

**République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de  
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université  
Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou  
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques  
Département de Biochimie-Microbiologie**



## **Mémoire**

**En vue de l'obtention du Diplôme de Master**

**Filière : Biologie**

**Spécialité : Biochimie Appliquée**

**Thème**

**Evaluation des activités antioxydante et antimicrobienne de quelques produits  
récoltés à partir de différentes ruches d'abeilles au niveau de la région de  
Tizi-Ouzou**

**Présenté par :**

**IKERBANE Dihia**

**Devant le jury composé de :**

**Promotrice : Madame DERMECHE S. Maitre de conférences à l'UMMTO**

**Présidente : Madame BEDOUHENE S. Maitre de conférences à l'UMMTO**

**Examinatrice : Madame SENANI N. Maitre de conférences à l'UMMTO**

**Année universitaire : 2022/2023.**

## ***Remerciement***

***"Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.***

***Tout d'abord, je tiens à remercier ma promotrice, Madame DERMECHE Samia, pour ses conseils avisés, son soutien inconditionnel et sa disponibilité tout au long de ce projet. Ses retours constructifs et son expertise ont été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail.***

***Je souhaite également remercier Mesdames BEDOUHENE Samia et SENANI Nassima, les membres de mon jury, pour leur temps, leur implication et leurs remarques pertinentes. Je suis reconnaissant de l'opportunité qu'ils m'ont offerte de présenter mon travail devant eux.***

***Je remercie également mes collègues et ami(e)s, pour leur amitié, leur soutien moral et leurs encouragements. Leurs discussions et leurs conseils m'ont permis de surmonter les moments de doute et de trouver la motivation nécessaire pour avancer.***

## *Dédicaces*

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance à ma famille, pour leur amour, leur soutien et leur compréhension tout au long de mes études.*

*Leur encouragement et leur confiance ont été des sources de motivation constantes.*

*Je suis reconnaissant envers toutes ces personnes pour leur contribution à la réalisation de ce mémoire. Leurs conseils, leur soutien et leur amitié ont été d'une importance capitale dans la réussite de ce projet. Je leur suis très reconnaissante."*

# Table des matières

---

## Remerciements

## Dédicace

## Résumé

Introduction générale..... 1

### **Chapitre I : Composition chimique et propriétés nutritionnelles des produits de la ruche**

I.Le miel ..... 2

I.1.Présentation des composants principaux du miel ..... 2

I.2.Etude des propriétés nutritionnelles du miel et son impact sur la santé humaine..... 3

**II.La cire d'abeille** ..... 4

II.1.Composition chimique..... 6

II.2 Propriétés physiques de la cire d'abeille ..... 6

II.3.Applications de la cire d'abeille dans différents secteurs et dans la biochimie appliquée..... 6

**III. La gelée royale** ..... 7

III.1. Composition chimique et propriétés nutritionnelles de la gelée royale ..... 7

III.1.1. Composition chimique..... 7

III.1.2. Propriétés nutritionnelles ..... 9

IV. La propolis ..... 10

IV.1.Présentation de la propolis ..... 10

IV.2. Contexte et historique de l'utilisation de la propolis ..... 10

IV.2.1. Utilisation traditionnelle de la propolis..... 10

IV.3. Propriétés connues de la propolis..... 11

IV.4. Recherches scientifiques sur la propolis : ..... 12

IV.5.Composition chimique de la propolis ..... 13

IV.5.1.Les principaux constituants..... 13

### **Chapitre II. Valorisation des produits de la ruche**

I. Méthodes de valorisation ..... 14

## Table des matières

---

I.1. Valorisation en tant que fertilisant biologique .....	14
I.2. Valorisation en tant qu'aliment pour les animaux .....	14
I.3. Valorisation en tant que produits cosmétiques biologiques .....	14
I.4. Valorisation des biomolécules contenues dans les produits de la ruche .....	15
I.5. Valorisation en tant que produits thérapeutiques .....	16
I.5.1. Le miel .....	16
I.5.2. La cire d'abeille .....	16
I.5.3. La gelée royale .....	17
I.5.4. La propolis .....	17
<b>II. Utilisation des produits de la ruche dans le traitement des maladies .....</b>	<b>18</b>
II.1. Infections respiratoires .....	18
II.2. Allergies .....	18
II.3. Problèmes de peau .....	19

### Chapitre III.

#### Aperçu sur les études biochimiques et microbiologiques menées sur les produits de la ruche

<b>I. Analyse biochimique .....</b>	<b>20</b>
I.1. Objectif de l'étude biochimique des produits de la ruche .....	20
I.2. Méthodes d'analyse utilisées .....	21
<b>II. Étude microbiologique .....</b>	<b>21</b>
II.1. Objectif de l'étude microbiologique des produits de la ruche .....	22
II.2. Méthodes Analyse Microbiologiques des produits de la ruche .....	22
II.3. Contrôle la qualité physico-chimique et microbiologique des produits fini de la ruche .....	23

### Partie expérimentale

<b>I. Objectif et lieu d'étude .....</b>	<b>24</b>
<b>II. Matériel et méthodes .....</b>	<b>24</b>
II.1. Matériel .....	24
II.1.1. Produits biologiques, chimiques et réactifs .....	24
II.1.2. Appareils de mesure, verreries et consommables .....	24

## **Table des matières**

---

II.2. Méthodes .....	25
II.2.1.Échantillonnage de la propolis, des opercules et de la cire d'abeilles.....	25
II.2.2.Préparation des échantillons .....	25
II.2.3.Extraction des composés phénoliques .....	25
II.2.4.Dosage des polyphénols totaux .....	26
II.2.5. Evaluation de l'activité antioxydante par le test au radical DPPH.....	27
II.2.6. Evaluation de l'activité antibactérienne .....	28
II.2.7. Evaluation de l'activité antifongique .....	29
III. Résultats et discussion.....	30
III.1. Dosage des polyphénols totaux .....	30
III.2 Evaluation de l'activité antioxydante .....	31
III.3. Evaluation de l'activité antibactérienne .....	34
III.4. Evaluation de l'activité antifongique .....	37
Conclusion générale .....	43

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

## **Résumé**

Le présent mémoire se focalise sur l'étude de quelques activités biologiques de trois produits naturels issus de la ruche des abeilles : la propolis, les opercules et la cire. L'objectif principal de cette recherche est d'évaluer l'activité antioxydante et antimicrobienne de ces substances pour mettre en évidence leur potentiel en tant qu'agents thérapeutiques.

Dans cette étude, des extraits de propolis, d'opercules et de cire de ruches locales ont été préparés puis soumis à des tests d'évaluation de leurs activités biologiques. Les résultats obtenus ont démontré une forte capacité de la propolis et des opercules à neutraliser le radical libre : DPPH, suggérant ainsi son potentiel dans la prévention de certaines maladies liées au stress oxydatif. La cire d'abeille possède également une activité antioxydante notable, bien que moins prononcée que celle de la propolis. De plus, une certaine activité antimicrobienne de la cire d'abeille a été observée, ainsi son effet inhibiteur soit moins marqué que celui de la propolis. Les résultats ont aussi démontré une activité antimicrobienne et antifongique prometteuse pour la propolis, soulignant son potentiel dans le domaine de la lutte contre les infections microbiennes et fongiques.

En conclusion, cette étude met en évidence le potentiel antioxydant et antimicrobien de la propolis, des opercules et de la cire d'abeille. Ces résultats sont encourageants et méritent d'être explorés davantage.

**Mots-clés :** Propolis / Cire/ Opercules/Ruche/ Activité antioxydante /activité antimicrobienne

## **Summary**

This dissertation focuses on the study of some biological activities of three natural products from the beehive: propolis, cappings, and beeswax. The primary objective of this research is to evaluate the antioxidant and antimicrobial activity of these substances to highlight their potential as therapeutic agents.

In this study, extracts from local propolis, cappings, and beeswax were prepared and subjected to tests to assess their biological activities. The results demonstrated a strong ability of propolis and cappings to neutralize the free radical DPPH, suggesting their potential in preventing certain diseases related to oxidative stress. Beeswax also exhibited noteworthy antioxidant activity, although less pronounced than that of propolis. Furthermore, some antimicrobial activity of beeswax was observed, although its inhibitory effect was less pronounced than that of propolis. The results also showed promising antimicrobial and antifungal activity for propolis, highlighting its potential in the field of combating microbial and fungal infections.

In conclusion, this study highlights the antioxidant and antimicrobial potential of propolis, cappings, and beeswax. These results are encouraging and deserve further exploration in future research.

**Keywords:** Propolis / Beeswax / Cappings / Hive / Antioxidant activity / Antimicrobial activity

## Liste des abréviations

---

- g : gramme.
- mg : milligramme.
- kj : kilojoule.
- kcal : kilocalorie.
- VNR : Valeurs Nutritionnelles de Référence.
- 10-HDA : Acide 10-hydroxy-2-décénoïque.
- HPLC : Chromatographie liquide à haute performance (High-Performance Liquid Chromatography en anglais).
- RMN : Résonance magnétique nucléaire (Nuclear Magnetic Resonance en anglais).
- UV : Ultraviolet, faisant référence aux rayons ultraviolets utilisés pour mesurer l'absorption de la lumière dans la spectrophotométrie.
- PCR : Réaction en chaîne par polymérase (Polymerase Chain Reaction en anglais).
- EN : Norme européenne.
- ADN : Acide désoxyribonucléique.
- pH : Potentiel Hydrogène.
- DPPH : 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle.
- EC50 : Concentration efficace à 50%.
- nm : nanomètre.
- min : minute.
- µl : microlitre.
- DO : densité optique.
- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : carbonate de sodium.
- MH : Mueller-Hinton.
- °C : degré Celsius (unité de mesure de la température).
- *S. aureus* : *Staphylococcus aureus*.
- *P. aeruginosa*: *Pseudomonas aeruginosa*.

## Liste des figures

---

<b>Figure 01.</b> Composition du miel.....	2
<b>Figure 02.</b> Composition de la cire d'abeilles .....	5
<b>Figure 03.</b> Contenu de la gelée royale .....	8
<b>Figure 04.</b> Propriétés biologiques de la propolis .....	11
<b>Figure 05.</b> Composition de la propolis .....	13
<b>Figure 06.</b> Analyses réalisées en laboratoire de microbiologie.....	23
<b>Figure 07.</b> pourcentage de réduction du DPPH obtenus pour différentes dilutions des extraits de la propolis .....	34
<b>Figure08.</b> Témoins des cultures fongiques.....	37
<b>Figure09.</b> Evaluation de l'activité antifongique vis-à-vis de <i>Penicillium sp</i> 1 .....	38
<b>Figure 10.</b> Evaluation de l'activité antifongique vis-à-vis de <i>Penicillium sp</i> 2.....	39

## Liste des Tableaux

---

<b>Tableau 01.</b> Composition moyenne du miel .....	3
<b>Tableau 02.</b> Valeurs nutritionnelles et caloriques du miel .....	3
<b>Tableau 03.</b> Caractéristiques physico-chimiques de la cire d'abeille .....	6
<b>Tableau 04.</b> Propriétés nutritionnelles de la gelée royale .....	9
<b>Tableau 05.</b> Produits chimiques, réactifs, solvants organiques et milieux de culture.....	24
<b>Tableau 06.</b> Appareils de mesure utilisés.....	25
<b>Tableau 07.</b> Concentration en polyphénols totaux contenus dans les échantillons Testés.....	30
<b>Tableau 08.</b> Absorbance et pourcentage obtenus lors du test de l'activité antioxydante des différents échantillons.....	32
<b>Tableau 09.</b> Diamètres des zones d'inhibition (cm) enregistrés pour les échantillons vis-à-vis des différentes bactéries testées .....	35



# **Introduction générale**

## Introduction générale

---

Les infections et les problèmes liés à l'antibio-résistance sont des défis majeurs dans le domaine de la santé publique, l'utilisation excessive d'agents chimiques désinfectants toxiques soulève des préoccupations environnementales et de santé. Dans ce contexte, il est essentiel de trouver des solutions et des alternatives plus sûres et efficaces pour lutter contre les infections et promouvoir la santé humaine.

Les produits naturels ont gagné en popularité ces dernières années en raison de leur origine naturelle et de leur potentiel d'utilisation sans effets secondaires indésirables. Parmi ces produits naturels, les produits de la ruche des abeilles, tels que le miel, la propolis, la cire et la gelée royale, ont été largement utilisés en médecine traditionnelle en raison de leurs propriétés médicinales. Dans ce contexte, le présent manuscrit porte sur la valorisation des produits de la ruche, il est scindé en deux parties :

En premier lieu, est présentée une étude bibliographique se focalisant sur les effets bénéfiques de ces produits, leur valorisation, leur potentiel en tant que source de nouveaux médicaments et thérapies, en mettant l'accent sur les composants bioactifs qu'ils contiennent et leur impact sur la santé humaine. Les méthodes d'extraction et de purification des composants bioactifs à partir des produits de la ruche ainsi que les avancées technologiques récentes dans ce domaine sont également présentées.

En second lieu, une partie expérimentale portant sur l'évaluation des propriétés des produits de la ruche tels que la propolis, l'opercule et la cire d'abeille. Différentes analyses sont réalisées pour évaluer leurs composants bioactifs et leur potentiel thérapeutique. Tout d'abord, le dosage des polyphénols est effectué afin de quantifier ces composés connus pour leurs effets bénéfiques sur la santé. Ensuite, l'activité antioxydante est évaluée par le biais de tests tels que le pouvoir réducteur et le piégeage des radicaux libres, permettant de mesurer la capacité des produits de la ruche à neutraliser les radicaux libres nocifs. De plus, les activités antibactériennes et antifongiques sont évaluées pour l'ensemble des échantillons.

Enfin, le manuscrit s'achève par une conclusion permettant de présager le développement de nouveaux médicaments et thérapies plus sûrs et efficaces dans la lutte contre les infections et la promotion de la santé publique.

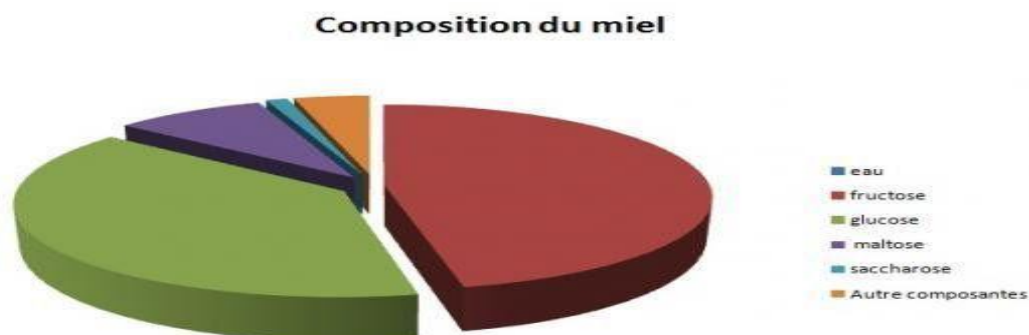


**Chapitre I**  
**Composition chimique et propriétés**  
**nutritionnelles des produits de la**  
**ruche**

### I. Le miel

#### I.1. Présentation des composants principaux du miel

Le miel est un produit sucré naturellement, composé principalement de glucose et de fructose. Il est produit par les abeilles à partir du nectar des fleurs et présente une grande variété de composants bénéfiques pour la santé



**Figure 01.** Composition du miel (Lyon, 1985).

Le miel est un produit de la ruche composé principalement de sucres simples, tels que le fructose et le glucose, qui représentent environ 80 % de son poids sec comme cité dans le tableau 01.

Les acides aminés présents dans le miel sont essentiels à la croissance et à la réparation des tissus corporels. Certains acides aminés, tels que la proline et la glycine, sont particulièrement abondants dans le miel (Smith et al, 2021).

Le miel contient également des vitamines du groupe B, telles que la niacine, la riboflavine et la thiamine, ainsi que de petites quantités de vitamine C et de vitamine E. En termes de minéraux, le miel contient du potassium, du calcium, du magnésium, du phosphore, du fer, du zinc et du cuivre (Smith et al, 2021); ainsi des antioxydants, tels que les polyphénols, qui sont des composés végétaux bénéfiques pour la santé. Les polyphénols présents dans le miel ont des propriétés anti-inflammatoires, antivirales et anticancéreuses.

Enfin, le miel contient des composés phénoliques, tels que l'acide caféique, qui ont des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires (Vázquez et al, 2021).

**Tableau 01.** Composition moyenne du miel (Lyon ,1985).

Composant	Pourcentage
Glucides	77-82
Eau	17-20
Protéines	0,3-05
Sels minimaux	0,1-0,2

### I.2. Etude des propriétés nutritionnelles du miel et son impact sur la santé humaine

L'étude des propriétés nutritionnelles du miel et de son impact sur la santé humaine revêt une importance croissante. En effet, cette substance naturelle est reconnue pour ses multiples bienfaits pour la santé, tant sur le plan nutritionnel que sur celui de la prévention de certaines maladies.

**Tableau 02.** Valeurs nutritionnelles et caloriques du miel (Ciquel, 2020).

Nutriments	Teneur moyenne (pour 100g de miel)
Energie	304 kcal
Eau	17,6 g
Protéines	0,56 g
Glucides	81,7 g
Lipides	0 g
Calcium	7,93 mg
Cuivre	0,017 mg
Fer	0,18 mg
Iode	0,5 µg
Magnésium	4,26 mg
Manganèse	0,16 mg
Phosphore	5,6 mg
Potassium	70,3 mg

Sélénium	< 10 µg
Sodium	4,11 mg
Zinc	0,098 mg
Vitamine C	0,8
Vitamine B2 ou Riboflavine	0,069
Vitamine B3 ou PP ou Niacine	0,11
Vitamine B5 ou Acide pantothénique	0,069
Vitamine B6	0,092
Vitamine B9 ou Folates totaux	2

En plus des glucides et des acides aminés, et comme cité dans le tableau 02, le miel contient des vitamines du groupe B telles que la niacine, la riboflavine et la thiamine, ainsi que de petites quantités de vitamine C et de vitamine E. En termes de minéraux, le miel est riche en potassium, en calcium, en magnésium et en fer (Nabila et al, 2023).

Les antioxydants présents dans le miel, tels que les polyphénols, ont des propriétés anti-inflammatoires et aident à protéger les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres (Šubert et al, 2022).

Il peut être utilisé pour traiter les brûlures, les plaies et les infections. Certaines études ont également suggéré que le miel pourrait aider à réduire le risque de maladies cardiovasculaires, à améliorer la digestion et à renforcer le système immunitaire (Hassan et al, 2023).

### II. La cire d'abeille

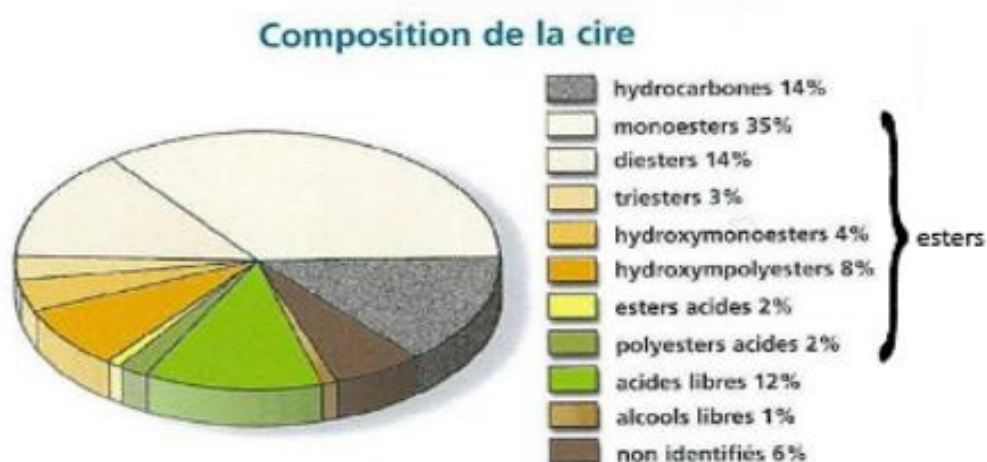
La cire d'abeille est une substance naturelle produite par les abeilles. Elle est généralement utilisée par les abeilles pour construire leurs rayons dans la ruche, où elles élèvent leur couvée et stockent leur miel et leur pollen. La cire d'abeille est également utilisée par les abeilles pour sceller les cellules de miel, les protégeant ainsi de l'humidité et des contaminants (Descotte et al, 2020).

Dans une ruche d'abeilles, les abeilles produisent du miel en collectant le nectar des fleurs et en le transformant grâce à un processus de digestion et de régurgitation. Une fois que le nectar est suffisamment concentré, les abeilles le stockent dans les alvéoles des cadres de

ruche. Pour protéger le miel stocké, les abeilles utilisent de la cire pour sceller les alvéoles. Cette couche de cire est appelée opercule. L'opercule est donc une fine couche de cire que les abeilles utilisent pour fermer hermétiquement les alvéoles où elles stockent le miel (Descotte et al, 2020).

### II.1. Composition chimique de la cire d'abeille

La cire produite par les abeilles est un matériau d'une grande importance et polyvalence. Sa composition chimique variée lui confère des propriétés uniques en faisant d'elle un élément essentiel dans de nombreux domaines.



**Figure 02.** Composition de la cire d'abeille (Alexandre et al, 2015).

Comme décrit dans la figure 02, la cire d'abeille est composée d'un mélange complexe de lipides naturels, tels que des acides gras, des esters, des alcools et des hydrocarbures. Les composants principaux de la cire d'abeille sont les esters de longue chaîne, qui sont formés par l'estérification des acides gras et des alcools.

La cire d'abeille contient également des acides gras saturés, tels que l'acide palmitique, l'acide stéarique et l'acide arachidique, ainsi que des acides gras insaturés, tels que l'acide oléique et l'acide linoléique (Szulc et al, 2020). Ces acides gras sont importants car ils confèrent à la cire d'abeille des propriétés physiques spécifiques, telles que sa texture et sa dureté.

Les alcools présents dans la cire d'abeille sont principalement des alcools gras, tels que l'alcool ceryl, l'alcool myristique et l'alcool cétylique (Szulc et al, 2020). Ces alcools ont des propriétés émulsifiantes, ce qui signifie qu'ils aident à mélanger l'eau et l'huile, rendant ainsi la cire d'abeille utile dans la production de produits cosmétiques.

Les hydrocarbures présents dans la cire d'abeille comprennent principalement des

## **Chapitre I Composition chimique et propriétés nutritionnelles des produits de la ruche**

alcanes linéaires, tels que l'hentriacontane et le tritriacontane. Selon Martin et al (2020), ces hydrocarbures sont responsables de la propriété de la cire d'abeille d'être insoluble dans l'eau. Enfin, la cire d'abeille contient également des pigments, tels que le beta-carotène, qui lui donne sa couleur jaune caractéristique (Martin et al, 2020).

### **II.2. Propriétés physiques de la cire d'abeille**

La cire d'abeille est une substance naturelle produite par les abeilles. Elle se caractérise par ses propriétés physiques uniques.

**Tableau 03.** Caractéristiques physico-chimiques de la cire d'abeilles (Bogdanov et al, 2019).

<b>Caractéristiques physico-chimiques</b>
<b>Densité :</b> 0,950 - 0,965
<b>Indice de réfraction (à 75°C) :</b> 1,440-1,445
<b>Point de fusion :</b> 62,5- 65
<b>Indice d'acidité (% d'acide oléique) :</b> 18–23
<b>Indice de saponification (mg/g) :</b> 87–104
<b>Indice de peroxyde (mégO<sub>2</sub>/Kg) &gt; 8</b>
<b>Indice d'iode (mg d'iode) --- Esters(%) :</b> 45 -55
<b>Hydrocarbures(%) :</b> 15 -18
<b>Acides libres(%) :</b> 15-18
<b>Alcools(%) :</b> 1-2
<b>Teneur en eau (%) &lt; 1</b>
<b>Autres substances(%) :</b> 5-10

### **II.3. Applications de la cire d'abeille dans différents secteurs**

La cire d'abeille est un produit naturel aux multiples applications dans divers secteurs. Dans le domaine cosmétique, elle est utilisée dans la fabrication de crèmes, baumes à lèvres, rouges à lèvres, fonds de teint, et bien d'autres produits. Elle agit comme un émollient naturel qui hydrate et adoucit la peau, tout en préservant les formulations des produits (Imran, 2020).

Dans l'industrie alimentaire, la cire d'abeille est utilisée comme additif pour donner une texture lisse et brillante à certains aliments tels que les bonbons, les chewing-gums et les fruits confits. Elle est également utilisée pour sceller les pots de miel et de confiture (Pérez-Vergara et al, 2020).

## **Chapitre I Composition chimique et propriétés nutritionnelles des produits de la ruche**

---

Dans l'industrie, la cire d'abeille est utilisée comme agent de polissage. Elle sert également à lubrifier les fils et les chaînes, ainsi qu'à protéger les surfaces métalliques contre la corrosion (Imran, 2020).

En biochimie appliquée, la cire d'abeille trouve diverses applications. Tout d'abord, elle est utilisée dans le domaine de la microscopie pour la création de blocs de paraffine destinés à l'incorporation de tissus biologiques. En mélangeant la cire d'abeille à de la paraffine, on obtient un bloc plus solide qui peut être découpé en sections minces pour être observé au microscope (Dupont, 2021).

La cire d'abeille est également employée dans la chromatographie, plus précisément dans la chromatographie en phase gazeuse (CPG). Elle est utilisée comme phase stationnaire dans les colonnes de CPG, permettant ainsi de séparer les composés chimiques en fonction de leur volatilité (Dupont, 2021).

Un autre domaine d'application de la cire d'abeille en biochimie est la conservation des échantillons biologiques tels que les graines, les spores et les tissus. Elle joue un rôle important en protégeant ces échantillons contre la dessiccation, les dommages mécaniques et la croissance de moisissures et de bactéries (Dupont, 2021).

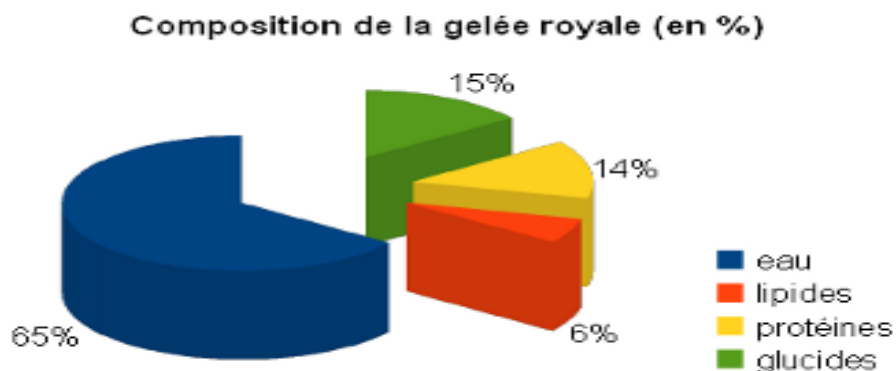
Ainsi l'opercule a plusieurs fonctions essentielles. Tout d'abord, il protège le miel des contaminants extérieurs tels que la poussière, les insectes ou l'humidité. De plus, l'opercule préserve la fraîcheur et la qualité du miel en le maintenant isolé de l'air ambiant. Il agit comme un couvercle hermétique (El Agrebi et al, 2020).

### **III. La gelée royale**

#### **III.1. Composition chimique et propriétés nutritionnelles de la gelée royale**

##### **III.1.1. Composition chimique**

La gelée royale, produit précieux des abeilles, est reconnue pour sa composition chimique complexe et ses propriétés nutritionnelles exceptionnelles. Avec ses vitamines, minéraux et autres composants bénéfiques, elle est considérée comme un véritable trésor pour la santé et le bien-être.



**Figure 03.** Contenu de la gelée royale (Vittek, 1995).

La gelée royale, ce précieux produit sécrété par les abeilles, présente une composition chimique qui peut varier en fonction de différents facteurs tels que l'âge des abeilles, la saison et les conditions environnementales (Bagameri et al, 2022).

Tout d'abord (selon figure 03), l'eau constitue la majeure partie de la gelée royale, représentant environ 60 à 70% de sa composition. Les glucides sont également abondants, représentant environ 10 à 15%. On y trouve principalement des glucides tels que le glucose, le fructose et des sucres complexes comme le saccharose.

La gelée royale est également une source importante de protéines, qui représentent environ 10 à 15% de sa composition. Les protéines de la gelée royale contiennent tous les acides aminés essentiels nécessaires à l'organisme.

Les lipides, ou graisses, sont présents dans la gelée royale en quantités plus faibles, représentant environ 3 à 6% de sa composition. Les lipides présents sont principalement des acides gras insaturés, notamment l'acide 10-hydroxy-2-décénoïque (10-HDA), considéré comme un composant unique de la gelée royale (Bagameri et al, 2022).

En termes de vitamines, la gelée royale est riche en vitamines du groupe B, vitamine C, vitamine D, vitamine E et vitamine K (tableau 04). La gelée royale contient également une variété de minéraux essentiels tels que le calcium, le fer, le potassium, le cuivre et le zinc (tableau 04).

En plus de ces nutriments, la gelée royale renferme des composés phytochimiques bénéfiques tels que des flavonoïdes, des acides phénoliques et des enzymes. Ces composés confèrent à la gelée royale des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires (Sidor et al, 2021).

### III.1.2. Propriétés nutritionnelles

La gelée royale est riche en nutriments et contient une variété de composés bénéfiques pour la santé, tels que des acides aminés (protéines), des vitamines, des minéraux, des antioxydants et des acides gras (Chen et al, 2023).

**Tableau 04.** Propriétés nutritionnelles de la gelée royale (Anonyme 1).

Nutriments	Composition pour 100g de gelée royal	Valeur nutritionnelle pour 100g de gelée royal
Lipides	4.2g	154.5kj/37.6kcal
Glucides	13.2g	221.4kj/52.8kcal
Protéines	13.9g	233.1KJ/55.6kcal
Sels	0.01313g	0.3KJ/0.1kcal
Vitamine B1	0.51mg	46% VNR
Vitamine B2	0.96mg	69% VNR
Vitamine B3	5.4mg	34% VNR
Vitamine B5	10.5mg	175% VNR
Vitamine B6	0.47mg	34% VNR
Vitamine B8	0.107mg	214% VNR
Vitamine B9	0.044mg	22% VNR
Cuivre	0.51mg	51% VNR
Phosphore	215mg	31% VNR
Zinc	2.22mg	22% VNR
Valeur énergétique	633.5 kj/150.3kcal	

D'après les recherches de Bagameri et al. (2022). la gelée royale possède de nombreuses propriétés nutritionnelles bénéfiques pour la santé. Elle constitue une excellente source de protéines, indispensables à la croissance et à la réparation des tissus corporels. En effet, elle contient un large éventail d'acides aminés essentiels et non essentiels, tels que la méthionine, la lysine, la leucine, la valine et l'acide glutamique (Bagameri et al, 2022). Ces acides aminés jouent un rôle crucial dans de nombreuses fonctions corporelles en tant que composants fondamentaux des protéines.

## **Chapitre I Composition chimique et propriétés nutritionnelles des produits de la ruche**

---

La gelée royale est également une précieuse source de vitamines, comprenant les vitamines B, C, D et E (tableau 04), essentielles pour maintenir la santé et le bien-être général de l'organisme. De plus, elle renferme divers minéraux importants nécessaires à la santé des os, des muscles et des cellules.

Les acides gras essentiels, notamment l'acide 10-hydroxy-2-décénoïque (10-HDA) présents dans la gelée royale, jouent un rôle crucial dans le développement et le maintien de la santé du cerveau et du système nerveux (Chen et al, 2023).

Enfin, la gelée royale est riche en antioxydants, qui sont des composés bénéfiques pour la santé. Ces antioxydants aident à protéger les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres, contribuant ainsi à prévenir le stress oxydatif et le vieillissement prématuré (Chen et al, 2023).

### **IV. La propolis**

#### **IV.1.Présentation de la propolis**

La propolis est une substance résineuse produite par les abeilles à partir de la sève des arbres. Les abeilles mélangent cette résine avec de la cire d'abeille, du pollen et des enzymes pour créer la propolis

La propolis est utilisée par les abeilles pour protéger leur ruche contre les infections et les bactéries. Elle a des propriétés antibactériennes, antivirales, antifongiques et anti-inflammatoires. Selon Bobiş et al, (2023), en raison de ses propriétés antimicrobiennes, la propolis est utilisée en médecine traditionnelle depuis des siècles pour traiter de nombreuses affections, notamment les infections respiratoires, les infections de la peau et les plaies.

#### **IV.2.Contexte et historique de l'utilisation de la propolis**

##### **IV.2.1. Utilisation traditionnelle de la propolis**

Depuis des siècles, la propolis est utilisée dans la médecine traditionnelle pour traiter diverses affections. Voici quelques exemples d'utilisation traditionnelle de la propolis : Tout d'abord, selon Zuhendri et al. (2022). la propolis est souvent employée pour traiter les infections respiratoires telles que la bronchite, la sinusite et la grippe. Ses propriétés antibactériennes et antivirales en font un remède efficace contre les micro-organismes responsables de ces infections.

La propolis est également utilisée pour soigner les plaies et les brûlures en raison de ses propriétés antiseptiques et cicatrisantes. Elle aide à prévenir les infections et favorise la guérison des tissus endommagés (Saritaş et al, 2022).

En ce qui concerne les douleurs dentaires, selon AlQahtani (2023), la propolis est

souvent employée pour soulager les symptômes causés par les caries et les infections dentaires. Elle possède des propriétés anti-inflammatoires et antibactériennes qui peuvent réduire l'inflammation et tuer les bactéries responsables de ces problèmes dentaires.

Un autre usage traditionnel de la propolis est son action sur l'immunité. Elle est réputée pour stimuler le système immunitaire et renforcer la résistance de l'organisme aux infections. (Saritaş et al, 2022). Ainsi, elle peut contribuer à prévenir les maladies et favoriser une récupération plus rapide en cas d'infection.

### IV.3. Propriétés bénéfiques connues de la propolis

La propolis est réputée pour ses nombreuses propriétés bénéfiques pour la santé (figure 04). Tout d'abord, la propolis possède des propriétés antibactériennes puissantes. Elle peut aider à éliminer les bactéries pathogènes responsables des infections, contribuant ainsi à la lutte contre diverses affections (Lim et al, 2023).



**Figure 04.** Propriétés biologiques de la propolis (Anonyme 2).

De plus, la propolis présente des propriétés antivirales, ce qui signifie qu'elle peut être utile pour prévenir et traiter les infections virales telles que la grippe et le rhume (Conte et al, 2022).

La propolis est également reconnue pour ses propriétés antifongiques. Elle peut aider à traiter les infections fongiques de la peau, des ongles et des muqueuses en inhibant la croissance des champignons responsables de ces affections (Lim et al, 2023).

En outre, la propolis présente des propriétés anti-inflammatoires, contribuant à réduire l'inflammation et la douleur dans le corps (Conte et al, 2022). Cela peut être particulièrement bénéfique dans le cadre de certaines affections inflammatoires.

La propolis est riche en antioxydants, ce qui lui confère des propriétés antioxydantes. Les antioxydants aident à protéger les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres, qui sont des molécules instables susceptibles de causer des dommages cellulaires et de contribuer au vieillissement prématuré et à diverses maladies (Ibrahim et al, 2022).

Enfin, la propolis présente des propriétés immunomodulatrices, ce qui signifie qu'elle peut aider à stimuler le système immunitaire et à améliorer la réponse immunitaire de l'organisme. Cela peut renforcer la capacité de l'organisme à se défendre contre les infections et les maladies (De Oliveira Cardoso et al, 2022).

Des études ont suggéré que la propolis peut stimuler la réponse immunitaire en augmentant la production de cytokines, qui sont des molécules impliquées dans la régulation de l'activité des cellules immunitaires, comme l'ont souligné Rebouças-Silva et al. (2023).

#### **IV.4. Recherches scientifiques sur la propolis**

La propolis a fait l'objet de nombreuses recherches scientifiques qui ont révélé ses divers effets bénéfiques pour la santé. Tout d'abord, la propolis a montré des effets antimicrobiens contre différentes souches de bactéries, de champignons et de virus. Ces propriétés antimicrobiennes en font une alternative potentielle aux antibiotiques dans certains cas (Lim et al, 2023).

De plus, la propolis a démontré des effets anti-inflammatoires en réduisant la production de cytokines inflammatoires et en inhibant la libération d'histamine (Conte et al, 2022). Ces effets anti-inflammatoires peuvent contribuer à atténuer les symptômes de diverses affections inflammatoires.

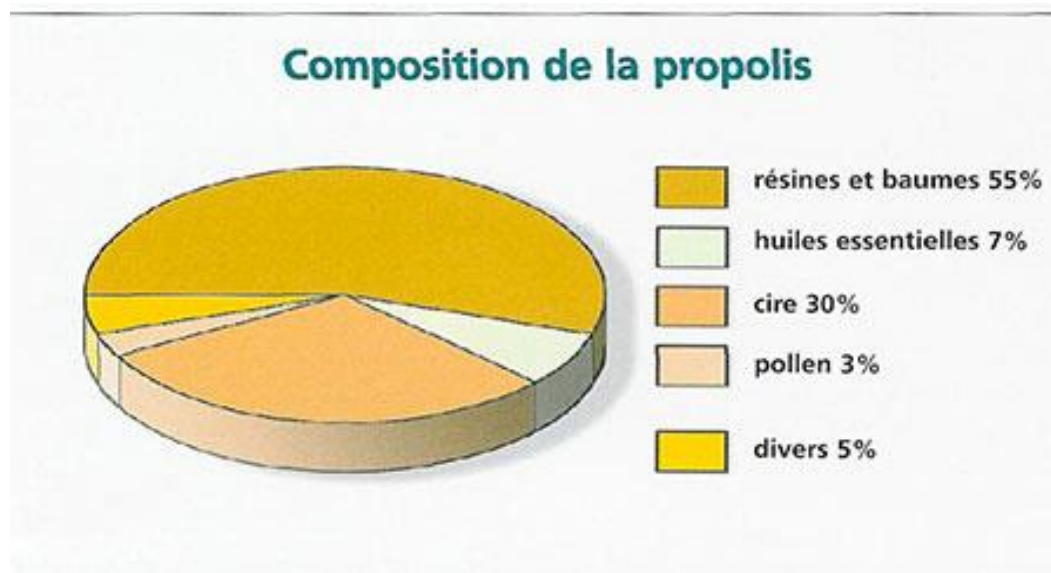
La propolis possède également des propriétés antioxydantes, ce qui signifie qu'elle peut protéger les cellules contre les dommages oxydatifs. En tant que complément alimentaire, elle peut contribuer à prévenir les maladies liées au vieillissement (Ibrahim et al, 2022).

Des études ont également démontré que la propolis peut accélérer la cicatrisation des plaies en stimulant la production de collagène et en réduisant l'inflammation (Saritaş et al, 2022). Ces propriétés cicatrisantes en font un agent potentiel pour favoriser la guérison des blessures cutanées.

Enfin, certaines recherches ont suggéré que la propolis pourrait avoir des effets anticancéreux. Elle peut induire l'apoptose, c'est-à-dire la mort cellulaire programmée, dans les cellules cancéreuses, tout en inhibant leur prolifération (De Oliveira Cardoso et al, 2022).

### IV.5. Composition chimique de la propolis

La propolis est un mélange complexe de résines végétales collectées par les abeilles, enrichi avec des sécrétions salivaires et des enzymes. Sa composition chimique variée confère à la propolis ses propriétés médicinales et antimicrobiennes.



**Figure 05.** Composition de la propolis (Sauvager, 2017).

#### IV.5.1. Les principaux constituants

Selon une revue de phytothérapie menée par Zuhendri (2022), les principaux constituants de la propolis peuvent varier en fonction de la région géographique et des plantes dont elle provient. Cependant, voici une liste des principaux composants que l'on peut trouver dans la propolis Zuhendri (2022).

Les flavonoïdes sont des antioxydants naturels présents dans les plantes et ils sont également responsables de la couleur de la propolis. Les principaux flavonoïdes présents dans la propolis sont la quercétine, la kaempférol, l'acide caféique et l'acide férulique. Les acides phénoliques sont des composés organiques qui possèdent des propriétés antimicrobiennes et antioxydantes. Les principaux acides phénoliques présents dans la propolis sont l'acide caféique, l'acide cinnamique et l'acide benzoïque.

Les terpènes sont des composés organiques qui ont des propriétés antimicrobiennes et anti-inflammatoires. Les principaux terpènes présents dans la propolis sont le pinène, le limonène et l'eucalyptol.

Les acides gras sont des lipides qui possèdent des propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes. Les principaux acides gras présents dans la propolis sont l'acide linoléique et

## **Chapitre I Composition chimique et propriétés nutritionnelles des produits de la ruche**

l'acide oléique.

Les composés aromatiques sont des composés organiques qui confèrent à la propolis son odeur caractéristique. Les principaux composés aromatiques présents dans la propolis sont la vanilline, le cinéole et le phénol.



**Chapitre II**  
**Valorisation des produits de la**  
**ruche**

## **I. Méthodes de valorisation des produits de la ruche des abeilles**

### **I.1. Valorisation en tant que fertilisant biologique**

Le miel peut être utilisé comme source de nutriments pour les plantes, car il contient du glucose et du fructose, ainsi que des vitamines, des minéraux et des antioxydants. La cire d'abeille peut également être utilisée comme engrais naturel, car elle contient des esters gras qui peuvent améliorer la qualité du sol et favoriser la croissance des plantes (Aribi et al, 2020).

La gelée royale et la propolis peuvent également être utilisés comme fertilisants biologiques en raison de leurs propriétés antibactériennes et antifongiques, qui peuvent aider à protéger les plantes contre les maladies et les infections (Aribi et al, 2020).

L'utilisation de produits de la ruche comme fertilisants biologiques peut contribuer à réduire l'utilisation de produits chimiques et synthétiques dans l'agriculture, en fournissant une alternative naturelle et durable. Les produits de la ruche peuvent également aider à améliorer la qualité du sol, en augmentant la capacité de rétention d'eau et en améliorant la structure du sol (Escuredo et al, 2020).

### **I.2. Valorisation en tant qu'aliments pour les animaux**

Le miel, par exemple, peut être utilisé comme édulcorant naturel dans l'alimentation des animaux, tout en fournissant des glucides, des vitamines et des minéraux. Le miel peut également avoir des propriétés antibactériennes et antioxydantes qui peuvent aider à renforcer le système immunitaire des animaux (Lacour et al, 2020).

La gelée royale est souvent utilisée comme supplément alimentaire pour les animaux (chevaux, poisson d'aquarium, chiens,...), en raison de ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. La gelée royale peut aider à renforcer le système immunitaire des animaux et à améliorer leur santé en général (Vural et al, 2023).

La propolis peut également être utilisée comme complément alimentaire pour les animaux, en raison de ses propriétés antibactériennes et antifongiques. La propolis peut aider à prévenir les infections et à renforcer le système immunitaire des animaux (kabiloglu et al, 2023).

### **I.3. Valorisation en tant que produits cosmétiques biologiques**

Le miel est utilisé depuis des siècles pour ses propriétés hydratantes et apaisantes. Il peut être utilisé dans les crèmes hydratantes, les masques pour le visage, les baumes à lèvres et les shampooings pour aider à nourrir la peau et les cheveux (Fratini et al, 2020).

La propolis est une résine produite par les abeilles pour protéger leur ruche des infections. Elle possède des propriétés antibactériennes et antioxydantes qui en font un ingrédient idéal pour les produits de soins de la peau. La propolis est souvent utilisée dans les crèmes pour les mains, les baumes pour les lèvres et les produits pour le soin des ongles (Yang et al, 2023).

La gelée royale est produite par les abeilles pour nourrir leur reine. Elle est riche en vitamines, minéraux et acides aminés, ce qui en fait un ingrédient très nutritif pour la peau. La gelée royale est souvent utilisée dans les crèmes anti-âge pour aider à réduire les rides et améliorer la fermeté de la peau (Fratini et al, 2020).

Enfin, la cire d'abeille est un émollient naturel qui peut aider à hydrater et adoucir la peau. Elle est souvent utilisée dans les baumes pour les lèvres, les crèmes pour les mains et les lotions pour le corps (Yang et al, 2023).

#### **I.4. Valorisation des biomolécules contenues dans les produits de la ruche**

La valorisation des produits de la ruche en biochimie appliquée est un domaine en pleine croissance, car les produits de la ruche sont une source importante de molécules bioactives qui ont des applications potentielles dans de nombreux domaines de la biotechnologie et de la médecine (Dupont et al, 2021).

Selon Lesmana et al. (2022), la valorisation biochimique des produits de la ruche nécessite une extraction et une purification efficaces des molécules bioactives, ainsi que des méthodes de caractérisation pour identifier les composés actifs.

Le miel est riche en sucres naturels et peut être utilisé comme source de carbone pour la production de biomolécules telles que les acides organiques, les édulcorants naturels et les alcools supérieurs (Lesmana et al, 2022).

La propolis contient des flavonoïdes, des acides phénoliques et des huiles essentielles qui ont des propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et antioxydantes. Ces composés ont été utilisés pour le développement de nouveaux médicaments (Lesmana et al, 2022).

La gelée royale contient une variété de protéines, lipides, glucides, vitamines et minéraux, ainsi que des acides gras insaturés et des acides aminés. Elle a des effets bénéfiques sur la santé en raison de ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires (Kudłacik et al, 2023).

La cire d'abeille est riche en esters d'acides gras, en alcools gras et en hydrocarbures. Elle a des applications en tant qu'agent émulsifiant, stabilisant et épaississant dans les

cosmétiques, les produits pharmaceutiques et les aliments (Dupont et al, 2021).

### **I.5. Valorisation en tant que produits thérapeutiques**

#### **I.5.1. Le miel**

Le miel est riche en composés antibactériens, tels que le peroxyde d'hydrogène, la glucose oxydase et les polyphénols (Hossain et al, 2023). Ces composés aident à tuer les bactéries et à prévenir la croissance de bactéries dans les plaies et les infections.

La glucose oxydase présente dans le miel est responsable de la production de peroxyde d'hydrogène, qui contribue à ses propriétés antibactériennes (Sultanes et al, 2022).

Le miel est également riche en antioxydants, tels que les flavonoïdes et les acides phénoliques. Ces antioxydants aident à protéger les cellules du corps contre les dommages causés par les radicaux libres (Hossain et al, 2023) qui peuvent causer des maladies chroniques telles que le cancer et les maladies cardiaques.

En outre, le miel peut aider à réduire l'inflammation dans le corps en raison de ses propriétés anti-inflammatoires. Les composés anti-inflammatoires présents dans le miel peuvent aider à soulager les douleurs articulaires et musculaires, ainsi que les symptômes des affections inflammatoires telles que la sinusite et l'asthme (Bong et al, 2023).

#### **I.5.2. La cire d'abeilles**

La cire d'abeille est riche en vitamine A, qui est essentielle pour la santé de la peau, car elle favorise la régénération cellulaire et la production de collagène. La cire d'abeille est également riche en acides gras, qui sont essentiels pour maintenir l'hydratation de la peau et améliorer sa barrière protectrice naturelle (Dupont et al, 2021).

La cire d'abeille peut également être utilisée pour traiter les affections cutanées telles que l'eczéma et le psoriasis en raison de ses propriétés anti-inflammatoires, Elle peut aider à apaiser les démangeaisons et les irritations cutanées, ainsi qu'à hydrater la peau en profondeur Imran, M. (2020). Elle peut également aider à protéger la peau des infections en raison de ses propriétés antibactériennes.

En outre, la cire d'abeille peut être utilisée pour soulager les douleurs musculaires et articulaires en raison de ses propriétés anti-inflammatoires. Elle peut être utilisée dans la fabrication de baumes et de lotions pour masser les zones douloureuses, ce qui peut aider à soulager la douleur et à améliorer la circulation sanguine Imran, M. (2020).

Sur le plan de la biologie des abeilles, selon El Agrebi et al. (2020). l'analyse de l'opercule permet de mieux comprendre les habitudes de stockage et de scellage des abeilles, en étudiant sa structure, sa composition chimique et ses propriétés physiques. De plus, il peut

servir d'indicateur de la maturité et de la qualité du miel, en évaluant sa perméabilité, sa teneur en humidité et ses propriétés de conservation. Par le biais de recherches sur ses propriétés physicochimiques, telles que sa composition chimique, sa structure cristalline, ses propriétés mécaniques, thermiques et optiques, la cire d'abeille operculée peut contribuer à une meilleure compréhension de la cire d'abeille en général, ainsi qu'à son utilisation potentielle dans des domaines tels que les matériaux biodégradables, les revêtements ou les emballages. En outre, les propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et cicatrisantes de la cire d'abeille ouvrent des perspectives d'applications médicales et pharmaceutiques, notamment dans la cicatrisation des plaies, les pansements et les formulations pharmaceutiques.

### **I.5.3.La gelée royale**

La gelée royale est souvent utilisée pour améliorer l'énergie, la vitalité et la santé en général. Elle est également utilisée pour stimuler le système immunitaire et réduire le stress (Sargazi et al, 2023).

Elle peut être utilisée pour améliorer la santé de la peau et réduire les signes du vieillissement, ainsi que pour soulager les symptômes du syndrome prémenstruel (Kudłacik et al, 2023).

Les produits de la ruche, tels que la gelée royale, peuvent être valorisés en tant que compléments alimentaires ou ingrédients dans des produits thérapeutiques naturels, tels que les crèmes pour la peau ou les suppléments nutritionnels (Sargazi et al, 2023).

### **I.5.4.La propolis**

La propolis, comme l'ont découvert Mohamed et ses collègues en 2022, possède des propriétés thérapeutiques précieuses dans divers domaines.

Tout d'abord, elle est réputée pour son efficacité contre les infections de la peau, des voies respiratoires et des voies urinaires en raison de ses actions antibactériennes et antivirales.

De plus, la propolis démontre des propriétés anti-inflammatoires, ce qui en fait un allié précieux dans le traitement de troubles liés à l'inflammation, tels que l'arthrite, la sinusite, les douleurs menstruelles, et d'autres conditions similaires.

La propolis joue également un rôle important dans le renforcement du système immunitaire en stimulant la production de cellules immunitaires, renforçant ainsi les défenses naturelles de l'organisme.

Des études prometteuses ont évoqué la possibilité que la propolis puisse avoir des effets

anticancéreux en entravant la croissance des cellules cancéreuses. Elle montre également des propriétés antitumorales potentielles, avec des extraits de propolis qui ont inhibé la croissance des cellules cancéreuses dans des modèles animaux et en laboratoire.

En outre, la propolis a la capacité de prévenir les caries dentaires en limitant la croissance des bactéries responsables de leur formation, ce qui en fait un ingrédient envisageable pour les produits de soins bucco-dentaires.

La diversité des formes disponibles, telles que les capsules, les comprimés, les extraits liquides, les pommades et les gels, offre une flexibilité d'utilisation en fonction des besoins et des préférences individuelles (Bobiş et al, 2023).

## **II. Utilisation des produits de la ruche dans le traitement des maladies**

### **II.1. Infections respiratoires**

Deux produits issus de la ruche qui peuvent être utilisés pour soulager les symptômes de la toux et des affections respiratoires sont le miel et la propolis.

Le miel est un édulcorant naturel qui présente de nombreux composés bénéfiques tels que des antioxydants, des enzymes et des acides organiques. Lorsqu'il est consommé brut et non pasteurisé, le miel contient des niveaux plus élevés de ces composés actifs. Il peut être utilisé pour soulager la toux en formant un revêtement protecteur sur la gorge irritée, réduisant ainsi l'inflammation. De plus, le miel a des propriétés adoucissantes et hydratantes pour la gorge, ce qui peut aider à soulager la douleur et l'inconfort associés à la toux. Cependant, il est important de noter que le miel ne doit pas être donné aux enfants de moins d'un an en raison du risque de botulisme infantile (Kwon et al, 2022).

La propolis, quant à elle, contient des flavonoïdes, des acides phénoliques et des terpènes qui présentent des propriétés antimicrobiennes et anti-inflammatoires. La propolis peut être utilisée pour traiter la toux, la bronchite et la sinusite en réduisant l'inflammation des voies respiratoires et en aidant à tuer les bactéries ou les virus responsables de l'infection. Elle peut être utilisée sous forme de spray, de comprimé à sucer ou ajoutée à une boisson chaude pour un effet apaisant (Islam et al, 2020).

### **II.2. Allergies**

En plus du miel et de la propolis, la gelée royale est un autre produit issu de la ruche qui peut offrir des bienfaits pour les personnes souffrant d'allergies saisonnières.

La gelée royale est une substance riche en acides aminés, vitamines et minéraux qui peuvent aider à renforcer le système immunitaire et à réduire les réactions allergiques. En consommant de la gelée royale sous forme de complément alimentaire, il est possible de

bénéficier de ses propriétés immunostimulantes et de potentiellement atténuer les symptômes liés aux allergies saisonnières (Kang et al, 2020).

Il convient de souligner que bien que le miel puisse contenir de petites quantités de pollen, ceci peut aider à désensibiliser le système immunitaire aux allergènes (Kwon et al, 2022). De plus, la propolis a des propriétés anti-inflammatoires et antiallergiques qui peuvent aider à soulager les symptômes de l'allergie, notamment la congestion nasale et les éternuements. Elle peut être utilisée sous forme de spray nasal pour réduire l'inflammation et apporter un soulagement (Islam et al, 2020).

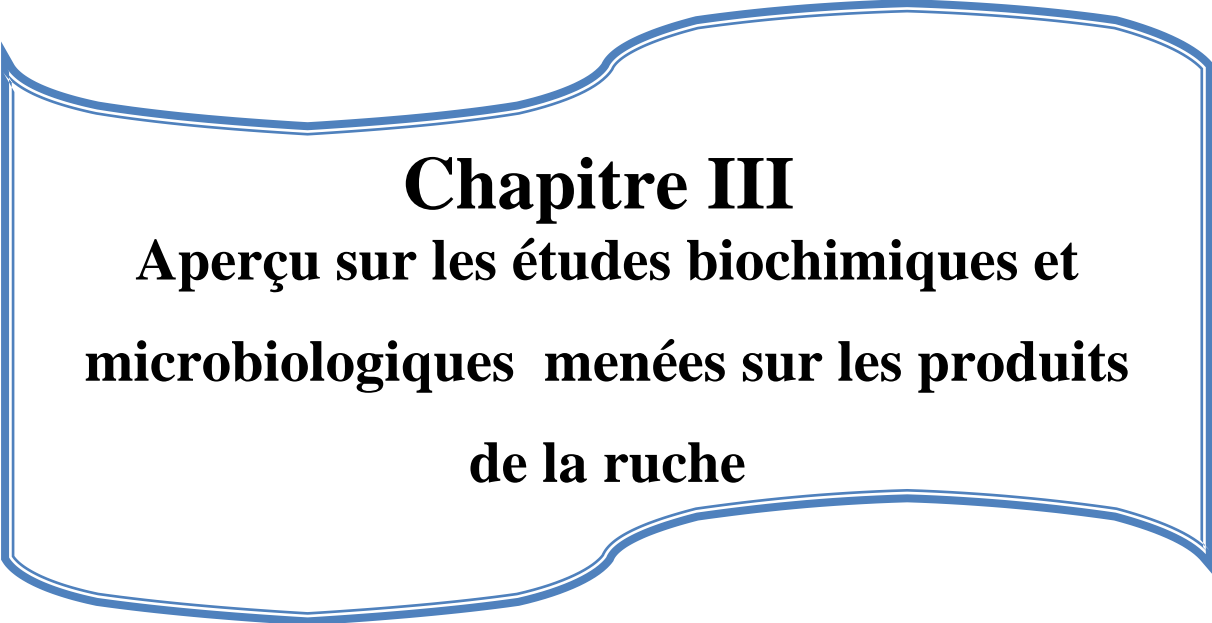
### **II.3.Problèmes de peau**

En plus du miel, de la propolis et de la gelée royale, d'autres produits issus de la ruche, tels que la cire d'abeille, peuvent également offrir des bienfaits pour la peau.

La cire d'abeille est un agent hydratant naturel qui peut aider à adoucir et à protéger la peau sèche. Elle forme une barrière protectrice sur la peau, aidant ainsi à retenir l'hydratation et à prévenir la déshydratation. De plus, la cire d'abeille a des propriétés anti-inflammatoires qui peuvent aider à réduire l'inflammation cutanée, apaisant ainsi les irritations et les rougeurs (Dupont et al, 2021).

Il convient de souligner que le miel est un autre ingrédient naturel aux propriétés bénéfiques pour la peau. Il possède des propriétés hydratantes, adoucissantes et antibactériennes, ce qui en fait un excellent choix pour apaiser et hydrater la peau sèche. De plus, le miel contient des antioxydants qui peuvent aider à protéger la peau contre les radicaux libres et à prévenir les dommages causés par l'environnement (Vázquez et al, 2021).

La propolis, quant à elle, possède des propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes qui peuvent aider à réduire l'inflammation cutanée et à protéger la peau contre les dommages causés par les radicaux libres (Islam et al, 2020). Elle peut être utilisée pour traiter l'acné, les irritations cutanées et les lésions cutanées légères. La propolis peut être appliquée directement sur la peau ou ajoutée à des produits de soins de la peau pour profiter de ses bienfaits antioxydants



**Chapitre III**  
**Aperçu sur les études biochimiques et**  
**microbiologiques menées sur les produits**  
**de la ruche**

## I. Analyse biochimique

L'étude biochimique des produits de la ruche est un domaine scientifique qui vise à comprendre la composition chimique des produits de la ruche. Elle consiste à identifier les différents composants bioactifs, et à comprendre leur rôle dans les propriétés thérapeutiques et nutritionnelles des produits de la ruche (Hernández-Castellano et al, 2020).

Les études biochimiques peuvent aider à identifier les différences de composition entre les produits de la ruche, en fonction de leur origine, de leur mode de production, de leur traitement et de leur stockage (Aylanc et al, 2021). Elles peuvent également aider à identifier les contaminations éventuelles des produits de la ruche par des polluants, des pesticides ou des métaux lourds.

### I.1.Objectif de l'étude biochimique des produits de la ruche

L'étude biochimique des produits de la ruche, tels que le miel, la gelée royale, la propolis et la cire d'abeille, vise à comprendre leur composition chimique et leurs propriétés. L'objectif principal est de caractériser les composés bioactifs présents dans les produits de la ruche, tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques, les acides gras, les protéines et les vitamines. Il s'agit de comprendre leur fonction biologique et d'évaluer leur potentiel thérapeutique (Hernández-Castellano et al, 2020).

Une autre facette importante de l'étude biochimique des produits de la ruche est l'évaluation de leur activité antibactérienne et antifongique, en particulier pour la propolis et la cire d'abeille. Cette activité est bien documentée, et l'objectif de l'étude biochimique est d'identifier les composés responsables de cette activité et de comprendre leur mode d'action. Ces informations peuvent être utilisées dans le développement de nouveaux agents antibactériens et antifongiques (Lim et al, 2023).

De plus, les produits de la ruche sont réputés pour leur activité antioxydante en raison de leur teneur en composés phénoliques. Ainsi, une autre cible de l'étude biochimique est l'évaluation de leur activité antioxydante, la compréhension des mécanismes d'action et l'identification des composés responsables de cette activité (Farida et al, 2022).

L'étude biochimique vise aussi à identifier et quantifier les contaminants, afin de s'assurer de la sécurité des produits de la ruche pour la consommation humaine (Lim et al, 2023), et contribuent à déterminer leur qualité, leur origine, leur authenticité et leur pureté. Elles permettent également d'identifier les composants bioactifs clés qui contribuent aux propriétés thérapeutiques de ces produits (Lesmana et al, 2022). Par exemple, les enzymes telles que le

glucose oxydase et la catalase ont été identifiées grâce à ces études comme étant responsables de la propriété antimicrobienne du miel, comme mentionné dans les références fournies.

## **I.2. Méthodes d'analyse utilisées**

Les produits de la ruche, sont étudiés à l'aide de diverses méthodes d'analyse biochimique. Selon (Franchin et al, 2020). Certaines de ces méthodes comprennent la chromatographie, la spectrophotométrie, la spectroscopie de résonance magnétique nucléaire (RMN) et la spectrométrie de masse. La chromatographie, notamment la chromatographie en phase liquide haute performance (HPLC), permet la séparation et l'identification des composants présents dans les extraits de miel, de pollen et de propolis. La spectrophotométrie quantifie les acides phénoliques et les flavonoïdes présents dans les produits de la ruche. La RMN est utilisée pour analyser la structure moléculaire des composants, y compris les différents types de sucres dans le miel. Enfin, la spectrométrie de masse permet l'identification des composés volatils. Ces méthodes peuvent être utilisées individuellement ou combinées pour obtenir une vue d'ensemble des composants des produits de la ruche (Franchin et al, 2020). Elles sont essentielles pour caractériser la qualité de ces produits et évaluer leur potentiel thérapeutique (Vázquez et al, 2021). De plus, l'identification des composants biochimiques clés des produits de la ruche peut conduire au développement de méthodes d'extraction plus efficaces, à l'amélioration de leur stabilité et de leur biodisponibilité, ainsi qu'à la découverte de nouvelles applications en médecine et en nutrition (Bong et al, 2023).

## **II. Étude microbiologique**

L'étude microbiologique des produits de la ruche consiste à analyser la présence et l'activité de micro-organismes dans les produits issus des abeilles, tels que le miel, la propolis, le pollen et la gelée royale. Cette analyse peut être effectuée dans le but de vérifier la qualité et la sécurité des produits, ainsi que d'identifier les sources de contamination.

### **II.1. Objectif de l'étude microbiologique des produits de la ruche**

Les raisons principales de mener des études microbiologiques sur les produits de la ruche sont bien définies.

Premièrement, la vérification de la qualité des produits de la ruche constitue un objectif central de l'étude microbiologique. Cette analyse permet d'évaluer la composition microbiologique du produit, comme dans le cas du miel où la quantification des bactéries, des levures et des moisissures peut être réalisée. La norme européenne pour le miel

(EN 1614:2011) établit des limites acceptables pour la présence de levures et de moisissures (Géhu et al, 2021).

Deuxièmement, l'étude microbiologique est essentielle pour détecter la présence de contaminants indésirables. Les produits de la ruche peuvent être contaminés par des substances telles que des pesticides, des antibiotiques ou des métaux lourds, qui peuvent compromettre leur qualité et leur sécurité (Géhu et al, 2021). L'analyse microbiologique permet ainsi d'identifier la présence de ces contaminants.

Troisièmement, la détection des micro-organismes pathogènes constitue un aspect crucial de l'étude microbiologique des produits de la ruche. *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* et les spores de *Clostridium botulinum* sont autant de micro-organismes pathogènes qui peuvent contaminer les produits de la ruche. L'analyse microbiologique permet de repérer ces agents pathogènes et d'évaluer leur impact sur la sécurité alimentaire (Erejuwa et al, 2021).

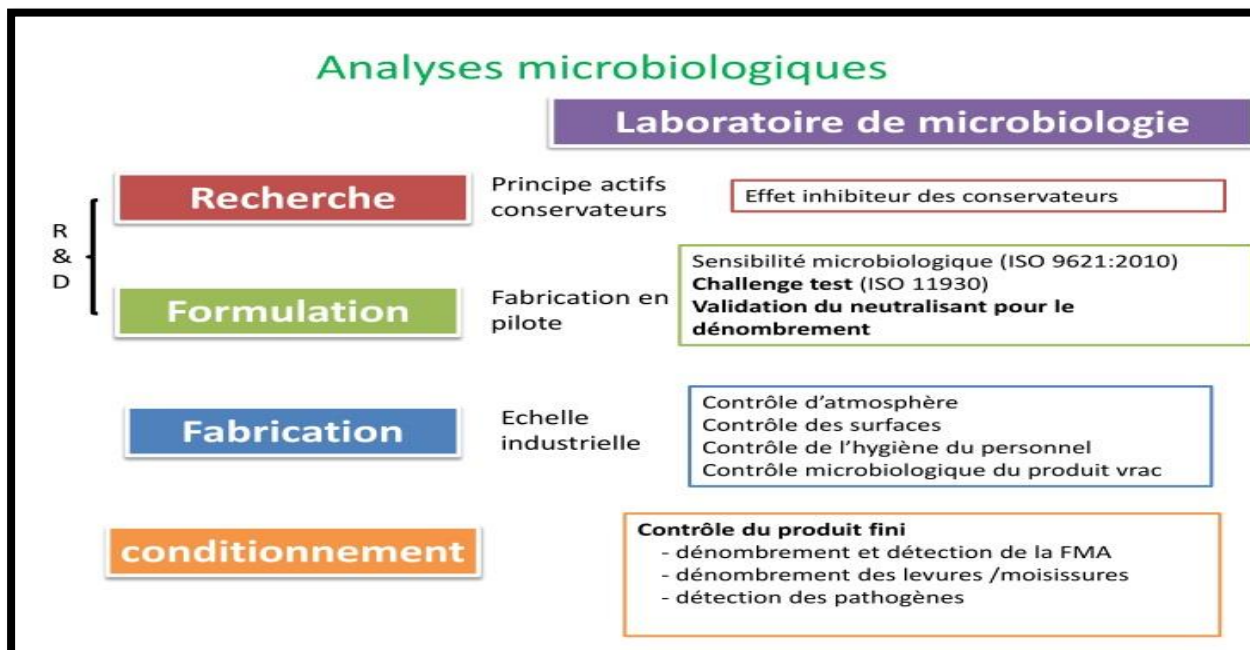
## II.2. Méthodes d'analyse microbiologiques des produits de la ruche

L'analyse microbiologique des produits de la ruche vise à évaluer la présence et la quantité de micro-organismes dans ces produits, garantissant ainsi leur sécurité pour la consommation humaine et animale. Certains micro-organismes peuvent altérer la qualité, la durée de conservation et même causer des maladies graves, telles que le botulisme (Zuliani et al, 2020).

Selon Bergis, D. (2021). Les méthodes d'analyse microbiologique couramment utilisées comprennent le comptage total des micro-organismes, la détection de micro-organismes spécifiques, le test de stérilité et l'analyse de l'ADN des micro-organismes présents. Le comptage total permet d'évaluer la quantité globale de micro-organismes présents dans un échantillon, tandis que la détection de micro-organismes spécifiques permet d'identifier des espèces ciblées, telles que des bactéries pathogènes, des levures ou des moisissures. Le test de stérilité est utilisé pour déterminer si un échantillon est exempt de tout micro-organisme viable, et l'analyse de l'ADN permet d'identifier les espèces spécifiques présentes dans le produit.

Ces méthodes d'analyses microbiologiques sont essentielles pour évaluer la qualité et la sécurité des produits de la ruche, en fournissant des informations sur la présence de micro-organismes potentiellement dangereux (Bergis, 2021). Elles peuvent être réalisées à l'aide de techniques telles que la culture en laboratoire, la PCR en temps réel, l'immunodosage, la

microscopie, le séquençage de l'ADN ou l'hybridation génétique (Bergis, 2021).



**Figure 06.** Analyse réalisées en laboratoire de microbiologie (Anonyme 3).

### II.3. Contrôle la qualité physico-chimique et microbiologique des produits fini de la ruche

Les réglementations alimentaires spécifient des limites pour le nombre de micro-organismes autorisés dans les produits de la ruche, en fonction de leur type et de leur état de conservation. Les normes varient d'un pays à l'autre et dépendent du produit spécifique (Mafra et al, 2022). Les résultats de l'analyse microbiologique peuvent être comparés à ces limites pour évaluer la qualité microbiologique du produit de la ruche.

En outre, la qualité microbiologique peut également être évaluée en mesurant les propriétés physiques et chimiques des produits de la ruche, telles que le taux d'humidité, le pH, la conductivité électrique, la teneur en sucre et la présence de contaminants tels que les pesticides ou les métaux lourds (Mafra et al, 2022).

En résumé, l'évaluation de la qualité microbiologique des produits de la ruche est un élément clé de la garantie de leur qualité et de leur sécurité pour la consommation. Les méthodes d'analyse microbiologique doivent être utilisées en conjonction avec d'autres tests physiques et chimiques pour fournir une évaluation complète de la qualité du produit (Rosiak et al, 2021).

# **Partie expérimentale**

## I. Objectif et lieu d'étude

L'étude réalisée au niveau du Laboratoire de Biochimie Analytique et Biotechnologies vise à évaluer à la fois l'activité antioxydante et antimicrobienne de différents échantillons de propolis, des opercules et de la cire d'abeille collectés au niveau de la région de Tizi ouzou. La propolis et la cire d'abeille sont des produits apicoles utilisés dans diverses industries pour leurs propriétés bénéfiques, notamment leurs effets antimicrobiens, anti-inflammatoires et antioxydants. Les composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques et les terpènes présents dans ces substances sont responsables de leurs activités bénéfiques.

## II. Matériel et méthodes

### II.1. Matériel

#### II.1.1. Produits biologiques, chimiques et réactifs

Dans cette section, sont présentés les différents types de matériels utilisés. Cela comprend les produits biologiques, ainsi que les produits chimiques et réactifs nécessaires aux expériences.

**Tableau 05.** Produits chimiques, réactifs, solvants organiques et milieux de culture.

<b>Produits chimiques, réactifs, solvants organiques et milieux de culture.</b>	
Matière biologique	propolis, opercule, cire d'abeille.
Réactifs	DPPH ((2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl). (Sigma), Folin-ciocalteu. (supelco), Carbonate de sodium (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) (Fluka).
Solvants	Ethanol (Specilab).
Milieux de culture et antibiotique	Extrait de malt (HIMEDIA), Gélose Mueller-Hinton (HIMEDIA), Disqued'antibiotique (chloramphénicol, oxoid)

#### II.1.2. Appareils de mesure, verreries et consommables

Divers appareils de mesure sont utilisés pour obtenir des données précises. Ces équipements sont adaptés aux besoins spécifiques de la présente recherche. Leur utilisation adéquate est essentielle pour garantir la qualité et la fiabilité des mesures.

**Tableau 06.** Appareils de mesure utilisés.

Appareils	Références
Spectrophotomètre UV-visible	TECH ENGINEERING MANAGEMENT CO.LTD(UK), VIS7220G
Balance de précision	Sartorius, BP121S
Balance	DENVER INSTRUMENT, MXX-612
Agitateur magnétique	VELP SCIENTIFICA, VARIOMAG electronicührer poly15 NETEZ
Vortex	VELP SCIENTIFICA (Zx3)
Balance	DENVER INSTRUMENT, MXX-612
Autoclave	Pbi International
Etuve 37°C et 38°C	memmert 854 Schwabach, memmert
Bain-marie	WiseBath (Fuzzy control system)
Vortex	VELP SCIENTIFICA (Zx3)
Réfrigérateur	ENIEM
Agitateur magnétique	VELP SCIENTIFICA, VARIOMAG electronicuhrer poly15 NETZ

## II.2. Méthodes

### II.2.1.Échantillonnage de la propolis, l'opercule et la cire d'abeille

Les échantillons sont collectés par un apiculteur au printemps (mars 2022), lorsque la propolis est plus abondante.

### II.2.2.Préparation des échantillons

Les échantillons de la propolis, l'opercule et de la cire d'abeille sont séchés et broyés en poudre fine. La poudre de ces derniers est ensuite extraite avec de l'éthanol.

### II.2.3.Extraction des composés phénoliques

#### □ Principe

Le principe de cette méthode consiste à extraire les composés phénoliques de la propolis, de l'opercule et de la cire d'abeille en utilisant de l'éthanol comme solvant. Les échantillons sont dissous dans l'éthanol selon des proportions spécifiques. Ensuite, la solution est mélangée pour favoriser l'extraction des composés phénoliques. Après le mélange, la solution est laissée en repos pour permettre de se sédimenter au fond du récipient, tandis que les p

Particules non solubles restent en suspension ou flottent à la surface. Enfin, le dépôt est séparé en aspirant délicatement la partie liquide claire au-dessus du dépôt. Cette méthode permet d'obtenir une solution contenant les composés phénoliques extraits, qui peuvent être

utilisés ultérieurement pour des analyses ou des applications spécifiques (Sánchez-Martín et al, 2022).

### □ Protocole

Dans un premier temps, il convient de préparer la solution d'extraction. Pour cela, on mesure une quantité appropriée de propolis broyée et on la place dans des flacons. Les échantillons P1 à P6, contenant de la propolis, sont préparés en dissolvant 1 gramme de propolis dans 20 ml d'éthanol. Les échantillons OP1 à OP4, contenant de l'opercule, sont préparés en dissolvant 1 gramme d'opercule dans 10 ml d'éthanol. Enfin, l'échantillon C1, contenant de la cire d'abeille, est préparé en dissolvant 1,6 gramme de cire d'abeille dans 30 ml d'éthanol.

Ensuite, la solution est mélangée à l'aide d'un agitateur magnétique à une vitesse modérée. Ce mélange permettra une extraction efficace des composés phénoliques de la propolis. Après la période de mélange, la solution est laissée en repos pendant un certain temps (sédimentation).

Enfin, pour effectuer la séparation du dépôt, une pipette est utilisée pour aspirer soigneusement la partie liquide claire se trouvant au-dessus du dépôt, sans perturber le dépôt lui-même (Fuente-Ballesteros et al, 2023).

### II.2.4. Dosage des polyphénols totaux

La méthode la plus courante pour doser les polyphénols totaux dans la propolis, l'opercule et de la cire d'abeille est la méthode de Folin-Ciocalteu. Cette méthode repose sur l'oxydation des polyphénols en présence de réactifs de Folin-Ciocalteu, ce qui génère un complexe bleu qui peut être mesuré par spectrophotométrie.

### □ Protocole

L'une des méthodes les plus couramment utilisées pour le dosage des polyphénols totaux de ces échantillons est la méthode de Folin-Ciocalteu. Les étapes de cette méthode consistent d'abord à préparer la solution de Folin-Ciocalteu et la solution de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) à 7%. Ensuite, les extraits de propolis et de cire d'abeille sont préparés en dissolvant 1g de propolis dans 20ml d'éthanol pour les échantillons P1-P6, 1g de propolis dans 10ml d'éthanol pour les échantillons OP1-OP4, et 1.6g de cire d'abeille dans 30ml d'éthanol pour l'échantillon C1. Par la suite, une dilution est réalisée pour la solution mère de propolis (échantillons P1-P6) en ajoutant 100  $\mu\text{l}$  de la solution mère à 900  $\mu\text{l}$  d'éthanol. Pour effectuer le dosage, on ajoute 40  $\mu\text{l}$  de la solution de Folin-Ciocalteu et 200  $\mu\text{l}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  aux

extraits de propolis (dilution  $10^{-1}$ ) et de cire d'abeille, puis on mélange le tout et on laisse reposer pendant 30 minutes à l'obscurité. Enfin, on mesure l'absorbance à 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre et on calcule la teneur en polyphénols totaux de la propolis, des opercules et de la cire d'abeille en utilisant une courbe d'étalonnage préparée avec de l'acide gallique (standard) à différentes concentrations connues (Touzani et al, 2021).

### ➤ Réalisation de la courbe d'étalonnage

Une courbe d'étalonnage est réalisée en effectuant différentes dilutions d'une solution d'acide gallique allant d'une concentration de 1  $\mu\text{g/ml}$  à 10  $\mu\text{g/ml}$ .

A partir des résultats des dosages, la courbe d'étalonnage est tracée en plaçant les concentrations connues d'acide gallique en abscisse et les absorbances correspondantes en ordonnée. Cette courbe d'étalonnage est une droite dont l'équation peut être utilisée pour calculer la teneur en polyphénols totaux de la propolis, des opercules et de la cire d'abeille à partir des absorbances mesurées pour les extraits.

La concentration en polyphénols dans chaque échantillon est calculée en utilisant la formule  $X = Y/a$ , où X représente la concentration en polyphénols, Y est la valeur de longueur d'onde obtenue et a est un coefficient déterminé à partir de la courbe d'étalonnage.

### II.2.5.Évaluation de l'activité antioxydante par le test au radical DPPH

L'évaluation de l'activité antioxydante est effectuée par le test au radical DPPH pour déterminer la capacité antioxydante de la propolis, des opercules et de la cire d'abeille.

#### ☐ Protocole

Après avoir dosé les polyphénols totaux présents dans la phase organique des extraits de propolis, opercules et de la cire d'abeille, les résultats ont été exprimés en équivalent d'acide gallique par gramme de propolis, d'opercules et de cire d'abeille (Piedrahita Márquez et al, 2023).

Pour préparer la solution de propolis et de cire d'abeille, protocoles suivants sont utilisés

- Échantillons P1-P6 (Propolis) : 1 g de propolis a été dissous dans 20 ml d'éthanol.
- Échantillons OP1-OP4 (Opercule) : 1 g d'opercule a été dissous dans 10 ml d'éthanol.
- Échantillon C1 (Cire) : 1.6 g de cire d'abeille a été dissous dans 30 ml d'éthanol.

La solution de DPPH ayant donné une  $DO=1.2$  a été préparée en dissolvant 2 mg de DPPH dans 50 mL d'éthanol absolu.

Pour évaluer l'activité antioxydante par le radical DPPH, une série de dilutions de

l'extrait est préparée dans une série de tubes à essai (échantillons P1-P6). -Ensuite, 1 ml de la solution de DPPH est additionné de 50 µl de chaque échantillon (P1-P6 ; OP1-OP4 ; C1) puis agitée. Les tubes ont été laissés à l'abri de la lumière pendant 30 minutes à température ambiante.

Un spectrophotomètre est utilisé pour mesurer l'absorbance de chaque solution à 517 nm. Les mesures ont été répétées deux fois pour chaque solution d'opercules de propolis et de cire d'abeille. Ainsi, le pourcentage de réduction du DPPH est calculé en comparant chaque valeur de réduction avec la valeur de départ (DO DPPH = 1.2). Le pourcentage de réduction est obtenu en utilisant la formule suivante :  $(1 - \text{valeur de réduction} / \text{DO DPPH}) \times 100$ .

### II.2.6. Evaluation de l'activité antibactérienne

#### □ Principe

La méthode de diffusion en gélose MH utilisant des disques est une méthode d'évaluation de l'activité antibactérienne. Elle repose sur l'ensemencement d'une souche bactérienne sur une gélose MH et sur le placement de disques imprégnés de substances à tester. Au cours de l'incubation, les substances se diffusent dans la gélose, formant des zones d'inhibition de la croissance bactérienne autour des disques. Ces zones d'inhibition sont mesurées pour évaluer l'activité antibactérienne. Cette méthode fournit une évaluation qualitative et rapide de l'efficacité d'une substance contre les bactéries, mais ne fournit pas de données quantitatives précises (De Sá Assis et al, 2022).

#### □ Protocole

La méthode de diffusion en gélose MH (Mueller-Hinton) utilisant des disques est une méthode couramment utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne de substances telles que la propolis, l'opercule et la cire d'abeille (De Sá Assis et al, 2022). Pour commencer, il faut préparer la gélose MH en faisant fondre 38g de la gélose en poudre dans de l'eau distillée stérilisée par autoclavage. Il est important de laisser refroidir la gélose jusqu'à ce qu'elle atteigne une température qui n'endommage pas les agents antimicrobiens.

Ensuite, il faut préparer l'inoculum en préparant des suspensions bactériennes à partir de cultures pures de *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*. Les disques de papier filtre stériles doivent être imprégnés avec l'extrait de propolis (P1-P6) d'opercule (OP1-OP4) et de cire d'abeille (C1) à tester.

Une fois la gélose préparée, elle doit être versée dans des boîtes de Pétri stériles et laissée à solidifier à température ambiante. Ensuite, la suspension bactérienne standardisée (densité optique : 0.08-0.1 à 625nm) est étalée sur la surface de la gélose en utilisant une méthode d'écouvillonnage.

Un disque contenant l'antibiotique (chloramphénicole) est placé au centre de la gélose. Les disques imbibés de propolis et de cire d'abeille sont placés délicatement sur la surface de la géloseensemencée.

Une fois les disques placés, les boîtes de Pétri sont incubées à une température appropriée de 37°C pendant une période déterminée, jusqu'à ce que des colonies bactériennes apparaissent dans le contrôle sans traitement.

### II.2.7. Evaluation de l'activité antifongique

#### ❑ Principe de la méthode de diffusion sur milieu solide (méthode de disque) :

Cette méthode consiste à préparer des disques de papier imbibés d'extraits de propolis, d'opercules et de cire d'abeille, puis à les placer sur un milieu de culture « extrait de malt » contenant des disques de champignons au centre. Les composés actifs qui diffusent dans le milieu de culture peuvent inhiber la croissance des micro-organismes et formant des zones d'inhibition autour des disques (Ożarowski et al, 2022).

#### ❑ Protocole

La méthode utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne de la propolis et de la cire d'abeille, selon Tremblay et Gagné (2020), implique plusieurs étapes. Pour commencer, des disques de papier stériles, généralement fabriqués à partir de papier de filtre ou de papier de chromatographie, sont préparés. Ces disques de petite taille, d'environ 6 cm de diamètre, sont capables d'absorber les extraits.

Ensuite, un milieu de culture gélosé, tel que l'extrait de malt, est préparé pour favoriser la croissance des champignons. Ce milieu de culture est versé dans des boîtes de Pétri stériles et laissé solidifié. Des cultures préalables de champignons, comprenant des espèces telles qu'*Alternaria*, *Penicillium sp 1*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* et *Penicillium sp2*, sont préparées à partir de cultures pures

Il est important d'utiliser des témoins de culture dans un milieu de culture approprié sans l'ajout d'échantillons de propolis ni d'antifongiques. Cela permet de vérifier la croissance

normale des champignons sans interférence des autres composants. Cette méthode de diffusion en gélose MH est utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne des extraits de propolis, d'opercules et de cire d'abeille, en observant l'inhibition de la croissance fongique ou autres anomalies de croissance autour des disques imbibés des extraits testés

### **III. Résultats et discussion**

#### **III. 1. Dosage des polyphénols totaux**

##### **III.1.1. Courbe d'étalonnage**

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en diluant différentes concentrations de solution d'acide gallique.

Les échantillons P1 à P6 correspondent à une dilution  $10^{-1}$  de l'échantillon initial, tandis que les échantillons OP1 à OP4 et C1 utilisent directement la solution mère.

Les échantillons P 1- P6 représente la propolis, OP1- OP4 l'opercule et C1 représente la cire d'abeille.

**Tableau 07.** Concentration en polyphénols totaux contenus dans les échantillons testés.

Échantillon	Concentration ( $\mu\text{g/ml}$ )
<b>P1</b>	71,1 $\pm$ 0,1501
<b>P2</b>	28,8 $\pm$ 0,03035
<b>P3</b>	22,5 $\pm$ 0,06421
<b>P4</b>	15,8 $\pm$ 0,004
<b>P5</b>	22,4 $\pm$ 0,004
<b>P6</b>	17,1 $\pm$ 0,03629
<b>OP1</b>	5,89 $\pm$ 0,2128
<b>OP2</b>	6,40 $\pm$ 0,0664
<b>OP3</b>	6,55 $\pm$ 0,2446
<b>OP4</b>	6,23 $\pm$ 0,1256
<b>C1</b>	7,31 $\pm$ 0,0305

Dans cette étude, la concentration des échantillons de propolis, d'opercules et de cire d'abeille en composés phénoliques a été déterminée en utilisant une méthode de dosage au réactif de Folin Ciocalteu. Les échantillons de propolis (échantillons P1 à P6) étaient dilués 10 fois, tandis que les échantillons d'opercules (échantillons OP1 à OP4) et de cire d'abeille (échantillon C1) étaient utilisés directement. Les mesures d'absorbance ont été effectuées en

duplicata pour évaluer la précision des résultats.

Les concentrations calculées confirmaient ces observations, montrant des concentrations relativement élevées pour les échantillons de propolis ( $15,8 \pm 0,004$  à  $71,1 \pm 0,1501 \mu\text{g/ml}$ ), tandis que les échantillons d'opercules et de cire d'abeille présentaient des concentrations plus faibles ( $5,89 \pm 0,2128$  à  $7,31 \pm 0,0305 \mu\text{g/ml}$ ). En résumé, les résultats indiquent que la propolis présente une concentration plus élevée des polyphénols totaux par rapport aux opercules et à la cire d'abeille.

En conclusion, le dosage du contenu des échantillons de propolis, d'opercules et de cire d'abeille en composés phénoliques a révélé des différences entre les concentrations notées pour ces échantillons.

Dans une étude antérieure, menée par Paula et al. (2023) pour quantifier les polyphénols totaux dans des échantillons de propolis, les concentrations de polyphénols totaux dans la propolis variaient de 10 à 800 mg GAE/g d'extrait, tandis que dans la présente étude, elles variaient de 15,8 à 71,1  $\mu\text{g/ml}$ . Bien que les unités de mesure diffèrent, la tendance générale de concentrations plus élevées dans la propolis reste cohérente entre les deux études. De plus, des différences considérables sont observées entre les échantillons provenant de différentes régions ou sources, ce qui suggère que les propriétés chimiques de la propolis peuvent varier en fonction de son origine géographique. Ces résultats renforcent l'intérêt de la propolis en tant que source potentielle de polyphénols et ouvrent la voie à de futures recherches sur ses applications dans divers domaines.

### III.2. Evaluation de l'activité antioxydante

La propolis et l'opercule sont connus pour contenir une grande variété de composés, tels que des flavonoïdes, des acides phénoliques, des terpènes et des composés aromatiques. Ces composés antioxydants agissent en neutralisant les radicaux libres, qui sont des molécules hautement réactives impliquées dans le stress oxydatif. Les flavonoïdes et les polyphénols, en particulier, sont considérés comme les principaux responsables de l'activité antioxydante de la propolis. Ils agissent en capturant les radicaux libres et en inhibant les réactions d'oxydation dans le corps.

Tandis que la cire d'abeille, diffère de la propolis et de l'opercule en termes de composition chimique. Elle est principalement constituée de monoesters d'acides gras et d'esters d'alcools supérieurs. Bien que la cire d'abeille puisse également présenter une certaine activité antioxydante, elle est généralement considérée comme ayant une activité antioxydante relativement faible par rapport à la propolis et à l'opercule. Cela peut être dû à sa composition

chimique différente et à la présence d'autres composés qui pourraient influencer son activité antioxydante.

Le tableau 08 présente les pourcentages obtenus lors du test de l'activité antioxydante par DPPH. Ces pourcentages reflètent la capacité des composés ou des extraits de propolis, d'opercules et de cire d'abeille testés à réduire le radical DPPH, indiquant ainsi leur potentiel antioxydant.

**Tableau 08.** Absorbance et pourcentage obtenus lors du test de l'activité antioxydante des différents échantillons.

Échantillon	Absorbance	Pourcentage
1	0,0585±0.0025	95%
2	0,2365±0.0005	84.91%
3	0,181±0,001	84.90%
4	0,1415±0,0015	88.20%
5	0,2485±0,0065	79.29%
6	0,290±0,001	75.83%
7	0,1803±0,0101	95%
8	0,1683±0,0106	87.5%
9	0,1673±0,0113	86.91%
10	0,152±0,002	87.08%
11	0,5917±0,0292	50.75%

Les résultats obtenus dans cette étude révèlent que les échantillons de propolis testés présentent une activité antioxydante considérable. Les échantillons P1, OP1 et potentiellement OP3 se distinguent en affichant les pourcentages de réduction du DPPH les plus élevés, atteignant  $95\% \pm 0,0025$ . Ces échantillons démontrent une capacité exceptionnelle à neutraliser les radicaux libres, ce qui suggère qu'ils pourraient être particulièrement efficaces dans la lutte contre le stress oxydatif.

Les échantillons P2, P3, P4 de la propolis et OP2, OP4 d'opercules ont également montré des niveaux intéressants considérables du pouvoir antioxydant, avec des pourcentages de réduction du DPPH compris entre  $84,90\% \pm 0,001$  et  $88,20\% \pm 0,0015$ . Bien que légèrement inférieurs aux échantillons les plus actifs, ces résultats indiquent tout de même une capacité importante à neutraliser les radicaux libres. Ainsi, ces échantillons pourraient

également être considérés comme de bonnes sources d'antioxydants naturels.

Les échantillons P5 et P6 ont affiché des pourcentages de réduction du DPPH légèrement inférieurs, de  $79,29\% \pm 0,0065$  et  $75,83\% \pm 0,001$  respectivement. Bien que ces valeurs soient inférieures à celles des autres échantillons, elles indiquent toujours une activité antioxydante notable. Ces échantillons peuvent donc contribuer à la lutte contre le stress oxydatif, bien que leur efficacité puisse être légèrement moindre.

En revanche, l'échantillon C1, la cire d'abeille, a présenté le pourcentage de réduction du DPPH le plus bas, soit  $50,75\% \pm 0,0292$ . Cela suggère une activité antioxydante relativement faible par rapport aux autres échantillons de propolis testés.

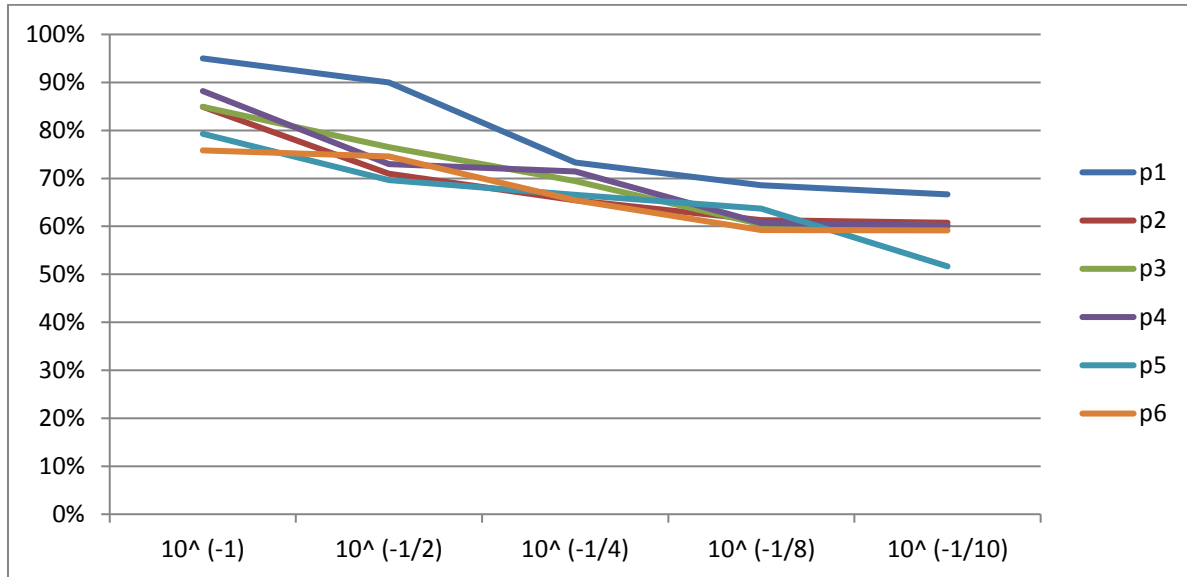
Les résultats de cette évaluation démontrent que la propolis, en particulier les échantillons P1, OP1 et potentiellement OP3, présente une activité antioxydante considérable. Ces résultats soutiennent l'utilisation de la propolis comme une source naturelle d'antioxydants potentiellement bénéfiques pour la santé.

En comparant les résultats à une étude antérieure menée par Adli et al. (2022), des similitudes sont observées, ce qui montre que les échantillons de propolis présentent une activité antioxydante considérable. Les composés phénoliques, en particulier, sont considérés comme les principaux responsables de l'activité antioxydante de la propolis. Cela suggère que les résultats des deux études sont cohérents quant aux mécanismes impliqués dans l'activité antioxydante de la propolis.

Les chercheurs ont observé des pourcentages de réduction du DPPH allant jusqu'à 95% pour certains échantillons de propolis. De même, dans l'étude actuelle, les échantillons de propolis ont également montré des pourcentages élevés de réduction du DPPH, allant jusqu'à  $95\% \pm 0,0025$ . Cela indique que les deux études sont cohérentes dans leur évaluation de l'activité antioxydante de la propolis.

En résumé, les deux études fournissent des résultats similaires concernant l'activité antioxydante de la propolis. L'étude actuelle va plus loin en incluant des échantillons d'opercules et de cire d'abeille dans l'évaluation et en montrant leur activité antioxydante notable. Cela élargit la compréhension de l'activité antioxydante des produits apicoles et met en évidence leur potentiel en tant que sources naturelles d'antioxydants bénéfiques pour la santé.

Les résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante de la propolis par la méthode du DPPH pour les différentes dilutions réalisées sur les échantillons de la propolis (P1-P6) sont représentés par la figure 07. Les pourcentages de l'activité antioxydante obtenus pour différentes dilutions de la propolis sont discutés dans la suite.



**Figure 07.** pourcentage de réduction du DPPH obtenus pour différentes dilutions des extraits de la propolis.

Lorsque l'on examine les différentes dilutions réalisées lors du test de l'activité antioxydante de la propolis, il est constaté que plus la dilution est élevée, plus le pourcentage de réduction du DPPH est inversement proportionnel à la dilution réalisée pour chaque échantillon (P1, P2, P3, P4, P5, P6).

Cela peut s'expliquer par le fait que la dilution entraîne une diminution de la concentration des antioxydants présents dans la solution de propolis. Les antioxydants sont responsables de la réduction du radical DPPH, donc une concentration plus faible d'antioxydants conduit à une réduction moins importante du DPPH.

En d'autres termes, à mesure que la solution de propolis est diluée, la concentration d'antioxydants diminue, ce qui se traduit par une diminution du pouvoir antioxydant mesuré par le pourcentage de réduction du DPPH.

Il est important de souligner que les dilutions réalisées lors de ce test ont été choisies de manière spécifique pour évaluer l'activité antioxydante sur une plage de concentrations. Ces dilutions permettent de déterminer la concentration d'antioxydants nécessaire pour réduire de 50 % le radical DPPH (CE50).

### III.3. Evaluation de l'activité antibactérienne

Les échantillons ont été testés par la méthode de diffusion en milieu gélosé et les résultats obtenus permettront d'évaluer leur efficacité à inhiber la croissance bactérienne, fournissant ainsi des informations sur leur potentiel antibactérien.

Dans le cadre de l'évaluation de l'activité antibactérienne, le diamètre des zones d'inhibition formées sont mesurés autour des échantillons (propolis, opercules, cire d'abeille et propolis+huile) contre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus* ATCC 14579 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

Les échantillons utilisés sont :

- Six échantillons de propolis notés P1-P6 ;
- Quatre échantillons d'opercules notés OP1-OP4 ;
- Un échantillon de cire d'abeille noté C ;
- Un échantillon mélange de propolis et d'huile d'olive noté D.

### III.3.1. Mesure du diamètre des zones d'inhibition

Les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés pour évaluer l'activité antibactérienne des échantillons. Le tableau 10 présente les résultats de ces mesures, fournissant des informations sur l'effet inhibiteur des échantillons vis-à-vis des différentes souches bactériennes testées.

**Tableau 09.** Diamètres des zones d'inhibition (cm) enregistrés pour les échantillons vis-à-vis des différentes bactéries testées.

Bactérie Echantillons	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Bacillus cereus</i>
<b>P1</b>	1.4	-	1.2±0.1
<b>P2</b>	1.1	-	1.25±0.05
<b>P3</b>	0.9	-	0.75±0.05
<b>P4</b>	1	-	1
<b>P5</b>	1.3	-	0.85±0.15
<b>P6</b>	0.9	-	1.1
<b>OP1</b>	-	-	-
<b>OP2</b>	-	-	-
<b>OP3</b>	-	-	-
<b>OP4</b>	-	-	-
<b>C1</b>	-	-	-
<b>D</b>	-	1.9	-
<b>ATB</b>	3	1.9	3

Dans l'ensemble, les échantillons de propolis ont montré une activité antimicrobienne principalement contre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus* ATCC 14579, tandis que la cire d'abeille et les échantillons d'opercules n'ont pas montré d'effet inhibiteur considérable sur les bactéries testées.

Concernant *Staphylococcus aureus*, les diamètres des zones d'inhibition observées pour les échantillons de propolis varient de 0,9 à 1,4 cm. Bien que ces valeurs soient relativement petites, elles indiquent une certaine sensibilité de *Staphylococcus aureus* à certains composés présents dans la propolis. Cela suggère que la propolis pourrait potentiellement être utilisée comme agent antimicrobien contre cette bactérie.

En ce qui concerne *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, seule une zone d'inhibition de 1,9 mm a été observée pour l'échantillon de propolis avec ajout d'huile (D). Cela suggère que la propolis solubilisée dans l'huile d'olive a un effet inhibiteur considérable sur cette bactérie connue pour être résistante à de nombreux antibiotiques.

Pour *Bacillus cereus*, les échantillons de propolis ont montré des diamètres de zone d'inhibition allant de 0,75 à 1,25 cm. Bien que ces valeurs soient comparables à celles observées pour *Staphylococcus aureus*, elles indiquent également une sensibilité de *Bacillus cereus* à la propolis. Il est important de noter que les échantillons d'opercules et de cire d'abeille n'ont pas montré d'effet inhibiteur significatif sur *Bacillus cereus*, ce qui suggère que les composés antimicrobiens présents dans la propolis sont probablement absents ou présents à des concentrations très faibles dans la cire d'abeille.

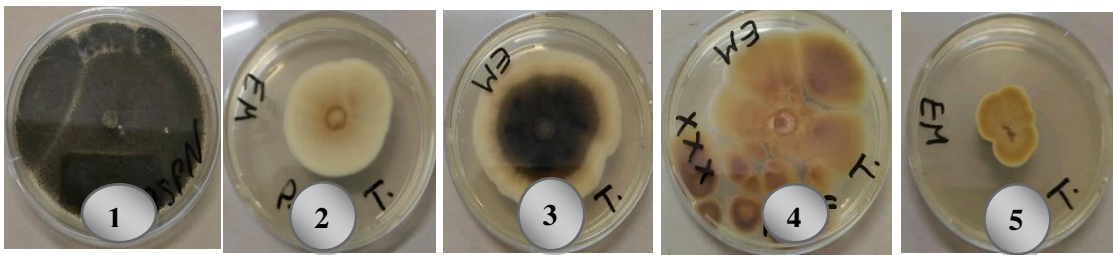
En conclusion, les résultats de l'antibiogramme sur la propolis et la cire d'abeille suggèrent une activité antimicrobienne de la propolis, principalement contre *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus*. Cependant, cette activité était relativement faible et nécessite des investigations supplémentaires pour évaluer son efficacité réelle et déterminer les composés spécifiques responsables de son activité inhibitrice. La propolis n'a pas montré d'effet inhibiteur significatif sur *Pseudomonas aeruginosa*, et les échantillons d'opercules et de cire d'abeille n'ont pas présenté d'activité antimicrobienne notable.

L'étude menée Bouchelaghem (2022) a mis en évidence l'activité antibactérienne de la propolis contre *Staphylococcus aureus*, avec des valeurs de CMI variant de 8 à 80 µg/mL selon les échantillons et les régions d'origine de la propolis. De plus, une inhibition partielle du biofilm bactérien était observée. En revanche, l'étude actuelle a révélé une activité antibactérienne relativement faible des échantillons de propolis testés, principalement contre *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus*, avec des diamètres d'inhibition allant de 0,9 à 1,4

cm. Ces résultats soulignent la complexité de l'activité antimicrobienne de la propolis et la nécessité de poursuivre les recherches pour mieux comprendre ses mécanismes d'action et son potentiel thérapeutique.

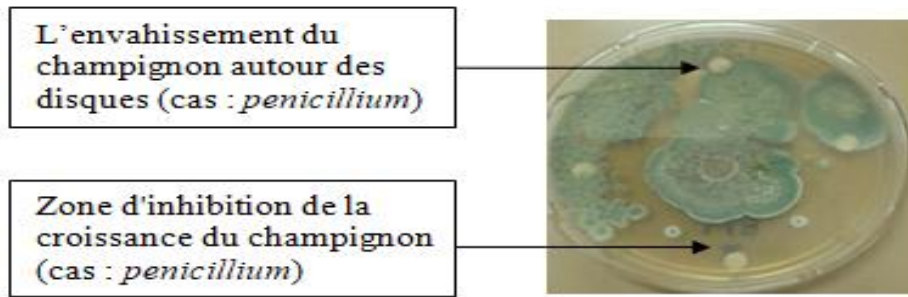
### III.4. Evaluation de l'activité antifongique

Dans cette étude, l'activité antifongique des échantillons de propolis et de cire d'abeille a été évaluée contre différents champignons tels que *Aspergillus niger* (1), *Penicillium sp2* (2), *Alternaria* (3), *Aspergillus flavus* (4), *Penicillium sp 1* (5). Les résultats montrent une variabilité dans l'activité antifongique en fonction des échantillons et des champignons testés. Les figures ci-dessous montrent les témoins fongiques non exposés aux extraits.



**Figure 08.** Témoins des cultures fongiques.

Il a été constaté que l'activité antifongique varie en fonction du champignon ciblé (*Penicillium sp1*, *Penicillium sp2*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* et *Alternaria*), de l'agent antifongique présent dans les échantillons de propolis, d'opercules et de cire d'abeille, de la durée d'exposition et de nombreux autres facteurs tels que les risques de contaminations. L'activité antifongique fait référence à la capacité d'une substance ou d'un médicament à inhiber la croissance ou à tuer les champignons. Cette activité a été évaluée par la méthode de diffusion sur milieu solide dans laquelle l'activité antifongique est évaluée en observant une inhibition de la croissance des champignons qui se forment par contact (test de confrontation) avec les substances qui diffusent à partir d'un disque (propolis, opercules, cire d'abeille). Ces inhibitions représentent la capacité de la substance à empêcher la croissance du champignon. De plus, des changements de couleur qui apparaissent avec le temps peuvent être observés. En combinant ces observations, on peut déterminer l'efficacité de ces extraits et leur capacité à lutter contre les champignons ciblés (Ożarowski et al, 2022).



**Figure09.** Evaluation de l'activité antifongique vis-à-vis de *Penicillium sp 2*.

Les résultats obtenus à partir des observations effectuées sont les suivants : dans le cas du *Penicillium*, une activité antifongique a été observée pour les échantillons P2, P3, P6, OP1, OP3, OP4 et C1 lors des deux premières lectures effectuées à 24 heures et 48 heures. De plus, une activité antifongique a été détectée pour les échantillons OP1, OP3 et C1 lors de la troisième lecture réalisée à 72 heures. En ce qui concerne *Penicillium sp1* dans son ensemble, tous les échantillons ont présenté une activité antifongique lors des deux premières lectures à 24 heures et 48 heures. Cependant, aucune activité antifongique n'a été observée pour aucun des échantillons lors de la troisième lecture à 72 heures. Une transition de couleur s'est produite avec une intensification du jaune vers le bleu pour tous les échantillons, à l'exception des échantillons OP3, OP4 et C1, au cours des trois lectures.

En ce qui concerne l'*Aspergillus flavus*, une activité antifongique a été observée pour les échantillons P3 et OP4 lors de la première lecture à 24 heures. Cependant, aucune activité antifongique n'a été constatée pour aucun des échantillons lors des lectures ultérieures à 48 heures et 72 heures.

Quant à l'*Alternaria*, une activité antifongique a été observée pour les échantillons P2, P3, OP4 et C1 lors de la première lecture à 24 heures. Cependant, aucune activité antifongique n'a été observée pour aucun des échantillons lors des lectures ultérieures à 48 heures et 72 heures.

En ce qui concerne l'*Aspergillus niger*, aucune activité antifongique n'a été observée pour aucun

La propolis, l'opercule et la cire d'abeille sont connues pour contenir divers composés bioactifs tels que des flavonoïdes, des phénols, des acides gras et des terpènes. Ces composés peuvent jouer un rôle dans l'activité antifongique observée. Les flavonoïdes, par exemple, ont été largement étudiés par Valverde et al. (2023). pour leurs propriétés antifongiques en raison de leur capacité à interférer avec la membrane cellulaire des champignons et à inhiber leur

croissance.

Dans le cas de *Penicillium sp2*, tous les échantillons de propolis et de cire d'abeille ont montré une activité antifongique qui s'est manifestée par l'inhibition de la croissance des champignons qui se forment en contact avec les disques imprégnés d'extraits de propolis, d'opercules, et de cire d'abeille, ce qui suggère la présence de composés inhibiteurs efficaces contre ce champignon. Cette activité antifongique peut être attribuée à la présence de flavonoïdes ou d'autres composés bioactifs qui perturbent la membrane cellulaire de *Penicillium sp1*, inhibant ainsi sa croissance.

Pour *Penicillium sp1*, les échantillons de propolis et de cire d'abeille ont également montré une activité antifongique qui se manifeste par une transition de couleur avec intensification du jaune vers le bleu dans toutes les lectures. Cela indique que ces échantillons contiennent des composés actifs qui ciblent spécifiquement ce genre de champignon. Lorsqu'il s'agit de la couleur de la propolis et de l'opercule de cire d'abeille, il est courant de voir une transition de couleur du jaune au bleu. Cela est dû à la présence de pigments naturels et de composés chimiques présents dans ces matériaux. La couleur de la propolis peut varier considérablement selon son origine botanique, la région géographique et les méthodes de collecte. Certaines propolis peuvent être jaunes, oranges, brunes, rouges ou même vertes.



**Figure 10.** Evaluation de l'activité antifongique vis-à-vis de *Penicillium sp 2*.

En revanche, l'activité antifongique contre *Aspergillus flavus* était présente uniquement dans les échantillons 3 et 10 lors de la première lecture. Cependant, cette activité antifongique n'a pas été observée dans les lectures ultérieures. Cela peut suggérer que les composés présents dans ces échantillons ont une activité antifongique temporaire ou insuffisante pour inhiber complètement la croissance d'*Aspergillus flavus*.

Pour *Alternaria*, une activité antifongique a été observée pour les échantillons 2, 3, 10 et 11 lors de la première lecture, mais cette activité n'a pas été maintenue dans les lectures ultérieures. Cela pourrait indiquer que les composés antifongiques présents dans ces

échantillons sont moins stables ou moins efficaces contre *Alternaria* par rapport aux autres champignons testés.

Concernant *Aspergillus niger*, aucun des échantillons de propolis et de cire d'abeille n'a montré d'activité antifongique dans toutes les lectures. Cela suggère que ces échantillons ne contiennent pas de composés actifs spécifiques contre *Aspergillus niger* ou que la concentration de ces composés est insuffisante pour inhiber la croissance de ce champignon.

Il est important de noter que les différences d'activité antifongique observées peuvent également être influencées par d'autres facteurs, tels que la méthode d'extraction des échantillons, la variabilité intrinsèque des échantillons de propolis et de cire d'abeille, ainsi que la sensibilité spécifique des champignons testés.

En conclusion, les résultats de cette étude suggèrent que les échantillons de propolis et de cire d'abeille présentent une activité antifongique sélective contre certains champignons. Cependant, la présence ou l'absence d'activité antifongique dépend des composés spécifiques présents dans les échantillons et de la sensibilité des champignons testés. Ces résultats contribuent à la compréhension de l'activité antifongique des produits apicoles et peuvent fournir des pistes pour le développement de nouveaux agents antifongiques naturels.

# **Conclusion générale**

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'activité antioxydante, les concentrations en polyphénols totaux et l'activité antimicrobienne des échantillons de propolis, d'opercules et de cire d'abeille. Les résultats ont montré une forte activité antioxydante et des concentrations élevées en polyphénols dans la propolis, ainsi qu'une sensibilité de certaines souches bactériennes et fongiques vis-à-vis des extraits.

Les échantillons de propolis testés ont démontré une activité antioxydante considérable. Les échantillons P1, OP1 et potentiellement OP3 se sont distingués en affichant les pourcentages de réduction du DPPH les plus élevés, atteignant  $95\% \pm 0.0025$ . Les échantillons P2, P3, P4 de la propolis et OP2, OP4 des opercules ont également montré des niveaux appréciables considérables d'activité antioxydante, avec des pourcentages de réduction du DPPH compris entre  $84,90\% \pm 0.0005$  et  $88,20\% \pm 0.0015$ . Les échantillons P5 et P6 ont affiché des pourcentages légèrement inférieurs, de  $79,29\% \pm 0.0065$  et  $75,83\% \pm 0.001$  respectivement. En revanche, la cire d'abeille (échantillon C1) a présenté le pourcentage de réduction du DPPH le plus bas, soit  $50,75\% \pm 0.0292$ .

Concernant les polyphénols totaux, les échantillons de propolis ont montré des concentrations relativement élevées, allant de  $15,8 \pm 0.004$   $\mu\text{g/ml}$  à  $71,1 \pm 0.1501$   $\mu\text{g/ml}$ . En revanche, les échantillons d'opercules et de cire d'abeille présentent des concentrations plus faibles, allant de  $5,89 \pm 0.2128$   $\mu\text{g/ml}$  à  $7,31 \pm 0.0305$   $\mu\text{g/ml}$ . Ces résultats confirment que la propolis est une source potentiellement riche en polyphénols par rapport à l'opercules et à la cire d'abeille.

En ce qui concerne l'activité antimicrobienne, les échantillons de propolis ont démontré une sensibilité de *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus*, avec des diamètres des zones d'inhibition allant de 0,9 à 1,4 cm pour *Staphylococcus aureus* et de  $0,75 \pm 0.05$  à  $1,25 \pm 0.05$  cm pour *Bacillus cereus*. En revanche, les échantillons d'opercules et de cire d'abeille n'ont pas présenté d'effet inhibiteur considérable sur ces bactéries. Seul l'échantillon de propolis solubilisé dans l'huile a démontré une zone d'inhibition de 1,9 mm contre *Pseudomonas aeruginosa*.

Pour les champignons, certains échantillons de propolis, d'opercules et de cire d'abeille ont montré une activité antifongique lors des premières lectures à 24 heures et 48 heures, mais cette activité n'a pas été maintenue dans les lectures ultérieures à 72 heures. Des résultats variables ont été observés pour les différentes espèces de champignons testées.

En conclusion, les échantillons de propolis ont démontré une activité antioxydante élevée, une concentration notable en polyphénols totaux, ainsi qu'une activité antimicrobienne contre *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus*. Cependant, des investigations sont

nécessaires pour comprendre les mécanismes sous-jacents à ces activités, ainsi que pour évaluer l'activité antifongique de manière approfondie. Les échantillons d'opercules et de cire d'abeille nécessitent également une étude plus approfondie pour évaluer leur activité antioxydante, antimicrobienne et antifongique.



# **Références Bibliographiques**

### ❖ A

- ❖ **ADLI, M.A., ZOHDI, R.M., OTHMAN, N.A., AMIN, N.S.M., MUKHTAR, S.M., ESHAK, Z., HAZMI, I.R., & JAHRUDIN, D.H.J. (2022).** Détermination de l'activité antioxydante, des teneurs totales en phénoliques et flavonoïdes des extraits malaisiens de propolis d'abeille sans dard. *J. Sustain. Sci. Manag.*, 17, 132-143.
- ❖ **ALQAHTANI, S. M., NAGATE, R. R., AL-AHMARI, M. M. M., MAGBOL, M. A., GOKHALE, S. T., TIKARE, S., & CHATURVEDI, S. (2023).** Évaluation de l'hydrogel de propolis pour le traitement de la sensibilité dentinaire : une étude clinique. *Gels*, 9(6), 483.
- ❖ **ARIBI, M., BENCHEIKH, S. E., & MOHAMED, H. (2020).** Valorisation des produits de la ruche en tant que fertilisant biologique : une revue. *Revue des Régions Arides*, 45(2), 20-32.
- ❖ **AYLANC, V., FALCÃO, S. I., ERTOSUN, S., & VILAS-BOAS, M. (2021).** De la ruche à la table : valeur nutritionnelle, digestibilité et biodisponibilité des phytochimiques présents dans le pollen d'abeille et le pain d'abeille. *Tendances en science et technologie alimentaires*, 109, 464-481.

### ❖ B

- ❖ **BAGAMERI, L., BACI, G.-M., & DEZMIREAN, D. S. (2022).** Royal Jelly en tant que produit naturel nutraceutique avec un accent sur son activité antibactérienne. *Pharmaceuticals*, 14, 1142.
- ❖ **BERGIS, D. (2021).** Analyse microbiologique des aliments : méthodes et protocoles. Tec & Doc Lavoisier.
- ❖ **BOBIS O, BERRETTA AA, VILAS-BOAS M et DE JONG D (2023).** Éditorial : Potentiel thérapeutique de la propolis – des études in vitro aux essais cliniques. *Devant. Pharmacol.* 14:1192045.
- ❖ **BOGDANOV, S., & VIT, P. (2019).** Produits de la ruche : méthodes d'analyse. In *Bee Product Science* (pp. 81-127). Springer, Cham.
- ❖ **BONG, J., MIDDLEDITCH, M., STEPHENS, J. M., & LOOMES, K. M. (2023).** Analyse protéomique du miel : profilage peptidique en tant que nouvelle approche pour l'authentification du miel Mānuka (*Leptospermum scoparium*) de Nouvelle-Zélande. *Foods*, 12(10), 1968.
- ❖ **BOUCHELACHEM, S. (2022).** Propolis characterization and antimicrobial activities against *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*: A review. *Saudi Journal of*

Biological Sciences, 29(4), 1936-1946.

❖ C

- ❖ **CHEN, D., GUO, C., LU, W., ZHANG, C., & XIAO, C. (2023).** Quantification rapide de la qualité de la gelée royale par spectroscopie moyen infrarouge couplée à un réseau neuronal à propagation arrière. *Food Chemistry*, 418, 135996.
- ❖ **CONTE, F. L., PEREIRA, A. C., BRITES, G., FERREIRA, I., SILVA, A. C., SEBASTIÃO, A. I., MATOS, P., PEREIRA, C., BATISTA, M. T., SFORCIN, J. M., et al. (2022).** Exploration du potentiel antioxydant, anti-inflammatoire et antiallergique de la propolis brésilienne dans les monocytes. *Phytomédecine Plus*, 2, 100231.

❖ D

- ❖ **DE OLIVEIRA CARDOSO, E., SANTIAGO, K. B., CONTI, B. J., CONTE, F. L., TASCA, K. I., ROMAGNOLI, G. G., DE ASSIS GOLIM, M., RAINHO, C. A., BASTOS, J. K., & SFORCIN, J. M. (2022).** Propolis verte brésilienne : un nouvel outil pour améliorer l'action cytotoxique et immunomodulatrice de docétaxel sur les cellules cancéreuses du sein MCF-7 et sur les monocytes féminins. *Phytothérapie Recherche*, 36, 448-461.
- ❖ **DE SA ASSIS, M. A., DE PAULA RAMOS, L., ABU HASNA, A., DE QUEIROZ, T. S., PEREIRA, T. C., NAGAI DE LIMA, P. M., BERRETTA, A. A., MARCUCCI, M. C., TALGE CARVALHO, C. A., & DE OLIVEIRA, L. D. (2022).** Antimicrobial and antibiofilm effects of the aqueous extract of Brazilian green propolis against anaerobic dental bacteria. *Molecules*, 27(23), 8128.
- ❖ **DESCOTTE, Y., DUFEU, I., & FORTINI, D. (2020).** L'apithérapie : Bienfaits et usages de la ruche en médecine douce. Paris, France : Éditions Solar.
- ❖
- ❖ **DUPONT, M., MARTIN, J., LEBLANC, S., & ROUSSEAU, A. (2021).** Valorisation des biomolécules de la cire d'abeille : applications et perspectives. *Revue Française des Corps Gras*, 18(1), 1-15.
- ❖ **DUPONT, M., MARTIN, J.-L., & LEBLANC, S. (2021).** Applications de la cire d'abeille : une revue des avancées récentes. *Revue de Chimie Appliquée*, 98(3), 35-48.

❖ E

- ❖ **EL AGREBI, N., TRAYNOR, K., WILMART, O., TOSI, S., LEINARTZ, L., DANNEELS, E., DE GRAAF, D. C., & SAEGERMAN, C. (2020).** Résidus de pesticides et de médicaments vétérinaires dans la cire d'abeille belge : occurrence,

toxicité et risque pour les abeilles. *Science of the Total Environment*, 745, 141036.

- ❖ **EREJUWA, O. O., SULAIMAN, S. A., & AB WAHAB, M. S. (2021).** Microbiological quality and safety of honey: A comprehensive review. *Food Reviews International*, 37(5), 546-575.
- ❖ **ESCUREDO, O., SEIJO, M. C., & GARCIA-ALLENDE, M. T. (2020).** Valorisation des produits de la ruche en tant que fertilisant biologique : une revue. *Agriculture*, 10(9), 387.

### ❖ F

- ❖ **FARIDA, S., PRATAMI, D. K., SAHLAN, M., LAKSMITAWATI, D. R., ROHMATIN, E., & SITUMORANG, H. (2022).** Antioxydant in vitro, anti-inflammatoire in vivo et étude de requête de la capsule de propolis indonésienne de *Tetragonula sapiens*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29, 2489-2500.
- ❖ **FRANCHIN, M., ROSALEN, P. L., CUNHA, T. M., et al. (2020).** Avancées récentes dans la composition chimique de la propolis brésilienne et évaluation de l'activité biologique. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020, 1-23.
- ❖ **FRATINI, S., CILIA, L., MANCINI, B., COSTA, P., PELLEGRINI, P., FLAMINI, I., ... ROMOLI, A. (2020).** Valorisation des produits de la ruche en tant que ingrédients cosmétiques naturels et biologiques : une revue. *International Journal of Cosmetic Science*, 42(6), 525-542.
- ❖ **FUENTE-BALLESTEROS, A., PRIOVOLOS, I., ARES, A. M., SAMANIDOU, V., & BERNAL, J. (2023).** Méthodes d'échantillonnage écologiques pour l'analyse des composés bioactifs dans les produits de la ruche : une revue. *Advances in Sample Preparation*, 6, 100060.

### ❖ G

- ❖ **GEHU, J. F., OFFROY, C., POURTIER, J., & HORVATH, P. (2021).** Microbiologie du miel : aspects méthodologiques et applications. *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 61(7), 577-585.

### ❖ H

- ❖ **HASSAN, N. H., MANICKAVASAGAM, G., ALTHAKAFY, J. T., SAAID, M., ADNAN, R., SAAD, B., & WONG, Y. F. (2023).** Physicochemical properties, proline content and furanic compounds of stingless bee honey marketed in Malaysia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 121, 105371.

- ❖ **HERMANSYAH, D., ZULHENDRI, F., PERERA, C. O., FIRSTY, N. N., CHANDRASEKARAN, K., ABDULAH, R., HERMAN, H., & LESMANA, R. (2022).** L'utilisation potentielle de la propolis comme thérapie d'appoint dans les cancers du sein. *Integrative Cancer Therapies*, 21, 153473542210968.
- ❖ **HERNANDEZ-CASTELLANO, L. E., MORANTE, R., & CASTRO, N. (2020).** Étude biochimique des produits de la ruche : une revue de la composition et des propriétés bioactives. *Revue de l'Apiculture*, 146(5), 5-14.
- ❖ **HOSSAIN, M. L., LIM, L. Y., HAMMER, K., HETTIARACHCHI, D., & LOCHER, C. (2023).** Détermination des activités antioxydantes et antibactériennes des formulations topiques chargées de miel : focus sur les miels d'Australie occidentale. *Sciences appliquées*, 13(13), 7440.

### ❖ I

- ❖ **IBRAHIM, M. E. E.-D., & ALQURASHI, R. M. (2022).** Propriétés antifongiques et antioxydantes des extraits de propolis (colle d'abeille). *International Journal of Food Microbiology*, 361, 109463.
- ❖ **IMRAN, M. (2020).** Applications of Beeswax: A Review. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 530-542.
- ❖ **ISLAM, M.A., et al. (2020).** Propolis : un produit naturel complexe avec une multitude d'activités biologiques pouvant être exploré pour le développement de médicaments. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020, 1-19.

### ❖ K

- ❖ **KANG, J.X., ET al. (2020).** Gelée royale : un remède ancien avec des promesses pour la thérapie future. *Journal of Nutrition*, 150(6), 1365-1372.
- ❖ **KABILOGLU, A., KOCABAGLI, N., & KEKEC, A. I. (2023).** Effets de l'extrait de propolis sur les performances de croissance et l'état de santé des veaux laitiers. *Trop Anim Health Prod*, 55, 115.
- ❖ **KHADRAWY, S. M., MOHAMED, D. S., HASSAN, R. M., ABDELGAWAD, M. A., GHONEIM, M. M., ALSHEHRI, S., & SHABAN, N. S. (2023).** La gelée royale et la *Chlorella vulgaris* atténuent la cytogénotoxicité et l'hépatotoxicité induites par l'acide gibbérélique chez les rats via la modulation de la voie de signalisation PPAR $\alpha$ /AP-1 et la suppression du stress oxydatif et de l'inflammation. *Foods*, 12(6), 1223.
- ❖ **KUDLACIK-KRAMARCZYK, S., KRZAN, M., JAMROZY, M., PRZYBYLOWICZ, A., & DRABCZYK, A. (2023).** Explorer le potentiel des

pansements hydrogel à base de gelée royale en tant que matériaux innovants pour le soin des plaies. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(10), 8738.

- ❖ **KWON, E.-B., KIM, Y. S., HAN, S. M., KIM, S.-G., & CHOI, J.-G. (2022).** L'effet protecteur du miel de *Tilia amurensis* contre l'infection par le virus de la grippe A grâce à la stimulation de la signalisation IFITM3 médiée par l'interféron. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 153, 113259.

### ❖ L

- ❖ **LACOUR, S., N'CHO, Y. P., KOUAME, L. P., & KOUAKOU, C. K. (2020).** Valorisation des produits de la ruche en tant qu'aliments pour les animaux : une revue. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 73(3-4), 147-156.
- ❖ **LESMANA, R., ZULHENDRI, F., FEARNLEY, J., IRSYAM, I. A., RASYID, R. P. H. N., ABIDIN, T., ABDULAH, R., SUWANTIKA, A., PARADKAR, A., BUDIMAN, A. S., et al. (2022).** L'adéquation de la propolis en tant que composant bioactif des biomatériaux. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 930515.
- ❖ **LIM, J. R., CHUA, L. S., & DAWOOD, D. A. S. (2023).** Évaluer les propriétés biologiques de la propolis d'abeille sans dard. *Foods*, 12(12), 2290.
- ❖ **LYON J., 1985.** Les aliments, les connaître, les choisir, les utiliser, connaissances et encyclopédies.789 : 141-143.

### ❖ M

- ❖ **MAFRA, J. F., SANTANA, T. S. D., CRUZ, A. I. C., FERREIRA, M. A., MIRANDA, F. M., ARAUJO, F. M., RIBEIRO, P. R., & EVANGELISTA-BARRETO, N. S. (2022).** Influence de la propolis rouge sur les caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et sensorielles du salami de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Chimie alimentaire*, 394, 133502.
- ❖ **MARTIN, M., DORCHIES, G., & FERNANDEZ, X. (2020).** Composition chimique de la cire d'abeille : une revue. *Revue française d'apiculture*, 147, 39-44.
- ❖ **MOHAMED, E. K., OSMAN, A. A., MOGHAZY, A. M., & ABDEL RAHMAN, A. A. S. (2022).** Effets protecteurs de la propolis contre la puissance multi-organique induite par la doxorubicine via la suppression du stress oxydatif, de l'inflammation, de l'apoptose et des altérations histopathologiques chez les rats femelles albinos. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12, 1762-1777.

### ❖ N

**NABILA, MUSHTAQ AHMAD, ALTHOBAITI, A. T., ALI, W., MASOOD, K.,**

**RAMADAN, M. F., CHAUDHARY, B., ZAFAR, M., AKHTAR, M. S., SULTANA, S., ZAHMATKESH, S., MEHMOOD, T., AZAM, M., & ASIF, S. (2023).** Échantillons de miel traités en membrane pour la caractérisation du pollen avec des bienfaits pour la santé. *Chemosphere*, 319, 137994.

### ❖ O

- ❖ **OZAROWSKI, M., KARPINSKI, T. M., ALAM, R., & LOCHYNSKA, M. (2022).** Propriétés antifongiques de la propolis chimiquement définie de diverses régions géographiques. *Micro-organismes*, 10(2), 364
- ❖ **PAULA, V. B., ESTEVINHO, L. M., CARDOSO, S. M., & DIAS, L. G. (2023).** Méthodes comparatives pour évaluer la capacité antioxydante de la propolis : une tentative d'explication des différences. *Molecules*, 28(12), 4847.
- ❖ **PEREZ-VERGARA, L. D., CIFUENTES, M. T., FRANCO, A. P., PEREZ-CERVERA, C. E., & ANDRADE-PIZARRO, R. D. (2020).** Development and characterization of edible films based on native cassava starch, beeswax, and propolis. *NFS Journal*, 21, 39-49
- ❖ **PIEDRAHITA MARQUEZ, D. G., MARASCHIN, M., OLIVEIRA, E. R., CAMARGO OVALLE, L. V., DIAZ-MORENO, C., & SUAREZ-MAHECHA, H. (2023).** Analyse métabolomique et potentiel antioxydant des extraits non polaires de propolis tropicale de Colombie. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2023, 9489176, 16 pages.

### ❖ R

- ❖ **REBOUÇAS-SILVA, J., AMORIM, N. A., JESUS-SANTOS, F. H., DE LIMA, J. A., LIMA, J. B., BERRETTA, A. A., & BORGES, V. M. (2023).** Propriétés leishmanicides et immunomodulatrices de l'extrait de propolis verte brésilienne (EPP-AF®) et d'une formulation de gel en un modèle préclinique. *Frontiers in Pharmacology*.
- ❖ **ROSIK, E., MADRAS-MAJEWSKA, B., TEPER, D., LEPECKA, A., & ZIELIŃSKA, D. (2021).** Classification de l'analyse en grappes du miel de deux zones climatiques différentes sur la base de paramètres physicochimiques et microbiologiques sélectionnés. *Molecules*, 26(8), 2361.

### ❖ S

- ❖ **SANCHEZ-MARTIN, V., MORALES, P., GONZALEZ-PORTO, A. V., IRIONDO-DEHOND, A., LOPEZ-PARRA, M. B., DEL CASTILLO, M. D., HOSPITAL, X. F., FERNANDEZ, M., HIERRO, E., & HAZA, A. I. (2022).**

- Amélioration de la capacité antioxydante du miel de thym et de châtaignier par l'ajout de produits apicoles. *Foods*, 11(19), 3118.
- ❖ **SARALAYA, S., BS, J., THOMAS, N. S., & SUNIL, S. M. (2021).** Cire d'abeille et miel - une introduction à l'OMFS. *Chirurgie buccale et maxillo-faciale*, 25, 1-6.
  - ❖ **SARGAZI, M., & TAGHIAN, F. (2023).** Composés bioactifs de la gelée royale et exercice améliorant la cardiomyopathie et l'état redox chez les patients sous thérapie de substitution à la méthadone : Essai clinique randomisé. *Journal of Herbal Medicine*, 38, 100634.
  - ❖ **SARITAS, Z. K., KORKMAZ, M., DEMIREL, H. H., BÜLBÜL, A., SARITAS, T. B., GÖRÜCÜ, F., & KOÇ, Y. (2022).** Effet cicatrisant des spécimens de propolis d'origine Anzer sur l'incision intestinale des rats. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi [Ankara University Faculty of Veterinary Medicine Journal]*, 69, 91-97.
  - ❖ **SIDOR, E., MILEK, M., ZAGUŁA, G., BOCIAN, A., & DŹUGAN, M. (2021).** Searching for Differences in Chemical Composition and Biological Activity of Crude Drone Brood and Royal Jelly Useful for Their Authentication. *Foods*, 10(9), 2233.
  - ❖ **SMITH, J., JOHNSON, A., & BROWN, C. (2021).** Analyse de la composition chimique du miel : une revue de la littérature récente. *Food Chemistry*, 315, 126235.
  - ❖ **SULTANES, FOSTER, K., LIM, L. Y., MARTEAU, K., & LOCHER, C. (2022).** Un examen de la phytochimie et de la bioactivité des miels de trèfle (*Trifolium* spp.). *Aliments*, 11, 1901.
  - ❖ **ŠUBERT, J ; KOLAR, J ; & ČIZMARIK, J. (2022).** Colour and antioxidant activity of honey. *Ceska Slov Farm*, 71(1), 20-26.
  - ❖ **SZULC, J ; MACHNOWSKI, W ; KOWALSKA, S ; JACHOWICZ, A ; RUMAN, T ; STEGLINSKA, A ; & GUTAROWSKA, B. (2020).** Beeswax-Modified Textiles: Method of Preparation and Assessment of Antimicrobial Properties. *Polymers (Basel)*, 12(2), 344.
- ❖ T
- ❖ **TOUZANI, S ; IMTARA, H., KATEKHAYE, S ; MECHCHATE, H ; OUASSOU, H., ALQAHTANI, A. S ; NOMAN, O. M ; NASR, F. A., FEARNLEY, H., FEARNLEY, J ; et al. (2021).** Détermination des composés phénoliques dans divers échantillons de propolis prélevés dans une région africaine et asiatique et leur impact sur les activités antioxydantes et antibactériennes. *Molécules*, 26, 4589.

- ❖ **TREMBLAY, L ; & GAGNE, S. (2020).** Protocole de la méthode de diffusion en milieu solide (méthode de disque) pour l'évaluation de l'activité antifongique de la propolis. *Journal de Microbiologie Clinique et Biologique*, 38(4), 287-294.

❖ V

- ❖ **VALVERDE, T. M ; SOARES, B. N. G. S ; NASCIMENTO, A. M. D ; ANDRADE, Â. L ; SOUSA, L. R. D ; VIEIRA, P. M. D. A., SANTOS, V. R., SEIBERT, J. B ; ALMEIDA, T. C. S. D ; RODRIGUES, C. F ; OLIVEIRA, S. R. M. D ; MARTINS, F. D. S ; FERREIRA JUNIOR, J. G ; & DOS SANTOS, V. M. R. D. (2023).** Étude anti-inflammatoire, antimicrobienne, antioxydante et photoprotectrice de l'extrait de propolis rouge comme formulation d'écran solaire dans la crème Polawax. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(6), 5112.
- ❖ **VAZQUEZ, L ; ARMADA, D ; CELEIRO, M., DAGNAC, T ; & LLOMPART, M. (2021).** Évaluation de la présence et du contenu des composés phytochimiques dans les échantillons de miel : composés phénoliques comme indicateurs pour identifier leur origine botanique. *Aliments*, 10, 2616.
- ❖ **VITTEK, J. (1995).** Composition of honeybee royal jelly: Review. *Journal of Medicinal Food*, 1(4), 267-275.
- ❖ **VURAL, O., TUNÇ, A., KAMASZEWSKI, M., & AKSAKAL, E. (2023).** La gelée royale est-elle une source alternative durable de lipides en aquaculture ? Influence des niveaux alimentaires de gelée royale sur la composition en acides gras du poisson zèbre. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 161997, 1-15.

❖ Y

- ❖ **YANG, J; HE, Y; NAN, S; LI, J; PI, A., YAN, L; XU, J; & HAO, Y. (2023).** Effet thérapeutique des nanoparticules de propolis sur la cicatrisation des plaies. *Journal de la Science et de la Technologie de la Livraison de Médicaments*, 82, 104284.

❖ Z

- ❖ **ZULHENDRI, F; PERERA, C. O; CHANDRASEKARAN, K; GHOSH, A; TANDEAN, S; ABDULAH, R; HERMAN, H., & LESMANA, R. (2022).** Propolis d'abeilles sans dard pour le développement de nouveaux aliments fonctionnels et d'ingrédients nutraceutiques : un examen systématique de la portée de la preuve expérimentale. *Journal of Functional Foods*, 88, 104902.
- ❖ **ZULHENDRI, F ; PERERA, CO, TANDEAN, S ; ABDULAH, R ; HERMAN, H ; CHRISTOPER, A ; et al. (2022).** L'utilisation potentielle de la propolis comme thérapie

primaire ou adjuvante dans les maladies et troubles liés aux voies respiratoires : une revue systématique de la portée. *Biomédical. Pharmacologue.* 146, 112595.

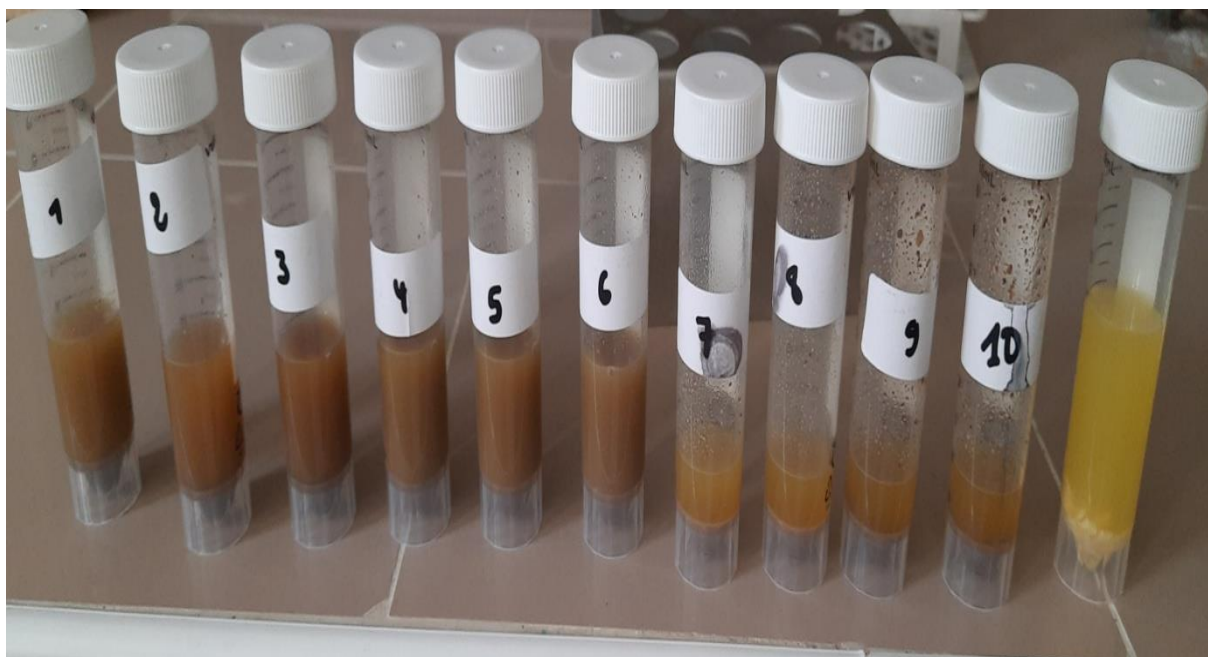
- ❖ **ZULIANI, V ; PERPETE, C ; LATRILLE, M., DENIS, C ; & CARLIN, J.-F. (2020).** Méthodes d'analyse microbiologique des aliments : Mise à jour 2020. Technique & Documentation.

### ❖ **références web**

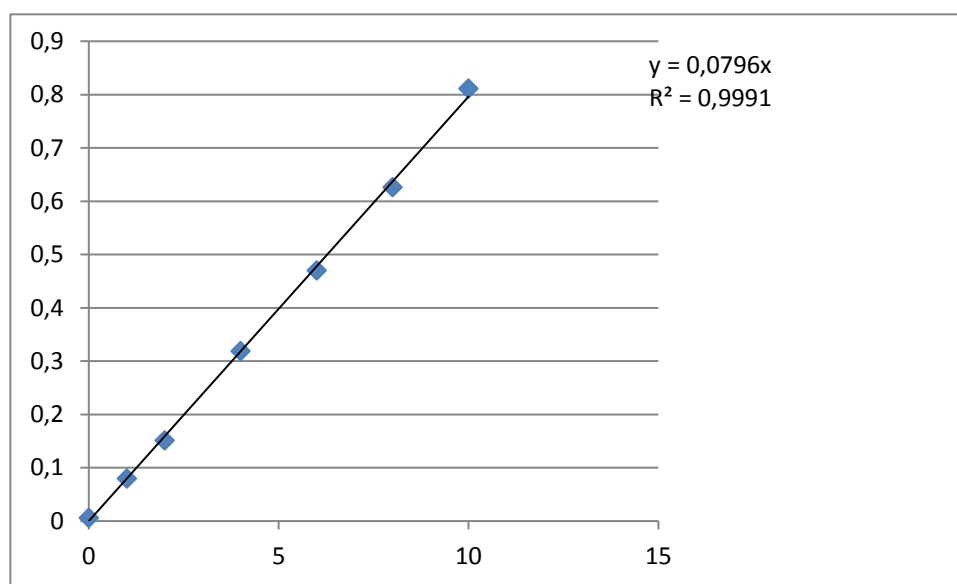
- ✓ Anonyme 01 : <https://abeilleautonome.fr/>.
- ✓ Anonyme 02: <https://www.propos-nature.com/>.
- ✓ Anonyme 03: <https://www.slideserve.com/>.



# **Annexes**



**Annexe 1** : Photographie des extraits éthanoliques de la propolis et de la cire d'abeille.



**Annexe 2** : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols.