<i>Bifidobacterium breve</i>	ATCC 15700	1.0 µM		BM
<i>Bifidobacterium infantis</i>	ATCC 15697	1.0 µM		BM
<i>Bifidobacterium longum</i>	ATCC 15707	1.0 µM		BM
<i>Clostridium perfringens</i>	ATCC 13124	1.0 µM		BM
<i>Clostridium tetani</i>	ATCC 19406	250.0 µg/ml ^c		MA
<i>Corynebacterium pyogenes</i>		1.0 UM		BM
<i>Escherichia coli</i>		Nd		DT





Tableau VII (Suite)

Souches bactériennes		CMI	CMB	Méthodes
		Nd	nd	MA
		nd ^d	Nd ^d	MA
		nd ^e	nd ^e	MA
		nd ^f	nd ^f	MA
	IID 861	Nd		BM
	CGMCC1.1139	>2000.0 µg/ml ^c		MA
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	IFO-3321	Nd		BM
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	ATCC 314	1.0 µM		BM
	ATCC 4356	1.0 µM		BM
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	ATCC 11841	1.0 µM		BM
<i>Lactobacillus helveticus subsp. jugurtii</i>		1.0 µM		BM
<i>Lactobacillus lactis</i>	ATCC 8000	1.0 µM		BM
<i>Lactobacillus leichmannii</i>	ATCC 7830	1.0 µM		BM
<i>Leuconostoc cremoris</i>	ATCC 19254	1.0 µM		BM
<i>Micrococcus luteus (Sarcina lutea)</i>		Nd		DT
	CMCC 28001	15.07 mm ^a		DT
	CMCC 28001	16.70 mm ^b		DT
	CMCC 28001	125.0 U _g /ml ^c		MA
<i>Paenibacillus larvae subsp. larvae</i>		6.0	15.0 µg/ml	MA
		10.0 µg/ml ^d	nd ^d	MA
		10.0 µg/ml ^e	20.0 µg/ml ^e	MA
		50.0 µg/ml ^f	nd ^f	MA
	ATCC 5084	5.4–108.0 µg/ml		DT
	ATCC 5085	5.4–108.0 µg/ml		DT
	ATCC 5086	5.4–108.0 µg/ml		DT
<i>Proteus vulgaris</i>	CGMCC1.1527	>2000.0 g/ml ^c		MA
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		10.0 µg/ml	15.0 µg/ml	MA
		nd ^d	nd ^d	MA
		11.0 µg/ml ^e	17.0 µg/ml ^e	MA
		nd ^f	nd ^f	MA
<i>Salmonella choleraesuis</i>		9.0	11.0 µg/ml	MA
		20.0 µg/ml ^d	nd ^d	MA
		20.0 µg/ml ^e	18.0 µg/ml ^e	MA
		nd ^f	nd ^f	MA
<i>Salmonella infantis</i>		Nd		BM
<i>Salmonella typhimurium</i>		Nd		BM
	CGMCC1.1190	>2000.0 µg/ml ^c		MA
<i>Serratia marcescens</i>		Nd		DT
<i>Staphylococcus aureus</i>		7.5	13.0 µg/ml	MA
		20.0 µg/ml ^d	nd ^d	MA
		9.5 µg/ml ^d	13.5 µg/ml ^e	MA
		20.0 µg/ml ^f	nd ^f	MA
	SC-D	1.0 µg/ml ^d		BM
	CMCC 26003	11.53 mm ^a		DT
	CMCC 26003	10.50 mm ^b		DT
	CMCC 26003	250.0 µg/ml ^c		MA
<i>Staphylococcus intermedius B</i>		4.0	6.5 µg/ml	MA





Tableau VII (Suite)

Souches bactériennes		CMI	CMB	Méthodes
		nd ^d	nd ^d	MA
		4.6	7.0 µg/ml ^e	MA
		nd ^f	nd ^f	MA
<i>Staphylococcus xylosus</i>		10.5 µg/ml	12.0 µg/ml	MA
		nd ^d	nd ^d	MA
		18.0 µg/ml ^e	19.0 µg/ml ^e	MA
		nd ^f	nd ^f	MA
<i>Streptococcus alactolyticus</i>		9.0 µg/ml	11.0 µg/ml	MA
		nd ^d	nd ^d	MA
		12.0 µg/ml ^e	18.0 µg/ml ^e	MA
		nd ^f	nd ^f	MA
<i>Streptococcus thermophilus</i>	ATCC 19258	1.0 µM		BM
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>		4.0 µg/ml	6.5 µg/ml	MA
		8.0 µg/ml ^d	nd ^d	MA
		4.6 µg/ml ^e	7.0 µg/ml ^e	MA
		8.0 µg/ml ^f	nd ^f	MA

nd : valeur non déterminée.

BM : Bouillon moyen ; **DT** : Test de diffusion ; **MA** : Dosage sur microplaque

^a **2mg/ml** de protéine de fusion de la pré-pro-Acc-royalisine.

^b **2mg/ml** de protéine de fusion à partir d'Acc-royalisin mature.

^c Recombinant Acc-royalisin.

^d Royalisine traitée avec la TNT.

^e Royalisin-D.

^f Royalisin-D traité avec DTT.

Les jellines comme la royalisine sont les seuls peptides de la gelée royale. Cette famille comporte quatre peptides antimicrobiens. En utilisant la spectrométrie de masse, La Jelleine IV n'ayant donné aucun signe d'activité. Les Jelleine I, II et III inhibent la croissance bactérienne tandis que les modifications de la structure aux terminaux C et N de ces peptides provoquaient une diminution de l'activité (**Romanelli et al., 2011**).

III.3. Pollen :

III.3.1. Activité antibactérienne :

Les effets antimicrobiens du pollen d'abeille sont bien connus, peut-être médiés par l'activité de la glucose oxydase, dérivant de la sécrétion des abeilles, tandis que les phénols et les





flavonoïdes végétaux pourraient également être impliqués (**Denisow et Denisow-Pietrzyk, 2016 ; FatrcovaSramkova et al., 2016**).

L'activité antibactérienne du pollen d'abeille monofloral contre les bactéries pathogènes a été déterminée par Fatrcová-Šramková et al en 2013. Par exemple, *Staphylococcus aureus* a été la bactérie la plus sensible à un extrait éthanolique (70%) de pollen de pavot (Papaver, Papaveraceae) et *Salmonella enterica* a été la bactérie la plus sensible à un extrait méthanolique (70%) de pollen d'abeille de colza (*Brassica napus*, Brassicaceae) et un extrait éthanolique (70%) de tournesol (*Helianthus annuus*, Asteraceae). *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli* étaient moins sensibles aux extraits de pollen d'abeille. L'effet antibactérien d'un extrait éthanolique (80%) de pollen d'abeille a été montré contre *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella sp.* et *Pseudomonas aeruginosa* (**Carpes et al., 2007**).

Cependant, il a été démontré que le pollen n'avait aucun effet antimicrobien sur les bactéries *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Enterococcus faecalis* et *Listeria monocytogenes* traités à des concentrations de 0.02% à 2.5% (v/v). Par conséquent, l'activité antimicrobienne du pollen de l'abeille dépend de la concentration (**Denisow et Denisow-Pietrzyk 2016**).

III.3.2. Mécanisme d'action du pollen :

L'effet antibactérien du pollen est probablement associé à la propriété du glucose oxydase, une enzyme produite par les abeilles. Il est ajouté au pollen lors de la formation de granules de pollen (**Campos et al., 2008**). Il a été également démontré que l'activité microbiologique est liée aux acides phénoliques et aux flavonoïdes. Le mécanisme d'action des flavonoïdes et des phénols contre les cellules bactériennes est la dégradation de la membrane du cytoplasme, ce qui conduit à une perte d'ions de potassium et à l'initiation de l'autolyse cellulaire (**Denisow et Denisow-Pietrzyk 2016**).





III.4. Evaluation de l'activité antibactérienne :

III.4.1. La méthode de diffusion en milieu gélosé (la méthode des disques) :

C'est une méthode de mesure in vitro du pouvoir antibactérien sur milieu gélosé à l'agar (MH) réalisée dans une boîte de Pétri. Le contact se fait par l'intermédiaire d'un disque de papier Wattman (Segueni et al., 2011).

Les antibiotiques habituellement testés existent sous forme de disques de 6 mm de diamètre. Pour reproduire les mêmes conditions, nous avons utilisé le papier Wattman coupé en disques (6 mm) avec un contour régulier pour donner une zone d'inhibition facile à mesurer. Les disques ont été autoclavés pendant 20 minutes à 120°C (Segueni et al., 2011).

Dans chaque boîte de Pétri préalablement ensemencée, six de ces disques chargé par 5 µl des extraits ont été disposés (Segueni et al., 2011).

Les boîtes obtenues ont été laissées pour diffuser pendant 2 heures à 4°C. Elles sont ensuite incubées à l'étuve pendant 18-24h à 37°C. Les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés par un pied à coulisse (karabay et al., 2007).

III.4.2. La méthode des puits :

Consiste à estimer l'inhibition de la croissance des germes à tester soumis au contact avec les mêmes échantillons. La technique utilisée est une modification de la méthode de (Molan, 2009).

A l'aide d'une pipette pasteur stérile, réaliser des puits d'environ 6mm de diamètre sur la gélose Muller Hinton bien refroidie. Les boîtes de pétri sont ensuite laissées sur paillasse pendant 30 mn et mises à l'étuve à 37°C pendant 24 heures (Choi et al., 2006).

L'évaluation de l'activité antibactérienne est basée sur les mesures des diamètres en (mm) des halos d'inhibition autour de chaque puits à l'aide d'un pied à coulisse ou une règle (Sanogo et al., 2016).

III.4.3. Détermination de la CMI (Concentration Minimale Inhibitrice) :

La Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) est la plus faible concentration d'antimicrobien capable d'inhiber toute croissance visible à l'œil nu après un temps d'incubation de 18 à 24 heures. La détermination des CMI a été réalisée par la technique de





dilution en milieu liquide couplée à l'étalement sur milieu solide gélosé (Mueller Hinton) (Moroh et al., 2008).

- **La technique de dilution en milieu liquide**

Dans un tube à essai, on ajoute des volumes variables d'extrait de façon à ce que le gradient de concentration des extraits suive une progression géométrique égale à 2 et varie de 0 à 50 µg/ml. Ensuite, chaque tube de l'une des séries estensemencé avec 1 ml d'un inoculum de 10^8 UFC/ml. On incube ensuite tous les tubes à l'étuve à 37° C pendant 24 h. 1 ml du contenu de chaque tube est ensuiteensemencé dans un milieu solide. La plus faible concentration qui inhibe totalement le germe étudié est considérée comme la CMI (Mokhtaria, 2014).

III.4.4. Détermination de la CMB (Concentration Minimale bactéricide) :

La CMB correspond à la plus faible concentration de l'agent antibactérien testé capable de tuer plus de 99,9% de l'inoculum bactérien initial (soit moins de 0,01% de survivants) (Sanogo et al., 2016).

La détermination de la CMB a été réalisée sur les tubes ne présentant pas de croissance parensemencement en surface avec MH grâce à un écouvillon trompé dans la dilution en faisant des traits (on change l'écouvillon pour chaque tube ou dilution). Les boîtesensemencées sont incubées à 37°C pendant 24 heures (Sanogo et al., 2016).

La CMB est déduite à partir de la première boîte dépourvue du développement bactérien, Ainsi, la plus petite concentration du tube qui a moins de 0,01% de bactéries viables par rapport à l'inoculum initial (Sanogo et al., 2016).

III.5. L'extraction des molécules bioactives :

- **Propolis :**

La méthode la plus simple pour extraire la propolis c'est bien l'extraction alcoolique, il est recommandé d'utiliser l'éthanol (aussi appelé «alcool pur» ou «alcool éthylique» C_2H_6O), ou exceptionnellement le glycol (FAO, 2017).

Par conséquent, mettez l'alcool et la propolis dans un récipient. Laisser le mélange macérer 1 à 2 semaines à l'abri de la lumière en le remuant régulièrement. Après, l'extrait est filtré puis conservé et entreposé dans un endroit frais et sombre (FAO, 2017).





On peut faire aussi l'extraction avec d'autres solvants, à savoir, l'eau pour obtenir l'extrait aqueux et l'huile pour avoir l'extrait huileux (FAO, 2017).

- **Pollen :**

Dans une étude, l'extraction du pollen a été faite en utilisant le méthanol et l'éthanol. De ce fait, Le pollen (10 g) a été extrait dans 80 mL de solvant à 80 ° C pendant 1 heure (Fatrková-Šramková et al., 2013).



Conclusion





Sur la base des résultats obtenus par plusieurs études sur les propriétés antibactériennes des produits de la ruche et les nouvelles découvertes qui concernent ses composants actifs et leurs mécanismes d'action. Ceux-ci présentent un point de départ pour la formulation de nouveaux produits à usage thérapeutique et pharmacologique qui peuvent être utilisés comme alternative aux antibiotiques conventionnels.

De même, les produits de la ruche possèdent des propriétés très intéressantes et sont capables de contrecarrer des processus pathologiques tels que l'inflammation, l'oxydation et l'infection. A l'opposé, certains ont l'aptitude de renforcer des phénomènes régénérateurs comme l'immunité et la cicatrisation, ou d'améliorer les performances physiologiques amenant au bien-être général.

Parmi ses produits, on a la propolis et ses dérivés qui sont des agents antibactériens très puissants et des agents synergiques utiliser pour augmenter l'efficacité des antibiotiques conventionnels. En outre, ils ont aidé à moduler la résistance aux antimicrobiens des bactéries hautement résistantes. En effet, la gelée royale a montré aussi une activité élevée contre les bactéries Gram positives. De plus, il y a le pollen qui contient des composés phénoliques antioxydants et anti-inflammatoires et qui présente une efficacité contre de nombreuses bactéries pathogènes.

Par conséquent, cela est particulièrement important car l'un des principaux problèmes de santé publique est actuellement représenté, dès le début, d'un nombre de bactéries résistantes aux antibiotiques.



Références



bibliographiques



- 🍯 **Abdelguerfi et al., 2003.** Sensory and physic-chemical properties of commercial samples of honey. *Food Research International*, vol. 63, p. 183-1991.
- 🍯 **Aderogba M. A., Ndhlala A. R., Rengasamy K. R., Van Staden J., 2013.** Antimicrobial and selected in vitro enzyme inhibitory effects of leaf extracts, flavonols and indole alkaloids isolated from *Croton menyharthii*. *Molecules*, vol. 18(10), p. 12633-12644.
- 🍯 **Airen B., Sarkar P. A., Tomar U., Bishen K. A., 2018.** Antibacterial effect of propolis derived from tribal region on *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus acidophilus*: An in vitro study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, vol. 36(1), p. 48-52
- 🍯 **Almuhayawi M. S., 2020.** Propolis as a novel antibacterial agent. *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 27, p.3079-3086.
- 🍯 **Al-Waili N., Al-Ghamdi A., Ansari M. J., Al-Attal,Y et al., 2012.** Synergistic effects of honey and propolis toward drug multi-resistant *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans* isolates in single and polymicrobial cultures. *International journal of medical sciences*, vol. 9(9), p. 793.
- 🍯 **Amri A., 2010.** Contribution à l'étude approfondie de quelques miels produits en Algérie : Aspect physico-chimique et botanique. Mémoire de doctorat : Biochimie appliquée en agroalimentaire et santé. Annaba : université Baji Mokhtar Annaba, 97p :170p.
- 🍯 **Apiculture-propolis, 2016.** blog.exometeofraiture.net. Disponible sur <http://blog.exometeofraiture.net/blog/2016/10/23/apiculture-propolis/> (consulter le 28/04/2021).
- 🍯 **Apimondia., 2001.** Standing commission of apitherapy Traité d'Apithérapie, La médecine par les abeilles [cédérom] v.1.01 PC-Mac Produit par Api-Ar International SA R Brussels. 2001. ISBN: 2- 9600270-0-0.



- 🍯 **Aryaei R. et Pakzad P., 2018.** Evaluation of the antibacterial activity of iranian propolis on the strains of pseudomonas aeruginosa and staphylococcus aureus. *Amazonia Investiga*, vol.7 (14), p. 5-10.
- 🍯 **Atmani-Merabet G., 2018.** Huiles essentielles de trois espèces d'Eucalyptus d'Algérie: composition et activité acaricide (*Varroa destructor*). Mémoire de doctorat : Phytochimie. Constantin : université des Frères Mentouri Constantin1, 47P :204p.
- 🍯 **Avril G et Hampikian S., 2014.** La santé naturelle avec l'apithérapie : Miel, propolis, pollen, gelée royale. Terre vivante, 127p. ISBN 978-2-36098-140-3

B.

- 🍯 **Babine M., 2015.** La gelée royale, de son origine à sa valorisation pharmaceutique. Mémoire de doctorat : pharmacie. Angers : Faculté de médecine, 69-70p :230p.
- 🍯 **Badren M.A., 2016.** La situation de l'apiculture en Algérie et les perspectives de 37 développements. Mémoire de Master Académique Université de Tlemcen. 26p.
- 🍯 **Becerra T. B., Calla-Poma R. D., Requena-Mendizabal M. F., Millones-Gómez P. A., 2019.** Antibacterial Effect of Peruvian Propolis Collected During Different Seasons on the Growth of. *The Open Dentistry Journal*, vol.13 (1), p.324-331.
- 🍯 **Berretta A. A., Silveira M. A. D., Capcha J. M. C., De Jong D., 2020.** Propolis and its potential against SARS-CoV-2 infection mechanisms and COVID-19 disease. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, vol 131, p.110622.
- 🍯 **Bhaskar S., Shalini V., Helen, A., 2011.** Quercetin regulates oxidized LDL induced inflammatory changes in human PBMCs by modulating the TLR-NF- κ B signaling pathway. *Immunobiology*, vol. 216(3), p.367-373.



- 🐝 **Biri M., 2010.** Tout savoir sur les abeilles et l'apiculture. 7ème édition. Paris : De Vecchi : Jacques Gout, 221p. ISBN 9782732895765.
- 🐝 **Biri M., 2011.** Tout savoir sur les abeilles et l'apiculture .7ème édition. Paris: DE VECCHI: Jacques Gout, 39-40p. ISBN 9782732895765.
- 🐝 **Blanc M., 2010.** Propriété et usage médicale des produits de la ruche. Mémoire de doctorat : pharmacie. Limoges : université de limoges, 17, 22-31p : 144p.
- 🐝 **Bucio-Villalobos C.M et Martínez-Jaime O.A., 2017.** Actividad antibacteriana de un extracto acuoso de propóleo del municipio de Irapuato, Guanajuato, México. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 28(1), p. 223-227.



- 🐝 **Campos M.G.R., Bogdanov S., Almeida-Muradian L. B et al., 2008.** Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research*, vol.47 (2), p.154–161.
- 🐝 **Cardinault N., Cayeux M. O. et du Sert P. P., 2012.** La propolis: origine, composition et propriétés. *Phytothérapie*, vol.10, p. 298-304.
- 🐝 **Carpes S. T., Begnini R., Alencar S. M. D., Masson M. L., 2007.** Study of preparations of bee pollen extracts, antioxidant and antibacterial activity. *Ciência e agrotecnologia*, vol. 31(6), p. 1818-1825.
- 🐝 **Castaldo S. et Capasso F., 2002.** Propolis, an old remedy used in modern medicine. *Fitoterapia*, vol. 73, p. S1-S6.
- 🐝 **Catays G., 2016.** Contribution à la caractérisation de la diversité génétique de l'abeille domestique *Apis mellifera* en France: cas du locus *csd* de détermination du sexe. Thèse de doctorat en Médecine



Vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 314 p :315p.

- ♥ **CCSTI (La Turbine sciences), 2010.** Dossier pédagogique / Secrets d'abeilles, une histoire d'Ailes et de Miels, 39p .Disponible sur http://blogpeda.ac-poitiers.fr/biodiversitevillage/files/2012/08/Dossier_pedagogiqueAbeilles_BD.pdf. Consulter (le 10/04/2021).

- ♥ **Choi Y. M., Noh D. O., Cho S. Y., Suh, H. J et al., 2006.** Antioxidant and antimicrobial activities of propolis from several regions of Korea. *LWT-Food Science and Technology*, vol. 39(7), p. 756-761.

- ♥ **Choudhari M. K., Punekar S. A., Ranade R. V., Paknikar, K. M., 2012.** Antimicrobial activity of stingless bee (*Trigona* sp.) propolis used in the folk medicine of Western Maharashtra, India. *Journal of ethnopharmacology*, vol.141 (1), p. 363-367.

- ♥ **Clement H., 2006.** Le traité Rustica de l'Apiculture, 2° Edition, Paris, Editions Rustica, 528p.

- ♥ **Clement H., 2009.** Créer son ruche : un monde fascinant : la colonie d'abeilles. Baume-les-Dames (France): Rustica, 19-20p. ISBN 9782840385646.

- ♥ **Cornara L., Biagi M., Xiao J., Burlando B., 2017.** Therapeutic properties of bioactive compounds from different honeybee products. *Frontiers in pharmacology*, vol.8, p. 412.

- ♥ **Cousine L., 2014.** L'abeille et le conseil à l'officine. Mémoire de doctorat en pharmacie. Université de Poitiers, 28p:87p.

- ♥ **Cure de pollen, une petite bombe nutritive, 2021.** nana-turopathe.com. Disponible sur : <https://www.nana-turopathe.com/cure-de-pollen-une-petite-bombenutritive/>. (Consulter le 19/04/2021).

- ♥ **Cuvillier A., 2015.** Miel, Propolis, Gelée royale : Les abeilles alliées de notre système immunitaire. Mémoire de doctorat : Sciences Pharmaceutiques. Lille : Université de Lille 2, 17p :90p. Disponible sur <https://pepote-depot.univ->



lille2.fr/nuxeo/site/esupversions/66e256ff-204c-4ed3-a414-f3983fa5f626 (page consulté le 14/04/2021).

D.

- ♥ **Denisow B. et Denisow-Pietrzyk M., 2016.** Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 96(13), p. 4303-4309.
- ♥ **Domerego R., Imbert G., Blanchard C., 2009.** Les remèdes de la ruche Editions Alpens, Monaco, 95p
- ♥ **Duplan H., Questel E., Hernandez-Pigeon H., Galliano M et al., 2012.** Effects of Hydroxydecine® (10-hydroxy-2-decenoic acid) on skin barrier structure and function in vitro and clinical efficacy in the treatment of UV-induced xerosis. *European Journal of Dermatology*, vol.21 (6), p. 906-915.

E.

- ♥ **El Housseini N., 2013.** Intérêts et applications cliniques de la propolis en médecine bucco-dentaire. Mémoire de doctorat en chirurgie dentaire. Université de Nantes; Unité de formation et de recherche d'odontologie 16,17p :110p.

F.

- ♥ **FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations, 2017.** Comment fabriquer de l'extrait de propolis à base de propolis brute. Disponible sur : <http://www.fao.org/teca/es/technologies/8819> (Consulter le 26/04/2021)
- ♥ **Fatrcová-Šramková K., Nôžková J., Kačániová M., Máriássyová M et al., 2013.** Antioxidant and antimicrobial properties of monofloral bee pollen. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, vol. 48(2), p. 133-138. 4



- 🍯 **Ferhoum F., 2010.** Analyses physico chimiques de la propolis locale selon les étages bioclimatiques et les deux races d'abeille locales (*Apis mellifica intermissa* et *Apis mellifica sahariensis*), Mémoire de magister, Boumerdès, Faculté des sciences de l'ingénieur, 8p : 174 p.

- 🍯 **Fontana R., Mendes M. A., De Souza B. M., Konno K., et al., 2004.** Jelleines: a family of antimicrobial peptides from the Royal Jelly of honeybees (*Apis mellifera*). *Peptides*, vol. 25(6), p. 919-928.

- 🍯 **Fratini F., Cilia G., Mancini S., Felicioli A., 2016.** Royal Jelly: An ancient remedy with remarkable antibacterial properties. *Microbiological Research*, vol. 192, p.130-141.



- 🍯 **Gharbi M., 2011.** Les produits de la ruche: Origines - Fonctions naturelles - Composition Propriétés thérapeutiques Apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire. Thèse de doctorat en médecine-pharmacie, Université Claude-Bernard - Lyon I, p. 221 :249p.

- 🍯 **Gilles A., 2010.** Biologie de l'abeille. Ecole d'apiculture Sud-Luxembourg. 26P. Disponible sur : <http://ekladata.com>, (consulter le 29/03/2021).

- 🍯 **Gonsales G. Z., Orsi, R. O., Fernandes Júnior, A., Rodrigues P et al., 2006.** Antibacterial activity of propolis collected in different regions of Brazil. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, vol. 12(2), p. 276-284.

- 🍯 **Guendouz M., 2019.** Etude de l'effet anti allergique de la gelée royale chez les souris Balb/c. Thèse de doctorat : physiologie de la nutrition et sécurité alimentaire. Oran : université Oran 1 Ahmed Ben Bella, 23, 26, 29p



H.

- 🐝 **Habashy N. H. et Abu-Serie M. M., 2020.** The potential antiviral effect of major royal jelly protein2 and its isoform X1 against severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2): Insight on their sialidase activity and molecular docking. *Journal of functional foods*, vol. 75, p. 104282.

- 🐝 **Hamamoto R., Ishiyama K., Hashimoto K., Yamaguchi M., 2006.** Characterization of the active component in bee pollen *Cistus ladaniferus* extract in stimulating bone calcification and in inhibiting bone resorption in vitro. *Journal of health science*, vol. 52(5), p.607-612.

- 🐝 **Harasstani O. A., Tham C. L., Israf D. A., 2017.** Kaempferol and chrysin synergies to improve septic mice survival. *Molecules*, vol. 22(1), p. 92.

- 🐝 **He M., Wu T., Pan S., Xu X., 2014.** Antimicrobial mechanism of flavonoids against *Escherichia coli* ATCC 25922 by model membrane study. *Applied Surface Science*, vol. 305, p. 515-521.

I.

- 🐝 **Izuta H., Chikaraishi Y., Shimazawa M., Mishima S et al., 2009.** 10-Hydroxy-2-decenoic acid, a major fatty acid from royal jelly, inhibits VEGF-induced angiogenesis in human umbilical vein endothelial cells. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, vol. 6(4), p. 489-494.

J.

- 🐝 **Jean-Prost P., le conte Y., 2005.** Apiculture. Connaître l'abeille, conduire le rucher
7ème édition, Tec et Doc Lavoisier, 698p. ISBN 978-2743007874



- ♥ **Joray M. B., Trucco L. D., González M. L., Napal G. N. D et al., 2015.** Antibacterial and cytotoxic activity of compounds isolated from *Flourensia oolepis*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2015, p.11.
- ♥ **Journée de NAMUR, 2016.** Journée d'information organisée aux facultés Notre-Dame de la paix à namur place de la justice, auditoire M.03 (faculté de Médecine). Présentation du bilan des activités développées dans le secteur apicole avec l'aide du programme miel de la communauté européenne. Disponible sur <https://www.cari.be/medias/actuapi/actuapi66.pdf> (consulter le 17/05/2021).



- ♥ **Kamakura M., 2011.** Royalactin induces queen differentiation in honeybees. *Nature*, vol. 473, p. 478-483.
- ♥ **Karabay-Yavasoglu N. U., Sukatar A., Ozdemir, G., Horzum, Z., 2007.** Antimicrobial activity of volatile components and various extracts of the red alga *Jania rubens*. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, vol. 21(2), p. 153-156.
- ♥ **Kędzia B. et Holderna-Kędzia E., 2013.** The antibiotic activity of native and European propolis. *Postępy Fitoterapii*, vol. 2/2013, p.97-107.
- ♥ **Kharsany K., Viljoen A., Leonard C., Van Vuuren S., 2019.** The new buzz: Investigating the antimicrobial interactions between bioactive compounds found in South African propolis. *Journal of ethnopharmacology*, vol. 238, p. 111867.
- ♥ **Koç A. N., Silici S., Kasap F., Hörmet-Öz H. T et al., 2011.** Antifungal activity of the honeybee products against *Candida* spp. and *Trichosporon* spp. *Journal of medicinal food*, vol. 14(1-2), p. 128-134.
- ♥ **Koya-Miyata S., Okamoto I., Ushio S., Iwaki K et al., 2004.** Identification of a collagen production-promoting factor from an extract of royal jelly and its possible mechanism. *Bioscience*,



biotechnology, and biochemistry, vol. 68(4), p.767-773.

- 🍯 **Krol W., Scheller S., Shani J., Pietsz G et al., 1993.** Synergistic effect of ethanolic extract of propolis and antibiotics on the growth of staphylococcus aureus. *Arzneimittel-Forschung*, vol.43 (5), p. 607-609.



- 🍯 **La propolis un cadeau de la ruche, 2015.** Journée de Namur, Février, université de Namur ,faculté de médecine, ActuApi n°66,8p. Disponible sur : <https://www.cari.be/medias/actuapi/actuapi66.pdf> (consulter le 17/05/2021).
- 🍯 **Li Q. Q., Wang K., Marcucci M. C., Sawaya A. C et al., 2018.** Nutrient-rich bee pollen: A treasure trove of active natural metabolites. *Journal of Functional Foods*, vol. 49, p. 472–484.
- 🍯 **Li Y., Xiang Q., Zhang Q., Huang Y et al., 2012.** Overview on the recent study of antimicrobial peptides: origins, functions, relative mechanisms and application. *Peptides*, vol. 37(2), p. 207-215.



- 🍯 **Majtan J., Kumar P., Majtan T., Walls A. F et al., 2010.** Effect of honey and its major royal jelly protein 1 on cytokine and MMP-9 mRNA transcripts in human keratinocytes. *Experimental Dermatology*, vol.19 (8), p. e73-e79.
- 🍯 **Marchenay P., Bérard L., 2007.** L'homme, l'abeille et le miel. Edition De Borée, 223p.ISBN 9782844945334.
- 🍯 **Martin C., Salvy M., Provost E., Bagnères A. G., et al., 2001.** Variations in chemical mimicry by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* according to the developmental stage of the host honeybee *Apis mellifera*. *Insect Biochemistry and Molecular*



Biology, vol.31, p.365-379.

- 🐝 **Mathilde B., 2017.** L'apithérapie. Mémoire de doctorat : pharmacie. Université Picardie Jules Verne, 25-26p :123p.

- 🐝 **Mackowiak, C., 2009.** Le déclin de l'abeille domestique, *Apis mellifera* en France. Mémoire de doctorat en pharmacie. Université Henri Poincaré, Nancy 1, 8p :172p.

- 🐝 **Meyer S., Reeb C. et Bosdeveix R., 2004.** Botanique: Biologie et physiologie végétales. 2^o Edition. Paris: Maloine, 461 p. ISBN 9782224027674.

- 🐝 **Miguel M. G. et Antunes M. D., 2011.** Is propolis safe as an alternative medicine? *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, vol.3 (4), p. 479.

- 🐝 **Mokhtaria B. Y., 2014.** Exploration du potentiel antimicrobien et antioxydant de la Propolis d'Algérie. Mémoire de doctorat : nutrition humain. Mostaganem : Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, 77p :221p.

- 🐝 **Morais M., Moreira L., Feás X., Estevinho L. M., 2011.** Honeybee-collected pollen from five Portuguese Natural Parks: Palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*, vol.49(5), p. 1096-1101.

- 🐝 **Moroh j. I. A., Bahi C., Dje K., Loukou Y. G., 2008.** Guede-Guina, F.Study of the antibacterial activity of *Morinda morindoides* (Baker) milne-redheat (rubiaceae) acetatique extract (ACE) on in-vitro growth of *Escherichia coli* strains. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, Vol. 77, p. 44 - 61.



- 🐝 **Nabas Z. M., Haddadin M. S., Nazer I. K., 2014.** The influence of royal jelly addition on the growth and production of short chain fatty acids of two different bacterial species isolated from infants in Jordan. *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 13(1), p. 43.



- 🐝 **Navrotescu M. et Toma O., 2005.** Influence de la propolis sur la mitose dans le merysteme de Secale Cereale L. *Journal of Experimental and Molecular Biology*, vol. 5, p.51-52.
- 🐝 **Nicola B., 2010.** Le rôle des abeilles dans le développement rural. Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles : Autres produits des abeilles. FAO, Rome, PFNL, 135p. ISBN 9789252062769.
- 🐝 **Noori A. L., Al-Ghamdi A., Ansari M. J., Al-Attal Yet al., 2012.** Synergistic effects of honey and propolis toward drug multi-resistant Staphylococcus aureus, Escherichia coli and Candida albicans isolates in single and polymicrobial cultures. *International journal of medical sciences*, vol. 9, p. 793.
- 🐝 **Noronha V. R., Araujo G. S., Gomes R. T., Iwanaga S. H et al., 2014.** Mucoadhesive propolis gel for prevention of radiationinduced oral mucositis. *Curr. Clin. Pharmacol*, vol. 9, p. 359–364



- 🐝 **Onlen Y., Tamer C., Oksuz H., Duran N et al., 2007.** Comparative trial of different anti-bacterial combinations with propolis and ciprofloxacin on Pseudomonas keratitis in rabbits. *Microbiological research*, vol. 162(1), p. 62-68.
- 🐝 **Onlen Y., Duran N., Atik E., Savas L et al., 2007.** Antibacterial activity of propolis against MRSA and synergism with topical mupirocin. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, vol.13 (7), p. 713-718.
- 🐝 **Orsi R. D. O., Fernandes A., Bankova V., Sforcin, J. M., 2012.** The effects of Brazilian and Bulgarian propolis in vitro against Salmonella Typhi and their synergism with antibiotics acting on the ribosome. *Natural Product Research*, vol. 26(5), p.430-437.
- 🐝 **Oryan A., Ale mzadeh E., Moshiri A., 2018.** Potential role of propolis in wound healing: Biological properties and therapeutic



activities. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, vol. 98, p. 469-483.

- ♥ **Özcan M., Ünver A., Ceylan D. A., Yetisir R., 2004.** Inhibitory effect of pollen and propolis extracts. *Food/Nahrung*, vol. 48(3), p. 188-194.



- ♥ **Perdrix J. L., 2017.** Abeille du Forez : récolte du pollen. Bulletin n°82. Disponible sur : <http://abeilleduforez.tetraconcept.com/dossiers-techniques/pratique-apicole/la-recolte-du-pollen>. Consulter (le 09/03/2021).
- ♥ **Pietta P. G., Gardana C., Pietta, A. M., 2002.** Analytical methods for quality control of propolis. *Fitoterapia*, vol. 73, p. S7-S20.
- ♥ **Pippi B., Lana A. J. D., Moraes R. C., Güez C. M et al., 2015.** In vitro evaluation of the acquisition of resistance, antifungal activity and synergism of B razilian red propolis with antifungal drugs on C andida spp. *Journal of applied microbiology*, vol. 118(4), p. 839-850.
- ♥ **Plaper A., Golob M., Hafner I., Oblak M et al., 2003.** Characterization of quercetin binding site on DNA gyrase. *Biochemical and biophysical research communications*, vol. 306(2), p. 530-536.
- ♥ **Poirot B., 2016. Fiches apitherapie.** Disponible sur <https://www.apinov.com/wp-content/uploads/2016/02/Fiches-apitherapie.pdf> (consulter le 03/05/2021).
- ♥ **Przybyłek I. et Karpiński T. M., 2019.** Antibacterial properties of propolis. *Molecules*, vol. 24(11), p. 2047.



Q.

- 🐝 **Queret J., 2009.** La palynologie, analyse pollinique. encyclopedie.arbre-celtique.com. Disponible sur : <http://encyclopedie.arbre-celtique.com/palynologie-analyse-pollinique-3978.html> (Consulter le 20/04/2021).

R.

- 🐝 **Ramos A. F. N. et Miranda J. D., 2007.** Propolis: a review of its anti-inflammatory and healing actions. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, vol. 13(4), p. 697-710.
- 🐝 **Ravazzi, G. 2003.** Abeilles et apiculture : les autres produit de la ruche. Ed. VECCHI, 111-121p. ISBN 9782732897288.
- 🐝 **Rigal M.L., 2012.** Miel et gelée royale: utilisations thérapeutiques dans le domaine cutané et applications en cosmétologie. Mémoire de doctorat en pharmacie. Université de Limoges, 53p : 160p.
- 🐝 **Romanelli A., Moggio L., Montella R. C., Campigli, P et al., 2011.** Peptides from Royal Jelly: studies on the antimicrobial activity of jelleins, jelleins analogs and synergy with temporins. *Journal of peptide science*, vol. 17(5), p. 348-352.

S.

- 🐝 **Salazar-Olivo L.A et Paz-González V., 2005.** Screening of biological activities présent in honeybee (*Apis mellifera*) royal Jelly. *Toxicology in vitro*, vol. 19(5), p. 645-51.
- 🐝 **Scheller S., Dworniczak S., Waldemar-Klimmek K., Rajca M et al., 1999.** Synergism between ethanolic extract of propolis (EEP) and anti-tuberculosis drugs on growth of mycobacteria. *Zeitschrift für Naturforschung*, vol. 54(7-8), p. 549-



553.

- 🍯 **Schmidt A.V et Desrochers A., 2013.** Le Miel : l'art des abeilles, l'or de la ruche. Montréal, Québec : Les éditions de l'Homme, 12p. ISBN 978-2761938532.

- 🍯 **Segueni N et Rhouati S., 2011.** Contribution à l'étude de la composition chimique et des Propriétés biologiques de la propolis. Thèse de doctorat : Chimie pharmaceutique. Constantine : Université Mentouri de Constantine, 14,17-18p : 321p.

- 🍯 **Sforcin J. M., Bankova V., Kuropatnicki A. K., 2017.** Medical benefits of honeybee products. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol.2017, p. 1-2.

- 🍯 **Shen L., Ding M., Zhang,L., Jin,F et al., 2010.** Expression of Acc-royalisin gene from royal jelly of Chinese honeybee in Escherichia coli and its antibacterial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 58(4), p. 2266-2273.

- 🍯 **Shimizu K., Ashida H., Matsuura Y., Kanazawa K., 2004.** Antioxidative bioavailability of artepillin C in Brazilian propolis. *Archives of biochemistry and biophysics*, vol. 424(2), p. 181-188.

- 🍯 **Šimúth J., Bíliková K., Kováčová E., Kuzmová Z et al., 2004.** Immunochemical Approach to Detection of Adulteration in Honey: Physiologically Active Royal Jelly Protein Stimulating TNF- α Release Is a Regular Component of Honey. *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 52(8), p. 2154-2158.

- 🍯 **Sanogo,Y., Guessennnd N. K., Bi H. T., Kouadio N. J et al., 2016.** Evaluation in vitro de l'activité des écorces de tige de Anogeissus leiocarpus (DC) Guill. et Perr. (Combretaceae) sur des bactéries responsables de maladies courantes en Afrique et criblage phytochimique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 10(3), p. 1139-1152.



- 🐝 **Takaisi-Kikuni N. B. et Schilcher H., 1994.** Electron microscopic and microcalorimetric investigations of the possible mechanism of the antibacterial action of a defined propolis provenance. *Planta Med*, vol. 60(03), p. 222-227.

- 🐝 **Thakur M. et Nanda V., 2020.** Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 98, p.82-106.

- 🐝 **Thibault M., 2017.** Le pollen apicole : ses propriétés et ses utilisations thérapeutiques. Mémoire de doctorat : Sciences pharmaceutiques. Université de Lorraine, 32-44p :111p.

- 🐝 **Tosi E. A., Ciappini M. C., Cazzolli A. F., Tapiz L. M., 2006.** Physico chemical characteristics of propolis collected in Santa Fe (Argentina). *APIACTA*, vol. 41, p.110-120.



- 🐝 **Uzel A., Önçağ Ö., Çoğulu D., Gençay Ö., 2005.** Chemical compositions and antimicrobial activities of four different Anatolian propolis samples. *Microbiological research*, vol. 160(2), p. 189-195.



- 🐝 **Vasconcelos N. G., Croda J., Simionatto S., 2018.** Antibacterial mechanisms of cinnamon and its constituents: A review. *Microbial pathogenesis*, vol.120, p. 198-203.



- 🐝 **Warré A., 2005.** L'apiculture pour tous : l'apiculture facile et productive. 12^{ème} édition ,99 p. Disponible sur <http://gueguen.sebastien.free.fr/Auto-suffisance/5%20>



[%20Connaissance/Apiculture/l.apiculture.pour.tous.-.a.warre.-.12ed.-.v.4.0.-.103p.pdf](#) (consulté le 02/05/2021). ISBN 9782706603471.



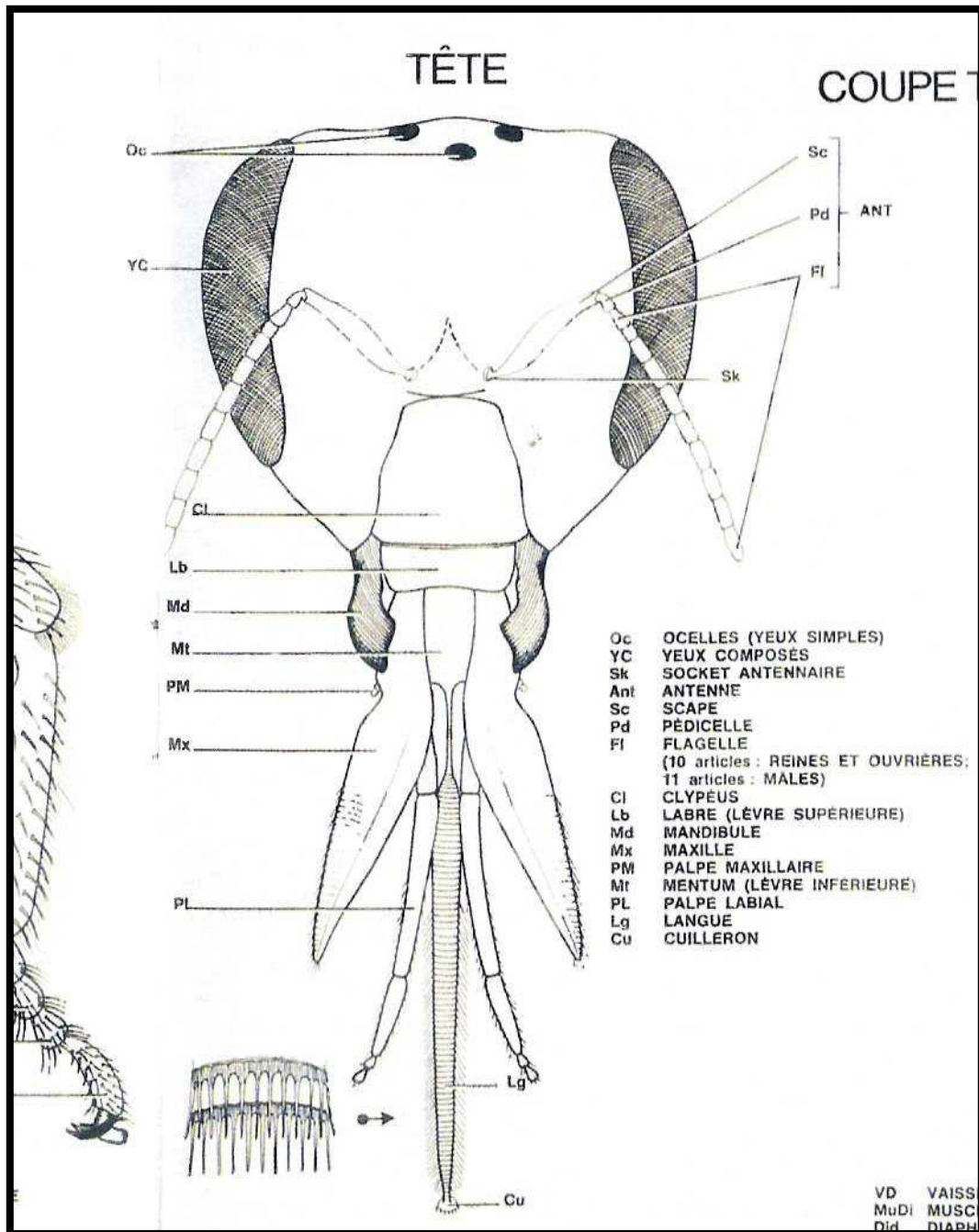
- 🍷 **Yilmaz S., Sova M., Ergün S., 2018.** Antimicrobial activity of trans-cinnamic acid and commonly used antibiotics against important fish pathogens and nonpathogenic isolates. *Journal of applied microbiology*, vol. 125(6), p. 1714-1727.

Annexe












Annexe 01 : Tête de l'abeille (Gilles, 2010).









Annexe 02 : Origine botanique de la propolis (El Housseini, 2013)

	Nom Français	Nom Anglais	Provenance
	Chêne	Oak	Asie Afrique
	Bouleau blanc	Birch	Europe du nord Amérique canada
	Marronnier d'inde	Horse chestunt	Europe Turquie Balkans
	Peuplier	Poplar	Afrique du nord Moyen-Orient Europe
	Pin	Pine	Amérique du nord Europe du nord Russie
	Frêne	Ash	Europe du sud Afrique du nord
	Orme	Elm	Amérique Europe chine



Annexe 03 : Quelques plantes source de propolis en Algérie (Naili, 2018).

Pinus sp	Chêne liége	Châtaignier	Cyprès	Le peuplier
				

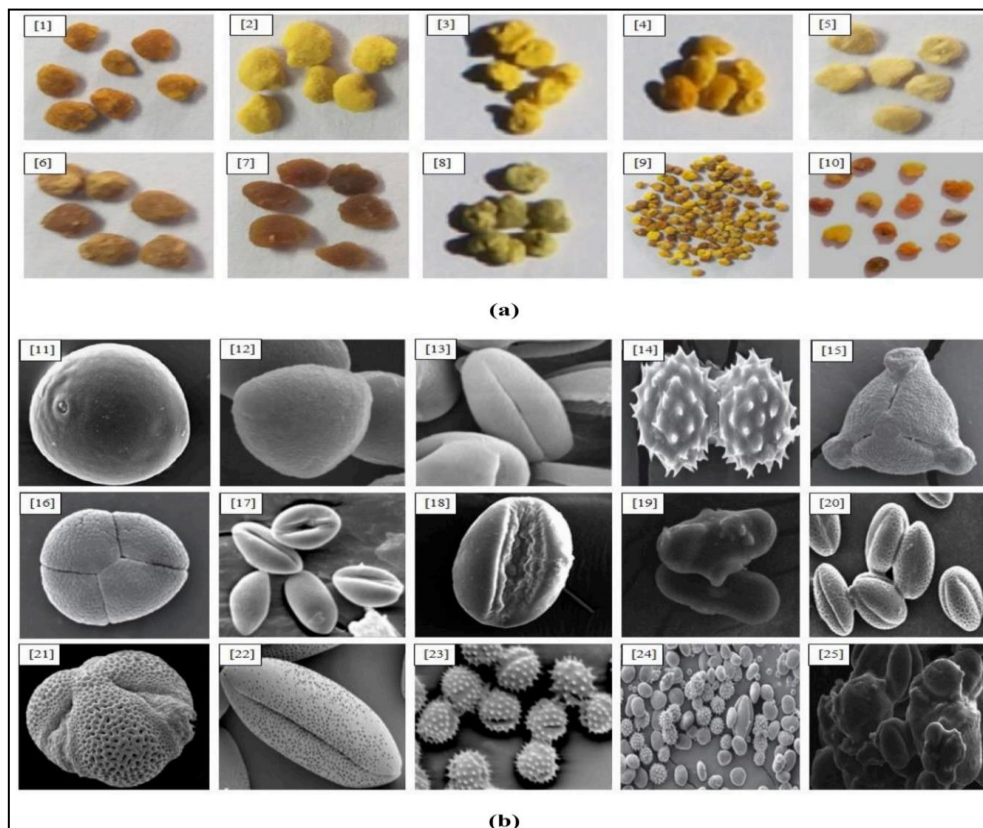


Annexe 04 : Les composants du pollen (Nair, 2014).

Composants	Teneurs
Sels minéraux, éléments de traces	mg/kg
Potassium	4000-20000
Magnésium	200-3000
Calcium	200-3000
Phosphore	800-6000
Fer	11-170
Zinc	30-250
Cuivre	2-16
Manganèse	20-110
Vitamines	mg/kg
B-carotène	50-200
B1 ; thiamine	6-13
B2 ; riboflavine	6-20
B3 ; niacine	40-110
B5 ; acide pantothénique	5-20
B6 ; pyridoxine	2-7
C ; acide ascorbique	70-300
Acide folique	3-10
Vitamine E ; tocophérol	40-320



Annexe 05 : Propriétés physiques du pollen (Thakur et Nanda, 2020).

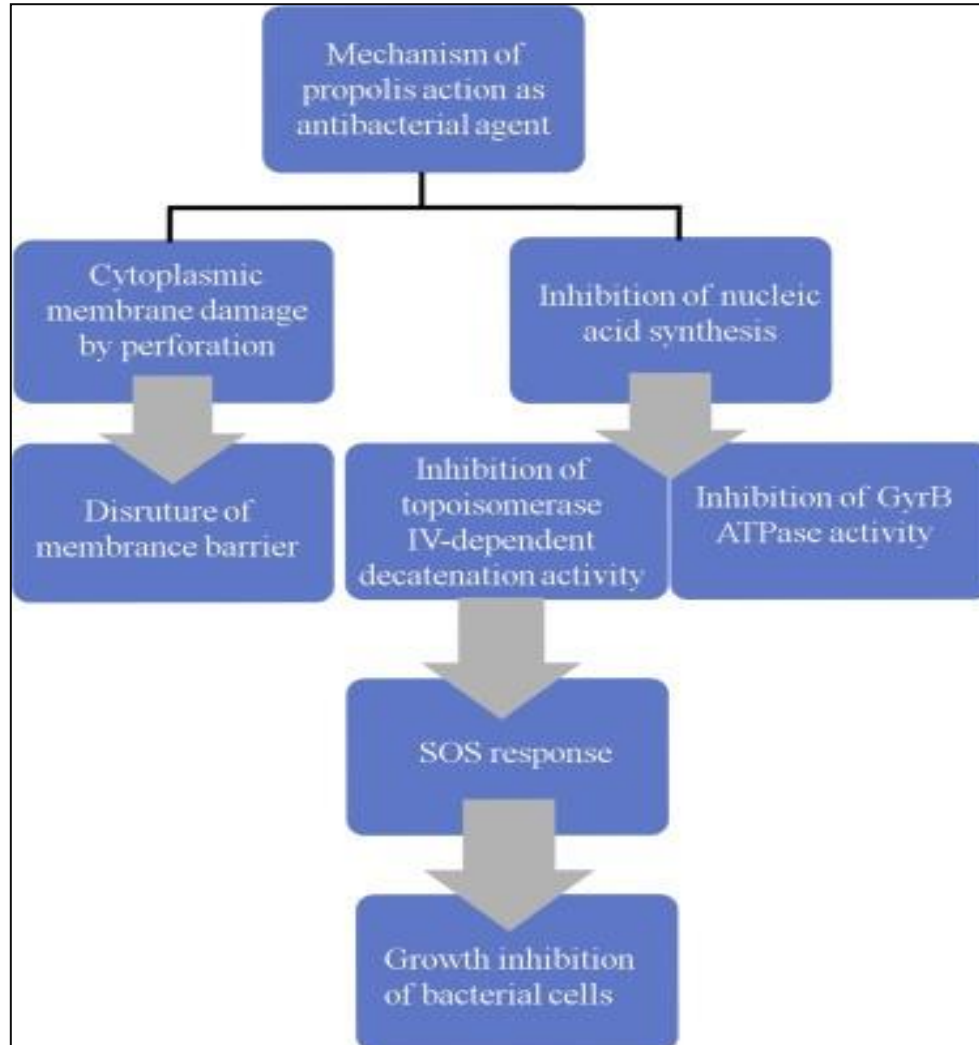


Pollen d'abeille de (a) plusieurs couleurs et de (b) la morphologie et de la texture de la surface (examinée au microscope électronique à balayage, SEM) d'origine botanique diverse.

[1] *Asphodelus tenuifolius*: Couleur orange terne, [2] *Brassica napus*: Couleur jaune vif, [3] *Castanea*: Couleur jaune clair, [4] *Ciste*: Couleur jaune terne, [5] *Cocos nucifera*: Couleur jaune crème, [6] *Coriandrum sativum* : Couleur brun pâle, [7] *Pennisetum glaucum*: Couleur brun clair, [8] *Rubus*: Couleur vert jaune, [9] et [10] Multifloral: Échantillons ayant différentes couleurs de grain de pollen, [11] *Zea mays*: Monade, sphérique et présence de pore de germination, [12] *Quercus* sp: Monade, prolata et tricolpate, [13] *Actinidia arguta*: Monade, prolata, tricolpate et ovale, [14] *Elaeis guineensis*: Monade, exine circulaire et tectée, [15] *Camellia sinensis*: Monade, triangulaire et radialement symétrique, [16] *Mimosa diplotricha*: Tétrade rhomboïdale, exine ovale et réticulée, [17] *Arecaceae* sp: Monade, isopolaire, prolata, tricolpate, présence de sillon et surface lisse, [18] *Cocos nucifera*: Monade, monocolpate, forme elliptique avec surface lisse et sillon, [19] *Coriandrum sativum*: Long, en forme de bâton, monade et avait une surface lisse avec des sillons contenant des pores, [20] *Brassica napus*: Monade, prolata et tricolpate avec un motif distinct en forme de filet sur l'exine, [21] *Maytenus* sp: Monade, tétraédrique, aplatie et surface réticulée, [22] *Aloe greatheadii*: forme monade, bilatéralement symétrique et elliptique avec un sillon profond (44–50 μm), [23] *Asteraceae eupatorium*: surface monade, sphérique et épineuse, [24] et [25] multi floral: échantillons contenant un grain de pollen individuel avec différentes formes et propriétés de surface.



**Annexe 06 : Mécanisme d'action de la propolis comme agent antibactérien
(Oryan et al., 2018).**



La quercétine se lie à la sous-unité ADN gyrase *d'Escherichia coli* pour inhiber l'activité ATPase. De plus, les flavonoïdes peuvent inhiber l'activité de décaténation dépendante de la topoisomérase IV, induire une réponse SOS et inhibe la croissance des cellules *d'E. Coli*. D'autre part, les flavonoïdes peuvent favoriser l'activité antibactérienne en augmentant la perméabilité de la membrane bactérienne interne et en éliminant le potentiel membranaire, et en réduisant la résistance des cellules bactériennes à d'autres agents antibactériens.



Université Larbi Tébéssi - Tébessa

Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie

Département de la biologie appliquée

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Année universitaire 2020/2021



Formulaire de levée de réserves après soutenance d'un Mémoire de Master

Données d'identification du candidat(es) :

Nom et prénom du candidat : Louati Hamad Takwa
Ornel Khabebe Amidou

Intitulé du Sujet : Propriétés antibactériennes des produits de la ruche contre des isolats pathogènes

Données d'identification du membre de jury :

Nom et prénom : MECHAI Abdelbasset
Grade : Prof
Lieu d'exercice : Université Larbi Tébéssi - Tébessa

Vu le procès-verbal de soutenance de la thèse sus citée comportant les réserves suivantes :

R.A.S

Et après constatation des modifications et corrections suivantes :

R.A.S

Je déclare en ma qualité de président de jury de soutenance que le mémoire cité remplit toutes les conditions exigées et permet au candidat de déposer son mémoire en vue de l'obtention de l'attestation de succès.

Le 20/06/2021

Président de jury de soutenance : (Nom/Prénom et signature)

Pr Mechai Abdelbasset
[Signature]



Déclaration sur l'honneur de non-plagiat

(à joindre obligatoirement au mémoire, remplie et signée)

Je soussigné(e),

Nom, Prénom : Tanah Mamad Takwa

Régulièrement inscrit(e) en Master au département : Biologie Appliquée

N° de carte d'étudiant : 1.616.34018827

Année universitaire : 2020/2021

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Intitulé du mémoire : Propriétés antibactériennes des produits de la suche contre des isolats pathogènes

Atteste que mon mémoire est un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie également que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Sanctions en cas de plagiat prouvé :

L'étudiant sera convoqué devant le conseil de discipline, les sanctions prévues selon la gravité du plagiat sont :

- L'annulation du mémoire avec possibilité de le refaire sur un sujet différent ;
- L'exclusion d'une année du master ;
- L'exclusion définitive.

Fait à Tébessa, le : 20/11/2020

Signature de l'étudiant(e) :

(Handwritten signature and official stamp of the Faculty of Exact Sciences and Sciences of Nature and Life, Tébessa)



Déclaration sur l'honneur de non-plagiat
 (à joindre obligatoirement au mémoire, rempile et signée)

Je soussigné(e),
 Nom, Prénom : Oralme Khabeche Amira
 Régulièrement inscrit(e) en Master au département : Biologie Appliquée
 N° de carte d'étudiant : 161634018513
 Année universitaire : 2020/2021
 Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
 Filière : Sciences biologiques
 Spécialité : Microbiologie appliquée
 Intitulé du mémoire : Propriétés antibactériennes de produits de la souche contre des isolats pathogènes

Atteste que mon mémoire est un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie également que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Sanctions en cas de plagiat prouvé :

L'étudiant sera convoqué devant le conseil de discipline, les sanctions prévues selon la gravité du plagiat sont :

- L'annulation du mémoire avec possibilité de le refaire sur un sujet différent ;
- L'exclusion d'une année du master ;
- L'exclusion définitive.

Fait à Tébessa, le : 12/02/2021

Signature de l'étudiant(e) :

(Handwritten signature and red official stamp of the faculty)