

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Ghardaïa



Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre
Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de
MASTER

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

Par: -BENABDERRAHMANE Maria

-HADJMAHAMMED Maroua

Thème

Contribution à l'étude des propriétés physico-chimiques, biochimiques et thérapeutiques du miel et de quelques produits de la ruche

Soutenu publiquement, le 16 / 06 / 2025 devant le jury composé de :

Mme. BOUZIDI S.	MCB	Univ. Ghardaïa	Présidente
Mme. HAMID OUDJANA A.	MCA	Univ. Ghardaïa	Encadrante
M. BELHACHEMI M. H.	MCB	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire : 2024/2025



سُورَةُ النَّحْلِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنِ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ
بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ (68) ثُمَّ كُلِي
مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ
مِن بُطُونِهَا شَرَابٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ
لِّلنَّاسِ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ (69)

(69-68)

Remerciements

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

*Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice **Mme HAMID OUDJANA. A** qui a proposé le sujet et accepté de le diriger, ainsi que pour ses conseil judicieux et précieux, ses compétences scientifiques, sa confiance qu'elle nous a accordé et surtout pour ses très grandes qualités humaines et sa gentillesse, Tu étais une personne extraordinaire.*

Nous remercions vivement les membres de ce jury :

***M.BELHACHEMI M. H** nous sommes très honorés que vous avez accepté l'examineur du jury de ce mémoire. Trouvez ici l'expression de nos sincères remerciements et soyez assurée de notre profonde gratitude.*

***Mme. BOUZIDI** merci d'avoir accepté de faire partie du jury de ce mémoire, pour l'intérêt que vous portez à notre travail et pour le temps consacré afin de l'évaluer.*

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

*Un merci particulier à **Monsieur HAMDAOUI H.** et **Mme BELABBASSI O., Mme BAALI F.** enseignant à l'université de Ghardaïa pour la qualité de son enseignement, pour toutes les informations qui nous a donné sur la rédaction du mémoire et son aide.*

*Nous tenons à remercier particulièrement le responsable de laboratoire **M MOULAY OMAR A.***

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

Dédicace

*Avant tous, **Alhamdulillah** grâce à mon dieu qui m'a aidé au long de mon parcours universitaire et m'a permis d'atteindre mon objectif d'arriver à mon rêve.*

Je tiens c'est avec grand plaisir que je dédie ce modeste travail de fin d'étude A ma lumière de ma vie quand les jours s'assombrissent dans mes yeux, mon espoir quand la vie me manque, le secret de mon bonheur, je souhaite exprimer ma gratitude infinie pour ton soutien constant, ta bienveillance et ton soutien inconditionnel.

♥ Ma mère Khadra ♥

A celui qui s'est sacrifié pour qu'il soit le soutien sans faille et sa sagesse qui m'ont toujours guidé. Merci pour ta patience, ta confiance et pour m'avoir transmis la force de persévérer.

♥ Mon père Abdessalam ♥

Je dédie ce mémoire à mes chères sœurs et mes frères, dont le soutien indéfectible, la patience et l'amour m'ont toujours encouragé(e) à persévérer. Votre présence à mes côtés a été une source constante de motivation et de réconfort tout au long de ce parcours. Merci pour vos encouragements, vos conseils et votre confiance.

À mes amis et camarades, je souhaite vous remercier pour tous les merveilleux moments de joie

J'aimerais adresser une reconnaissance spéciale à mon binôme

♥ Maroua. ♥

Votre présence et votre amitié ont rendu cette expérience mémorable. Grâce à notre équipe solide, nous avons pu accomplir ce travail avec succès, Tu étais une personne extraordinaire

Avec toute mon affection et ma gratitude, [María]

BENABDERRAHMANE María

Dédicace

Tout d'abord, je remercie Dieu, le tout puissant, qui m'a aidé et permis de suivre ce parcours universitaire qui m'a ouvert les portes vers mon avenir, à toutes les personnes qui ont une place particulière pour moi :

♥ Mon cher papa ♥

Qui est mon exemple dans la vie, celui qui n'a ménagé aucun effort dans mon éducation, qui m'a toujours appris et inculqué le vrai sens du travail et des responsabilités. Aucune dédicace ne pourrait exprimer toute la considération et respect que j'ai pour toi. Cette réussite est la tienne autant que la mienne.

♥ Ma chère maman ♥

La lumière de ma vie, Celle qui a toujours été présente pour moi, qui m'a toujours soutenu et qui m'a toujours poussé vers la réussite. Aucun mot ne pourrait exprimer tous les sentiments que je te porte, que le Dieu me la garde et la protège. Ce travail est le fruit de tes encouragements et de ta foi en moi. Merci pour tout.

À ma chère sœur, qui m'accompagne chaque jour, dans les meilleurs moments comme dans les moins bons. Je ne saurais décrire ma vie sans toi, merci ma sœur.

À mes chers frères Abdelkader, Tayeb et mon petit frère Abdel Alwahab, ils ont tous des remerciements et une appréciation pour tout ce qu'ils m'ont donné tout au long de ma carrière. Aux enfants de ma chère sœur, Bouchra et Mohamed.

A toute ma famille, mes oncles, mes tantes, ma grand-mère et tous les cousins et cousines.

♥ Ma binôme Maria ♥

Merci infiniment pour cette merveilleuse aventure et cette incroyable expérience. Je te souhaite le meilleur et tout le succès que tu mérites.

HADJMAHAMMED Maroua

Résumé

Le présent travail porte sur la valorisation de produits apicoles, en étudiant leurs qualités par la détermination de leurs caractéristiques physicochimique et biochimique ainsi l'évaluation in vitro de l'activité antibactérienne et in vivo de l'activité cicatrisante. Pour cela, cinq échantillons de produits de la ruche ont été collectés auprès des apiculteurs dans quelques régions du territoire algérien (Oued Ntissa, Hassi Lefhal, Metidja). Les paramètres physicochimiques ont montré une acidité varie entre 6 ± 0 et $17,33\pm 1,1$ meq/Kg et une teneur en eau < 20 % indiquent que nos échantillons révèlent une stabilité contre la fermentation indésirable, une conductivité électrique entre $0,17\pm 0$ et $2,32\pm 0,1$ ms/cm, un taux de cendre varie entre $0,04\pm 0,04$ et $3,89\pm 0,5$ %, les valeurs de pH indiquent que tous les produits tester ayant un pH acide compris entre $4,50\pm 0$ et $5,20\pm 0,05$. L'analyse biochimique montre un taux élevé de protéine pour le pollen $32,40\pm 2,2\%$. De plus le dosage de sucre totaux enregistre une valeur très élevée pour le miel d'agrumes $98,87\pm 9,3\%$. Les résultats de la CCM montrent la présence de glucose, fructose et galactose chez la majorité des échantillons sauf pour la cire qui montre une absence totale des oses étalons utilisés. L'évaluation in vitro du pouvoir antimicrobien démontrent l'impact de ces produits sur la sensibilité bactérienne. Il s'est avéré que le miel de cidre est le plus efficace contre les souches testées. A la lumière des résultats obtenus. L'activité cicatrisante montre une différence significative du pourcentage de contraction des plaies entre les produits de ruche, le miel d'agrumes permet aux plaies de cicatriser plus rapidement que les autres produits et de témoin négatif par contre le témoin positif ne présente pas de différence significative avec nos échantillons ce qui révèle que les produits de la ruche ont une activité cicatrisante similaire à celle du Madécassol. Nous avons conclu que les échantillons de miel analysés sont de haute qualité et conformes aux normes internationales, par conséquent nos échantillons peuvent être utilisés comme produit naturel pour traiter les maladies.

Mots clés : Produits apicoles, caractéristiques physicochimiques, biochimique, activité cicatrisante, activité antibactérienne.

الملخص

يركز هذا العمل على تثمين منتجات تربية النحل من خلال دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية الحيوية بالإضافة إلى التقييم المختبري للنشاط المضاد للبكتيريا ونشاط الشفاء في الجسم الحي. لتحقيق ذلك، تم جمع خمس عينات من منتجات الخلايا النحلية من مربى النحل في مناطق مختلفة من الأراضي الجزائرية (واد نتياس، حاسي الفحل، متيجة). كشفت المعايير الفيزيائية والكيميائية عن حموضة تتراوح بين 6 ± 0 و $17,33 \pm 1,1$ ميلي مكافئ/كجم ومحتوى رطوبة أقل من 20%، مما يشير إلى أن عيناتنا تتمتع بالاستقرار ضد التخمر غير المرغوب فيه. تراوحت الموصلية الكهربائية بين 0.17 ± 0 و $2.32 \pm 0,1$ ملي سيمنز/سم، وتفاوت محتوى الرماد بين $0,04 \pm 0,04$ % و $3.89 \pm 0,05$ %. كما أشارت قيم الأس الهيدروجيني إلى أن جميع المنتجات المختبرة كانت ذات أس هيدروجيني حمضي يتراوح بين 4.50 ± 0 و $5,20 \pm 0,05$ كشف التحليل البيوكيميائي عن محتوى عالٍ من البروتين في حبوب اللقاح، حيث وصل إلى $32.40 \pm 2,2$ %. علاوة على ذلك، سجل المحتوى الإجمالي للسكر قيمة عالية جدًا لعسل الحمضيات، بلغت $98.87 \pm 9,3$ %. كما أظهرت نتائج الفصل اللوني بطبقة رقيقة (TLC) وجود الجلوكوز والفركتوز والجالاكتوز في معظم العينات، باستثناء شمع النحل الذي أظهر غيابًا تامًا للسكريات الأحادية القياسية المستخدمة. أظهر التقييم المختبري للنشاط المضاد للميكروبات تأثير هذه المنتجات على حساسية البكتيريا، حيث أثبت عسل السدر فعاليته الأكبر ضد السلالات المختبرة.

وفي ضوء النتائج التي تم الحصول عليها، أظهر نشاط التئام الجروح فرقًا كبيرًا في نسبة تقلص الجرح بين منتجات الخلايا النحلية. مكّن عسل الحمضيات الجروح من الالتئام أسرع من المنتجات الأخرى وكذلك المجموعة السلبية. ومع ذلك، لم يظهر الضابط الإيجابي فرقًا كبيرًا مقارنة بعيناتنا، مما يشير إلى أن منتجات الخلايا النحلية تمتلك نشاطًا علاجيًا مشابهًا لنشاط _Madecassol_. نستنتج أن عينات العسل التي تم تحليلها ذات جودة عالية وتفي بالمعايير الدولية. وبالتالي، يمكن استخدام عيناتنا كمنتجات طبيعية لعلاج الأمراض.

الكلمات المفتاحية: منتجات تربية النحل، الخصائص الفيزيائية؛ الكيميائية الحيوية؛ النشاط المضاد للبكتيريا؛ نشاط التئام الجروح.

Abstract

This work focuses on the valorization of beekeeping products by studying their qualities through research into physicochemical and biochemical characteristics as well as the in vitro evaluation of antibacterial activity and in vivo healing activity. To achieve this, five samples of beehive products were collected from beekeepers in various regions of Algerian territory (Oued Ntissa, Hassi Lefhal, Metidja). The physicochemical parameters revealed acidity ranging from 6 ± 0 to $17,33\pm 1,1$ meq/kg and a moisture content of less than 20%, indicating that our samples exhibit stability against undesirable fermentation. The electrical conductivity ranged between 0.17 ± 0 and $2.32\pm 0,1$ mS/cm, and the ash content varied from $0,04\pm 0,04$ % to $3,89\pm 0,5$ %. The pH values indicated that all tested products had an acidic pH between $4,50\pm 0$ and $5,20\pm 0,05$. The biochemical analysis showed a high protein content in pollen, reaching $32,40\pm 2,2$ %. Furthermore, the total sugar content recorded a very high value for citrus honey, at $98,87\pm 9,3$ %. The results of thin-layer chromatography (TLC) revealed the presence of glucose, fructose, and galactose in most samples, except for beeswax, which showed a total absence of the standard monosaccharides used. The in vitro evaluation of antimicrobial activity demonstrated the impact of these products on bacterial sensitivity. Cider honey proved to be the most effective against the tested strains. In light of the obtained results, the wound healing activity showed a significant difference in the percentage of wound contraction between the beehive products. Citrus honey enabled wounds to heal faster than the other products and the negative control. However, the positive control did not show a significant difference compared to our samples, indicating that beehive products have a healing activity comparable to that of Madecassol. We conclude that the analyzed honey samples are of high quality and meet international standards. As a result, our samples can be used as natural products for treating diseases.

Keywords: Beekeeping products, physicochemical, biochemical characteristics, antibacterial activity, healing activity

Liste des abréviations

AL : Acidité libre

ATB : Antibiotique

BSA : Sérum albumine bovine

CAPE : Ester phényléthylique d'acide caféique

CCM : Chromatographie sur couche mince

COX : Cyclooxygenase

DO : Densité optique

GC-MS : Gas Chromatography–Mass Spectrometry

GR : Gelée royale

LC-MS : *Liquid Chromatography–Mass Spectrometry*

Meq : Milli-équivalents

MH : Mueller Hinton

Miel 1 : Miel d'agrumes

Miel 2 : Miel de cidre

mS : milli Siemens

N : Normalité

NaOH : Hydroxyde de Sodium

TNF : Facteur de nécrose tumorale

UE : Union Européenne

Tableaux des matières

Résumé.....	I
Liste des abréviations.....	IV
Liste des figures	XIII
Liste des tableaux.....	XI
Introduction.....	1

Chapitre 1. Aperçu sur les abeilles et les produits de la ruche

I. Généralité sur les abeilles	4
II. Généralité sur les produits de la ruche	4
II.1. Miel	4
II.1.1. Définition	4
II.1.2. Classification.....	5
II.1.3. Composition chimique du miel	8
II.2. Propolis	12
II.2.1. Définition	12
II.2.2. Composition de la propolis	12
II.3. Pollen.....	14
II.3.1. Définition de pollen.....	14
II.3.3. Composition chimique	15
II.4. Cire d'abeille.....	17
II.4.2. Différents composants de la cire	17
II.5. Gelée royale	18
II.5.1. Définition	18
II.5.2. Composition	19

Chapitre 2. Propriété biologique et thérapeutique de produit de la ruche

III.1. Miel.....	23
III.1.1. Caractéristiques organoleptiques	23
III.1.2. Propriétés physico-chimiques	24
III.1.3. Propriétés nutritionnelles	26
III.1.4. Propriétés thérapeutiques	26

III.2. Propolis	28
III.2.1. Caractéristiques organoleptiques et physicochimique	28
III.2.2. Propriétés thérapeutiques	28
III.3. Pollen	32
III.3.1. Caractéristiques organoleptiques et physicochimique	32
III.3.2. Propriété nutritionnelle	33
III.3.3. Propriété pharmacologique	33
III.4. Cire d'abeille.....	34
III.4.1. Caractéristiques physiques.....	34
III.4.2. Caractéristiques chimiques	35
III.4.3. Caractéristiques sensorielles	36
III.4.4. Propriétés biologiques.....	37
III.5. Gelée royale	37
III.5.1. Caractéristiques organoleptiques	37
III.5.2. Propriété pharmacologique	38

Matériel et méthodes

I. Principe adopté	41
II. Matériel	41
II.1. Echantillonnage.....	41
II.2. Matériel non biologique	42
II.3. Matériel biologique	43
II.3.1. Souches microbiennes	43
II.3.2. Animaux	43
III. Méthodes.....	44
III.1. Analyse physico-chimique	44
III.1.1. PH	44
III.1.2. L'acidité libre	45
III.1.3. Conductivité électrique	46
III.1.4. Indice de réfraction	47
III.1.5. Teneur en solides solubles en % ou Brix	48

III.1.6. Teneur en eau	48
III.1.7. Taux de cendres.....	49
III.1.8. Densité	50
III.1.9. Couleur.....	51
III.1.10. Température de fusion.....	51
III.2. Analyses biochimiques.....	52
III.2.1. Chromatographie des sucres sur couche mince des différents produits.....	52
III.2.2. Dosage de protéine.....	54
III.2.3. Dosage de sucre	55
III.3. Analyse thérapeutique.....	55
III.3.1. Activité antimicrobienne.....	55
Préparation des différentes dilutions d'échantillon.....	58
III.3.2. Activité cicatrisante.....	59

Résultats et discussion

I. Caractérisation physicochimique.....	62
I.1. pH	62
I.2. Acidité libre	63
I.3. Conductivité électrique.....	66
Les résultats de la conductivité électrique obtenus sont montrés sur la figure (23).	66
I.4. Indice de réfraction et degré Brix	68
I.5. Teneur en eau et en matière sèche	70
I.6. Teneur en cendre.....	74
I.7. Densité relative	75
I.8. Couleur	77
I.9. Température de fusion	79
II. Analyse biochimique.....	80
II.1. CCM.....	80
II.2. Dosage de protéine	82
II.3. Dosage de sucre.....	84
III. Analyse thérapeutique.....	85
III.1. Activité antibactérienne	85

III.2. Activité cicatrisante.....	92
Conclusion et perspectives.....	100
Références bibliographiques.....	103
Annexe	125

Liste des figures

Figure 1 Abeille cueillant de nectar.	6
Figure 2 Abeille cueillant de miellat	7
Figure 3 Composition du miel en glucides	9
Figure 4 Composition de la propolis.....	13
Figure 5 Structure du grain de pollen.....	14
Figure 6 Composition moyenne de pollen	16
Figure 7 La gelée royale.....	19
Figure 8 Produits de la ruche	41
Figure 9 Mesure de pH à l'aide d'un pH mètre	44
Figure 10 Acidité titrable	45
Figure 11 La mesure de conductivité à l'aide conductimètre	47
Figure 12 Mesure de la densité	50
Figure 13 Mesure de point de fusion à l'aide d'un fusiomètre	52
Figure 14 Solutions étalons.....	52
Figure 15 Développement de la chromatographie	54
Figure 16 Préparation de l'inoculum	56
Figure 17 Ensemencement bactérienne.....	57
Figure 18 Préparation de différentes dilutions sur les discs	58
Figure 19 Les étapes d'excision de lapins	59
Figure 20 Traitement de lapins.....	60
Figure 21 Variation du pH de l'ensemble de l'échantillon analysé	62
Figure 22 Acidité libre de différents échantillon étudiés.	64
Figure 23 Conductivité électrique de différents échantillons étudiés	66
Figure 24 Indice de réfraction et le degré de Brix sur les différents échantillons testés	68
Figure 25 Teneur en eau et la matière sèche de différents échantillons	71
Figure 26 Teneur en cendre des cinq échantillons analysés.....	74
Figure 27 Densité relative de miel, pollen, propolis et de la cire d'abeille.....	76
Figure 28 Valeurs de l'intensité de couleur.....	78
Figure 29 Température de fusion des échantillons.....	79
Figure 30 la séparation de sucre sur la couche mince.....	81
Figure 31 Taux des protéines de différents produits de la ruche	82
Figure 32 Taux de sucre totaux des cinq différents produits de la ruche:.....	84
Figure 33 Exemple de l'effet des cinq échantillons étudiés sur <i>Listeria Monocytogenes</i>	86
Figure 34 Effet inhibiteur des ATB et des différents échantillons sur la croissance d' <i>E. Coli</i>	86
Figure 35 Effet inhibiteur des ATB et des différents échantillons sur la croissance de <i>B.subtilis</i>	87
Figure 36 Effet inhibiteur des ATB et des différents échantillons sur la croissance de <i>S. aureus</i>	87
Figure 37 Effet inhibiteur des ATB et des différents échantillons sur la croissance de <i>Paeruginosa</i>	88

Figure 38 Effet inhibiteur des ATB et des différents échantillons sur la croissance de <i>L.monocytogenes</i>	88
Figure 39 Cinétique de l'évolution du taux de cicatrisation % des lapins Test, témoins positifs et négatifs.....	95
Figure 40 Jour précis de de cicatrisation à 100% des plaies.....	96

Liste des tableaux

Tableau 1 Principales différences entre miel de miellat et miel de nectar.	8
Tableau 2 Sels minéraux et oligo-éléments du miel	11
Tableau 3 Composition de la cire d'abeille.....	18
Tableau 4 Les propriétés organoleptiques et physicochimique de pollen).	33
Tableau 5 Propriétés organoleptiques de la gelée royale	37
Tableau 6 Produit de la ruche analysés.	42
Tableau 7 Appareillages utilisés.....	42
Tableau 8 Principaux produits chimiques utilisés.....	42
Tableau 9 Souches microbiennes utilisées	43
Tableau 10 Caractéristique des lapins utilisés	44
Tableau 11 Echelle de sensibilité des germes.	58
Tableau 12 Les sucres globaux de chaque échantillon	81
Tableau 13 Température corporelle de lapins	93
Tableau 14 Evaluation de la contraction des plaies au cours de 18 jour	94
Tableau 15 Evolution de la contraction (%) des plaies traitées par les produits de la ruche et les témoins positifs et négatifs.....	95

Introduction





Introduction

L'Homme porte également un intérêt tout particulier à l'abeille mellifère en raison de leur grand potentiel agronomique et économique dû à la production de produits commerciaux de valeur tels que la cire, le pollen, la propolis, la gelée royale et surtout le miel qui sont d'utilisés en médecine traditionnelle pour prévenir les maladies et favoriser la guérison des plaies (**Berenbaum et Calla, 2021**).

Le soin des plaies représente actuellement un défi majeur en santé publique en raison des difficultés posées par les plaies chroniques associées à des comorbidités, notamment une hospitalisation prolongée, une perte de mobilité et un risque accru d'infections nosocomiales. Parallèlement, l'apparition de souches bactériennes de plus en plus résistantes et l'augmentation des coûts liés aux pansements, aux antibiotiques et aux médicaments (qui présentent généralement des effets secondaires) poussent la recherche à explorer des alternatives naturelles et sans effets secondaires pour le traitement des plaies (**Bava et al., 2024**).

Actuellement, l'intérêt scientifique pour les produits de ruche s'est accru ces dernières années, notamment en raison de la recherche de solutions alternatives aux traitements chimiques et de la valorisation des ressources apicoles dans les domaines médicaux. L'utilisation de ces produits en médecine est appelée apithérapie qui est une branche de la médecine naturelle, ou alternative, qui utilise les produits de l'abeille pour traiter des pathologies graves et bénignes (**Bava et al., 2024**).

Le miel, le pollen, la propolis et la cire présentent tous une richesse en composés bioactifs qui les rend efficaces contre diverses pathologies (**Nader et al., 2021**). Grace à leurs nombreux principes actifs (peroxyde d'hydrogène, lysozyme, pH, acides phénoliques, flavonoïdes etc...), ces produits de la ruche possède diverses propriétés biologiques dont les plus importantes sont l'activité antibactérienne, cicatrisante, antioxydante, anti- inflammatoire, gastro et hépato-protectrices (**Cornara et al., 2017**).

Dans ce sens, nous avons assignés différents objectifs dans cette étude.

L'objectif principal a porté sur la valorisation biologique de quelques produits de la ruche à travers différentes activités, notamment l'activité antibactérienne et l'activité cicatrisante.





En second lieu, l'étude a porté sur la comparaison des paramètres physico-chimiques et biochimiques des produits testés afin d'évaluer leur qualité globale soit nutritionnelles, d'authenticité, de conservation.

Ce mémoire de fin d'études est présenté sous forme de parties. Il est composé d'une introduction générale, suivie de trois parties et se termine par une conclusion générale.

La première partie est consacrée à la revue bibliographique, qui comporte deux chapitres. Le premier chapitre a pour but d'offrir une vue générale sur les produits de la ruche, leurs importances et leurs compositions. Le deuxième chapitre offre une analyse plus approfondie des caractéristiques spécifiques des produits de la ruche, notamment de leurs propriétés physicochimiques, biologiques et thérapeutiques.

La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale. Elle inclut les objectifs de notre étude, une présentation générale des sites d'étude et traite du matériel et des méthodes utilisés lors de ce travail. La troisième partie présente les résultats et leur discussion, en rapport avec des données de littérature existantes en Algérie et à travers le monde et en fin une conclusion générale qui est un ensemble de réflexions et de perspectives achève ce travail.



Chapitre 1

Aperçu sur les abeilles et les produits de la ruche



I. Généralité sur les abeilles

Les abeilles sont des insectes sociaux de la famille des Apidés, possèdent une organisation fascinante. Dont, trois castes structurent la société des abeilles : la reine, les ouvrières et les faux bourdons. Elles vivent en colonies, chacun travaille dans l'intérêt du groupe, caractérisée par la division et la spécialisation du travail, la vitalité de ce dernier dépend la survie de chacun. Au sein de la ruche, aucun individu ne peut vivre seul (**Clément, 2009**). L'effectif de la population peut varier de 20 000 à 80 000 individus, dont : une seule reine, 1000 à 4000 mâles (présents uniquement d'avril à septembre), le reste étant constitué par les ouvrières (**Le Conte, 2002**).

Deux espèces d'abeilles sont exploitées par l'homme pour la production de miel : l'abeille domestique *Apis Mellifera*, et l'abeille orientale *Apis Cerana*. Dont, l'abeille la plus intéressante d'un point de vue du rendement en miel et autres produits est *Apis Mellifera* (**Khan et Khan, 2018**). Plus de 30 sous-espèces *Apis Mellifera* sont décrites dans le monde, classés selon des traits morphologiques, comportementaux, physiologiques et écologiques adaptés à leur habitat local, de plus, les différences phénotypiques se traduire par des différences génétiques. Parmi lesquelles, deux sous-espèces se trouvent en Algérie : *Apis Mellifera Intermissa*, et *Apis Mellifera Sahariensis* (**Aglagane et al., 2022 ; Khedidji et al., 2022 ; Salvatore et al., 2023**).

II. Généralité sur les produits de la ruche

II.1. Miel

II.1.1. Définition

Les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* produisent une substance sucrée naturelle appelée le miel, à partir du nectar des fleurs, de sécrétions issues de parties vivantes des plantes, ainsi que d'excrétions déposées par des insectes suceurs. Les abeilles butinent ces éléments, les transforment en les mélangeant avec des substances spécifiques à leur espèce, puis les déposent dans les rayons de la ruche. Elles déshydratent le mélange et le laissent murir. À l'exception du miel filtré, aucun pollen ou autre composant naturel ne doit être retiré, sauf si cela est nécessaire pour éliminer des matières organiques ou inorganiques étrangères (**Codex alimentaire, 2001**). Le miel est un produit entièrement naturel. L'intervention humaine dans sa production est inexistante. L'apiculteur doit créer un endroit où les abeilles peuvent se sentir bien et récolter le miel pour qu'il soit bon et stable (**Lequet, 2010**).





Le miel produit par les abeilles est une solution visqueuse composée de diverses molécules, notamment le fructose, le glucose, l'eau, des cendres, des protéines, des acides aminés, ainsi que des traces d'enzymes, de vitamines et d'autres substances comme les composés phénoliques. Sa composition varie en fonction des types de plantes dont les abeilles récoltent le nectar. Chaque type de miel possède des propriétés nutritionnelles et médicinales uniques et ses composants agissent en synergie, ce qui permet d'utiliser le miel dans de nombreuses applications (**Patricia et al., 2015**).

Les compositions et les activités biologiques du miel dépendent de la botanique et des origines géographiques (**Alzahrani et al., 2012**). Ainsi les abeilles utilisent essentiellement le miel pour deux objectifs : comme moyen d'énergie pour elles-mêmes et comme apport alimentaire pour les larves en croissance. Le miel est une source de sucres faciles à digérer qui permet aux abeilles d'obtenir rapidement l'énergie nécessaire pour leurs activités quotidiennes. Il est également crucial pour le développement des larves qui se nourrissent de miel pendant leur processus de croissance (**Viel et Doré, 2003**).

II.1.2. Classification

Le miel provient des plantes par l'intermédiaire des abeilles à partir de solutions sucrées produites par des végétaux, soit sous forme de nectar, soit sous forme de miellat (**Buba et al., 2013**). Leur composition chimique diffère selon plusieurs paramètres (pH, teneur en minéraux, profil des glucides...). Ainsi les miels sont classés selon la source naturelle et selon l'origine botanique (**Codex alimentaire, 2001**).

II.1.2.1. Selon la source naturelle

II.1.2.1.1. Miel de nectar

Le nectar est un liquide sucré sécrété par les glandes dites nectarifères, présentes sur de nombreuses plantes (**Figure 1**). Le nectar contenu dans cette glande est situé le plus souvent dans les fleurs, mais peut aussi se trouver à la base de certaines feuilles (**Marchenay et Bernard, 2007**). La grande majorité du miel que nous consommons est le miel de fleur (**Clément, 2002**). **Calixto et al (2024)** signalent que les nectaires, glandes nectarifères de petite taille, ont une localisation variable. On distingue :

- les nectaires floraux : situés à la base des pièces florales (pétales) pour attirer les pollinisateurs





– les nectaires extra floraux : situés sur les feuilles, les tiges ou les autres parties de la plante

➤ Composition du nectar

Les composants du miel et du nectar sont identiques, mais leur concentration varie. Dans les nectars, la concentration de sucres se situe entre 4 et 60 %. Les abeilles privilégient ceux qui contiennent du nectar, lequel est constitué de nombreux composés organiques issus de la sève, tels que l'acide fumarique, l'acide succinique, l'acide malique et l'acide oxalique, entre autres. En effet, ces nectars contiennent des acides qui représentent 30 à 50 % de leur composition, ainsi que des sucres (environ 90 %), comme le saccharose, le glucose et le fructose (Nicolson et Thornburg, 2007). Les proportions de ces sucres varient selon les plants et affectent la qualité du miel (Schweitzer, 2005). En revanche, les nectars dont la teneur en sucres est inférieure à 15 % ne suscitent pas l'intérêt des abeilles (Nicolson et Thornburg, 2007).

De plus des sucres, les nectars contiennent diverses protéines (enzymes, acides aminés libres tels que l'acide glutamique, l'acide aspartique, la méthionine, la sérine et la tyrosine), des arômes et des composés inorganiques comme le phosphate. La teneur en eau du nectar varie considérablement, estimée entre 20 et 95 %, ce qui lui confère une consistance plus ou moins aqueuse ou sirupeuse (Nicolson et Thornburg, 2007).

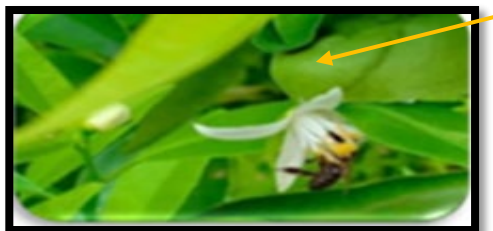


Figure 1 Abeille cueillant de nectar (Homrani, 2020).

II.1.2.1.2. Miel de miellat

Il s'agit d'un liquide épais et visqueux, produit par les excréments liquides des homoptères, tels que les psylles, les cochenilles et surtout les pucerons. Ces insectes piqueurs perforent les tissus des plantes à l'aide de leurs pièces buccales pour extraire les éléments azotés présents dans la sève (Figure2). En conséquence, ils rejettent par leur anus des gouttelettes sucrées et riches en acides aminés, connues sous le nom de miellat. Ce dernier est plus concentré en sucre que le nectar et





contient également une plus grande quantité d'azote, d'acides organiques, de minéraux et de sucres complexes, tels que la mélézitose et les maltoses (**Rossant, 2011 ; Glacet, 2021**).

Les insectes hôtes de ces plantes se trouvent principalement sur des arbres forestiers ou ornementaux tels que le sapin, l'épicéa, le pin sylvestre, le tilleul et le chêne. Les abeilles collectent le miellat en complément ou en substitution du nectar pour produire un miel plutôt sombre et moins humide que celui issu du nectar. Cependant, la récolte de miellat par les abeilles est très variable et dépend de nombreux facteurs climatiques. Par ailleurs, il est important de noter que tous les types de miellat ne conviennent pas aux abeilles (**Rossant, 2011**).

➤ **Composition du miellat**

Les miels de miellat sont caractérisés par une couleur très foncée, des valeurs élevées en pH, en composés phénoliques et en cendres. Ils contiennent moins de monosaccharides et plus de di, tri et d'oligosaccharides que les miels de fleur (nectar), ce qui rend leur cristallisation plus lente (**Terrab et al., 2002 ; Ouchemoukh et al., 2007**).



Figure 2 Abeille cueillant de miellat (Homrani, 2020)

II.1.2.1.3. Principale différence entre miels de nectar et miels de miellat

Le miel de miellat présente certaines similarités avec le miel de nectar, notamment en sa teneur en eau et en vitamines. Le miel de miellat se distingue par sa couleur plus foncée et son goût plus intense que celui du miel de nectar. Il contient également des sucres plus complexes, tels que la mélézitose et érlose qui se forment dans le tube digestif des Homoptères. De plus, il est plus riche en azote, en acides organiques et en minéraux. Ces caractéristiques variées facilitent l'identification des miels de miellat (**Rossant, 2011**) (**Tableau1**).

**Tableau 1** Principales différences entre miel de miellat et miel de nectar (Bruneau, 2002).

	Miel de Miellat	Miel de Nectar
Ph	4.5	3.9
Minéraux (Cendres)	0.58%	0.26%
Fructose + Glucose	61.6%	74%
Melezitose	8.6%	0.2%
Raffinose	0.84%	0.03%
Maltose +Isomaltose	9.6%	7.8%

II.1.2.2. Selon l'origine botanique

II.1.2.2.1. Miels monofloraux

Les miels monofloraux, comme leur nom l'indique, sont principalement issus d'une seule variété de fleurs, dite encore uni-florale et sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat. Parmi les variétés monoflorales les plus répandues, on trouve le miel d'acacia, le miel de lavande, ainsi que le miel de thym et de romarin (Clément, 2002).

II.1.2.2.2. Miels multifloral

À l'inverse du miel monofloral, le miel polyfloral aussi dit « toutes fleurs », est produit à partir du nectar et/ou du miellat issus de plusieurs espèces végétales. Ces miels capturent la richesse florale d'une région spécifique. Le miel polyfloral est une célébration de la biodiversité, offrant une complexité gustative qui varie de manière étonnante selon l'emplacement géographique et la diversité des plantes disponibles. Il est possible d'identifier les caractères dominants du miel polyfloral, les apiculteurs précisent leur origine géographique. Celle-ci peut désigner soit la zone de production (région, département, massif), soit un type de paysage associé à une flore particulière (garrigue, maquis, forêt, etc.). Par exemple, le miel de forêt provient de l'épilobe, de la ronce, des bruyères, du lierre, ainsi que des miellats de divers conifères, de chêne, de hêtre et de tilleul (Clément, 2002).

II.1.3. Composition chimique du miel

La composition complexe du miel dépend de l'espèce végétale butinée, de la source de récolte, des conditions environnementales... Le miel contient approximativement 181 composés et les principales composantes sont les glucides et l'eau, avec d'autres composés en petites quantités tels





que les acides organiques, les acides aminés, les protéines, les minéraux, les vitamines, les enzymes, les caroténoïdes, les flavonoïdes les acides phénoliques, les pigments. Ainsi que des substa. Ces volatiles donnant au miel son arôme (Al et al, 2009).

Les composants du miel sont divisés en :

II.1.3.1. Glucides

Les hydrates de carbone constituent la partie la plus importante du miel. Ils représentent environ 78 à 80% de la composition totale (Figure3) (Bogdanov et al., 2008). Parmi eux, on retrouve:

- **Les monosaccharides** : glucose et fructose constituent ensemble la partie la plus importante qui peut atteindre jusqu'à 80% des glucides du miel, environ 31,28 % de glucose et 38,19 % de fructose. La présence de ces derniers résulte de l'hydrolyse du saccharose par l'invertase.
- **Disaccharides** : maltose environ 7,31% et saccharose 1,31%.
- **Les polysaccharides** : présentent environ 1,5 à 8 % de ce qui contient (erlose, raffinose, mélézitoze, dextrantriose, mélibiose, etc.) (Bogdanov et al., 2004 ; Olaitan et al., 2007).

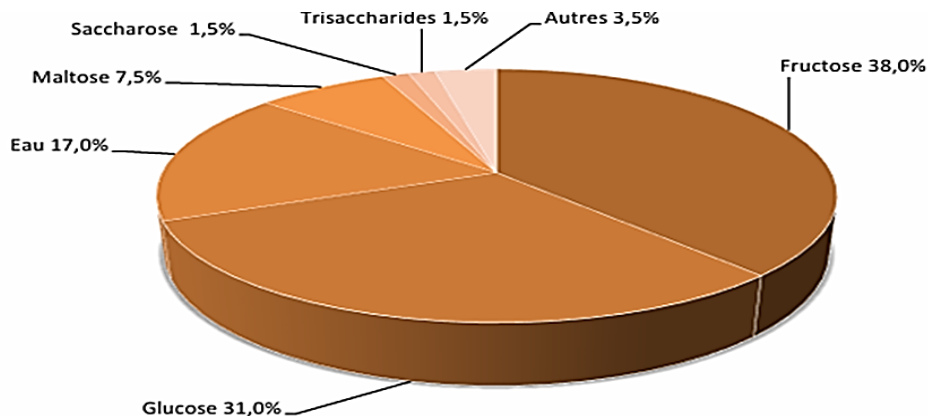


Figure 3 Composition du miel en glucides (Clément et al., 2011)

II.1.3.2. Eau

L'eau est parmi les composants majoritaires du miel, varie entre 17 à 19 % (Ravazzi, 2007). La teneur en eau est l'un des critères de pureté, d'intégrité et de stabilité du miel. Elle influence directement ses propriétés physiques, comme la viscosité et la cristallisation ; un miel trop sec présenté une viscosité élevée, ce qui peut causer des problèmes lors de la cristallisation, à l'inverse





un miel trop humide est susceptible de fermenter ; si la teneur en eau du miel est supérieure à 20% (Olaitan *et al.*, 2007 ; Bogdanov *et al.*, 2008).

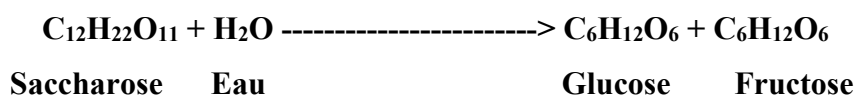
II.1.3.3. Protéines et acides aminés

La composition du miel est pauvre en protides avec un taux de 0,26% de protéines. Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines et de quelques acides aminés, un apport provenant à la fois des abeilles et des sources florales, notamment le pollen. Parmi les constituants du miel, les acides aminés représentent 1 %, avec une prédominance marquée de la proline, qui constitue entre 50 % et 85 % de ces acides aminés. Outre la proline, le miel contient de la phénylalanine, de la tyrosine, de la lysine, de l'arginine, de l'acide glutamique, de l'histidine et de la valine, en ordre décroissant de concentration. La concentration de proline est un indicateur de qualité, de maturité et de pureté du miel (détection d'ajout de sucre) (Boukraâ, 2023).

II.1.3.4. Enzymes

Selon Mekious. (2016), le miel contient des enzymes, qui sont des substances protéiques capables d'accélérer les réactions biochimiques. La quantité de ces enzymes varie en fonction de l'origine botanique du miel et de son intensité. Les enzymes les plus importantes signalées dans les miels sont les suivantes :

- **Invertase** : La conversion de saccharose présent dans le miel en glucose et en fructose grâce aux invertases, des enzymes ajoutées par les abeilles. Cette conversion se poursuit même après l'extraction du miel de la ruche.



- **Glucose oxydase** : le glucose est converti en acide gluconique et en peroxyde d'hydrogène, lorsque le miel est dilué avec de l'eau et son acidité tombe (Stanway, 2012)



- **Catalase** : elle décompose le H₂O₂ dans le miel (Mekious, 2016).





II.1.3.5. Sels minéraux et oligoéléments

Le miel contient environ trente oligoéléments indispensables à la santé humaine. Bien que le potassium soit l'élément le plus abondant, ont constaté aussi le phosphore, le calcium, le soufre, le magnésium, le cuivre, le manganèse, le fer, le silicium, le zinc, le bore et le baryum, présents en défèrent concentration (**Tableau 2**).

La concentration de minéraux dans le miel varient entre 0,02 % et 1,03 %, cette variation dépend l'origine botanique et géographique du miel. Les miels de miellat présentant une coloration foncée ont une teneur en minéraux plus élevée (**Hamoutene et Aчит, 2018**).

Tableau 2 Sels minéraux et oligo-éléments du miel (Nair, 2014)

Constituants Minéraux	Quantité en mg /kg	Constituants Minéraux	Quantité en mg /kg
Potassium	200-1500	Manganèse	0.2-10
Sodium	16-170	Chrome	0.1-0.3
Calcium	40-300	Cobalt	0.01-0.5
Magnésium	7-130	Nickel	0.3-1.3
Fer	0.3-40	Aluminium	60
Zinc	0.5-20	Cuivre	0.2-6.0
Plomb	<0.02-0.8	Cadmium	<0.005-0.15

II.1.3.6. Lipides

Les lipides, présents en faibles quantités dans le miel, sont principalement constitués de stérols, de triglycérides et d'acides gras. Leur présence pourrait s'expliquer par les besoins importants en lipides du métabolisme des abeilles (**Hamoutene et Aчит, 2018**).

II.1.3.7. Acides organiques

L'acidité du miel est le résultat d'un mélange complexe d'acides organiques (0,1 à 0,5%) et de lactones. Ces composés, comprenant l'acide gluconique (majoritaire), ainsi que les acides butyriques, acétique, formique, lactique, succinique, malique et citrique, et des traces d'acides chlorhydrique et phosphorique, proviennent soit directement du nectar, soit de processus enzymatiques et fermentaires (**Abid, 2017**).

II.1.3.8. Vitamines

Le miel, bien que dépourvu en vitamines que d'autres aliments, mais il est moins riche en vitamines liposolubles contient de petites quantités de vitamines du groupe B (thiamine, riboflavine, pyridoxine, acide pantothenique, acide nicotinique, biotine et acide folique) et de





la vitamine C. L'origine de ces vitamines est presque toujours liée aux grains de pollen en suspension dans le miel (**Amri, 2006**).

II.1.3.9. Composés phénoliques

La composition phénolique du miel, souvent regroupée en flavonoïdes, acides cinnamiques et benzoïques, ou plus simplement en acides phénoliques (incluant leurs esters) et flavonoïdes, dépend de la couleur du miel. Les miels foncés sont ainsi caractérisés par une plus forte teneur en acides phénoliques et une plus faible concentration en flavonoïdes que les miels clairs. Cette composition phénolique est exploitée pour identifier l'origine botanique du miel et certains composés sont même proposés comme des marqueurs botaniques spécifiques (**Barcelo, 2013**). Non seulement les composés phénoliques présents dans le miel neutralisent les radicaux libres grâce à leurs propriétés antioxydantes, mais le miel inclut aussi des caroténoïdes, qui contribuent à sa couleur et renforcent son activité antioxydante (**Küçük et al., 2007**).

II.2. Propolis

II.2.1. Définition

La propolis est un mélange de substances produite par les abeilles *Apis mellifera* après la collection de résines des bourgeons, des exsudats et d'autres parties des plantes et les mélangent avec leurs propres enzymes salivaires et de la cire d'abeille, ce qui crée cette substance résineuse naturelle (**Przybyłek et Karpiński, 2019**). Elle est utilisée par les ouvrières pour un rôle protecteur contre les conditions météorologiques défavorables et pour protéger la colonie contre les infections et les prédateurs ainsi comme une substance antiseptique ; elle bouche les petits trous et les fissures de la ruche (**Andelkovi et al., 2017**).

II.2.2. Composition de la propolis

La propolis est l'un des produits naturels les plus utilisés, Sa composition chimique peut varier en fonction de l'origine botanique, différentes zones géographiques et climatiques et les modifications issues des sécrétions hypopharyngiennes des abeilles (hydrolyse des hétérosides de flavonoïdes en aglycone) (**Cardinault et al., 2012 ; Ristivojević et al., 2015**).

Toutefois, un échantillon de la propolis est généralement composé de :



**•Résines et baumes : 50 à 55 % (Cardinault et *al*, 2012)**

Les produits bioactifs les plus intéressants sont les flavonoïdes et les acides aromatiques tels que l'acide benzoïque, l'acide coumarique, l'acide cinnamique et l'acide caféique et surtout leur ester et des terpènes. Ces composés sont responsables de la plupart des propriétés bénéfiques de la propolis (Sahinler et Kaftanoglu, 2005).

•Cires et acides gras : 30 %

• Huiles essentielles : 10 %

•Pollen : 5 %

•Substances organiques et minérales : 5 %

Parmi les autres composants présents dans la propolis, on trouve des micro- et des macroéléments :

Des Vitamines A, C, E et du groupe B et Des minéraux : Mg, Fe, Zn, Ni, Si, Ca , Al. (Cardinault et *al*, 2012).

Des polysaccharides, di- et monosaccharides : comme l'amidon, saccharose, glucose, fructose, rhamnose, ribose, talose et gulose. De petites quantités d'enzymes est liée à la sécrétion glandulaire de l'abeille ajoutée à la propolis éventuellement du pollen comme α -amylase, β -amylase, α -lactamase, β -lactamase, maltase, estérase et transhydrogénase. La teneur totale en protéines s'élève en moyenne à 2,8 % avec un teneur faible des acides aminés libres (Figure 4) (Kurek-Górecka et *al.*, 2013).

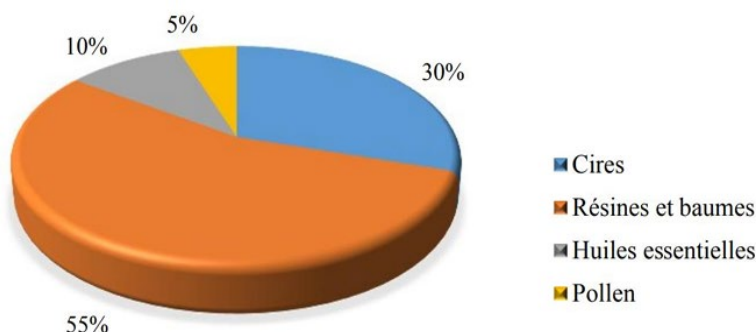


Figure 4 Composition de la propolis (Philippe, 1999)



II.3. Pollen

II.3.1. Définition de pollen

Le pollen est le gamète mâle des végétaux supérieurs. Il est produit par les organes reproductrices mâles au niveau des anthères à l'extrémité des étamines, il est libéré à maturité par déhiscence de l'anthère. Une fois libéré, le pollen est transporté vers le stigmate (organe femelle) soit par autofécondation, soit par les événements de pollinisation croisée (**Chakrabarti et al., 2025**). Les grains de pollen se caractérisent, selon leur origine botanique, par leur forme (sphérique, en cloche, cylindrique, triangulaire, ...), couleur (allant du jaune brillant au noir), taille (20 à 55 μm) et masse (de 12 à plusieurs dizaines de microgrammes) (**Komosinska-Vassev et al., 2015**).

Les ressources florales constituent les principales sources de nourriture de la plupart des pollinisateurs notamment le pollen, car représente un apport protéique important et permet la pérennité de la ruche (**Wright et al., 2024**).

II.3.2. Structure de pollen

La poussière de grain est entourée d'une paroi cellulaire à double couche. La paroi interne de la cellule est appelée intine, tandis que la paroi externe est appelée exine (**Figure 5**). Ce dernier définit par une forte résistance aux facteurs physico-chimiques. De plus, à sa surface se trouvent de nombreux pores et sillons, ainsi qu'une couche de baume qui facilitent l'adhérence du pollen à l'abdomen des abeilles (**Komosinska-Vassev et al., 2015**).

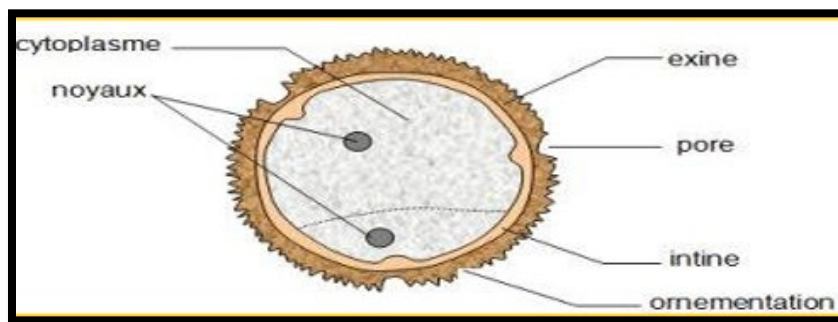


Figure 5 Structure du grain de pollen (Homrani, 2020).



II.3.3. Composition chimique

La composition du pollen varie en fonction de la source végétale et de l'origine géographique. Ainsi que l'âge, l'état nutritionnel de la plante et les conditions environnementales pendant le développement du pollen. (Sattler et *al.*, 2015). Le pollen est un mélange riche en substances biologiques actives. Environ 200 substances ont été trouvées dans les grains de pollen de différentes espèces végétales (Komosinska-Vashev et *al.*, 2015). Les principales substances chimiques de base comprennent des protéines, des acides aminés, des enzymes et des coenzymes, des glucides, des lipides et des acides gras. Les autres composants mineurs sont les minéraux et les oligo-éléments, les vitamines et les caroténoïdes, les composés phénoliques, les flavonoïdes, les stérols et les terpènes (Figure6) (Feás et *al.*, 2012).

II.3.3.1. Protéines et les acides amines

Le pollen contient en moyenne 22,7 % de protéines, dont 10,4 % d'acides aminés essentiels tels que la méthionine, la lysine, la thréonine, l'histidine, la leucine, l'isoleucine, la valine, la phénylalanine et le tryptophane. Ces éléments protéiques sont essentiels à la vie et l'organisme ne peut pas les synthétiser lui-même (Komosinska-Vashev et *al.*, 2015). Ainsi que ces protéines sont importantes à la croissance et le développement des larves d'abeilles (Wright et *al.*, 2024).

II.3.3.2. Lipides

Parmi les lipides qui présents dans le pollen sont les acides gras essentiels (AGE) à une hauteur d'environ 5,1 %. Les acides tels que les acides linoléique, γ -linoléique et archaïque sont présents à hauteur de 0,4 %. Les phospholipides représentent 1,5 %, tandis que les phytostérols, en particulier le P-sitostérol sont présents à hauteur de 1,1 % (Komosinska-Vashev et *al.*, 2015). Les lipides sont nécessaires à la formation des bicouches phospholipidiques, qui sont des caractéristiques structurales importantes de toutes les cellules (Wright et *al.*, 2024).

II.3.3.3. Glucides

Les glucides sont présents dans le pollen à une hauteur de 30,8 % en moyenne. Environ 25,7 % des sucres réducteurs, principalement le fructose et le glucose (Komosinska-Vashev et *al.*, 2015).





II.3.3.4. Vitamines

Le pollen est une source assez importante de vitamines liposolubles à une teneur de 0,1 % telles que la provitamine A et les vitamines E et D et les vitamines hydrosolubles à une hauteur 0,6 % telles que B1, B2, B6 et C. Des acides notamment : pantothénique, nicotinique et folique, biotine, rutine et inositol ; Leur quantité totale est égale à 0,7 % dans l'ensemble du produit (**Komosinska-Vassev et al., 2015**).

II.3.3.5. Minéraux et oligo-éléments

Les bioéléments sont présents à environ 1,6 % dont des macronutriments (calcium, phosphore, magnésium, sodium et potassium) et des micronutriments (fer, cuivre, zinc, manganèse, silicium et sélénium) qui sont existents en quantité de 0,02 % (**Komosinska-Vassev et al., 2015**).

II.3.3.6. Composés phénoliques

Les composés phénoliques représentent en moyenne 1,6 %. Ce groupe comprend les flavonoïdes, les leucotriènes, les catéchines et les acides phénoliques. Parmi les flavonoïdes qui existent dans le pollen à une teneur 1,4 % principalement le kaempférol, la quercétine et l'isorhamnétine. Tandis que dans le groupe des acides phénoliques on trouve principalement l'acide chlorogénique environ 0,2 % (**Komosinska-Vassev et al., 2015**) (Figure 6).

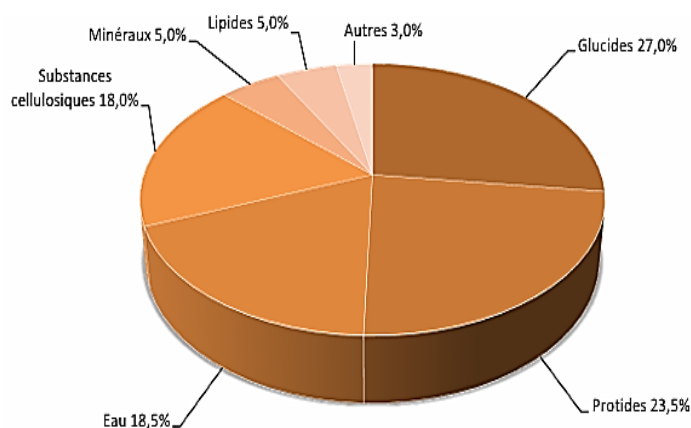


Figure 6 Composition moyenne de pollen (Clément et al., 2011)





II.4. Cire d'abeille

II.4.1. Définition

Le terme « cire d'abeille » fait généralement référence à la cire produite par *Apis mellifera*. Il convient de mentionner que l'*A. dorsata*, l'*A. florea* et l'*A. cerana* sont également parfois exploités comme des sources commerciales de cire (**Dekebo et Jung, 2023**). La construction d'un rayon nécessite beaucoup d'énergie à l'abeille, environ 10 à 20 kg de miel et 1 kg de pollen afin de produire 1 kg de cire (**Gharbi, 2011**).

La cire est le matériau utilisé par les abeilles pour construire leur nid (**Aymé, 2014**). Les abeilles sécrètent la cire par quatre paires de glandes cirières qui, se trouvant sur la face ventrale de l'abdomen des ouvrières, sont utilisées pour créer les alvéoles qui, une fois assemblés, constituent les rayons de la ruche. Bien que sa densité et sa résistance soient relativement faibles, cette substance est à la fois inoxydable et insoluble dans l'eau (**Paterson et Cockle, 2008**).

La cire devient molle lorsque la température de la ruche dépasse 35 degrés, ce qui nécessite des efforts considérables de la part des abeilles pour maintenir une température constante à l'intérieur de la ruche (**Aymé, 2014**).

II.4.2. Différents composants de la cire

La cire est une substance grasse contenant environ 300 composants (**tableau 3**) (**Kameda et Tamada, 2009**) dont les principaux sont des hydrocarbonates saturés, des acides gras, des esters et des alcools (**Aymé, 2014**). Elle renferme également des sucres, de la céroléine, de la myrécine, des palméates et des substances colorantes. La céroléine constitue sa substance molle, et la myrécine, sa substance cristalline, de la lactone, de la chrisyne, de l'eau et divers autres composés, vitamine A et substances inconnues, ainsi qu'une petite fraction de pollen et de propolis (**Bradbear, 2010**).



**Tableau 3** Composition de la cire d'abeille (Bogdanov, 2017)

Composants	Quantité %	Composants dont la teneur est supérieure à 1%	Composants dont la teneur est inférieure à 1%
Monoesters	35	10	10
Diesters	14	6	24
Triesters	3	5	20
Monoesters hydroxylés	4	6	20
Polyesters hydroxylés	8	5	20
Esters acides	1	7	20
Polyesters acid	2	5	20
Hydrocarbures	14	10	66
Acides libres	12	8	10
Alcools	1	5	Non identifie
Autre composant	6	7	Non identifie
Total	100	74	210

II.5. Gelée royale

II.5.1. Définition

La gelée royale est une substance crémeuse (**Figure 7**) hautement nutritif sécrétée par les glandes hypophrygiennes et mandibulaires des abeilles ouvrières âgées généralement de 5 à 15 jours, lorsqu'elles disposent de pollen, d'eau et le miel dans leur ruche à une température convenable (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**). Elle constitue la nourriture des jeunes larves ouvrières pendant les trois premiers jours et toute la vie de la reine. Elle s'agit d'un aliment brut et naturel, non transformé et exempt d'additifs (**Khalfan Saeed Alwali Alkindi et al., 2024**).

La gelée royale est utilisée depuis l'antiquité pour les soins et la santé humaine et elle est toujours très importante dans la médecine traditionnelle (**Pavel et al., 2024**).

Les abeilles produisent exclusivement la quantité nécessaire à leurs besoins et ne font pas de réserve comme le miel. La gelée royale est donc d'un produit noble de production très limité et de





très haute valeur ajoutée. Son obtention nécessite un important travail qui justifié leur prix de vente élevé (**Kanelis et al., 2024**).

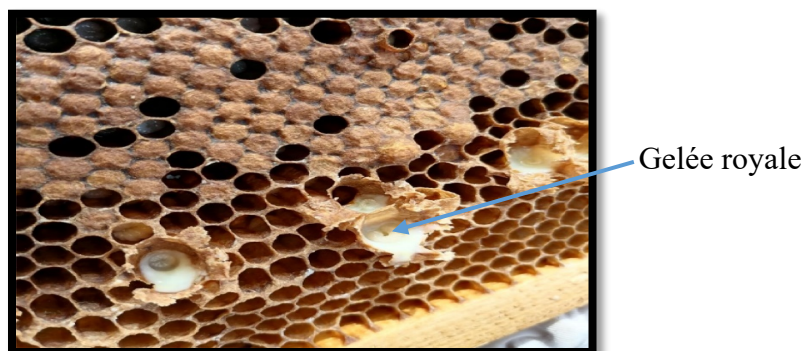


Figure 7 La gelée royale (Khalfan Saeed Alwali Alkindi et al.,2024).

II.5.2. Composition

La composition de la gelée royale est différente suivant qu'elle est destinée aux larves d'abeilles ouvrières ou aux larves de reines. Les relations quantitatives entre les différents composants de ce produit peuvent être variable et dépendent de nombreux facteurs, y compris l'origine, la race d'abeille, la saison (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**), l'alimentation et l'âge des larves greffées, l'âge de l'ouvrière, les conditions environnementales et la condition de récolte (**Khalfan Saeed Alwali Alkindi et al., 2024**). La gelée royale contient une quantité considérable de glucide, protéines, d'acide amines libre, de lipides, de vitamines, de substances bioactives et d'autre (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**).

II.5.2.1. Teneur en eau

La teneur en eau de la gelée royale fraîche s'élève à une proportion allant de 60% à 70% (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**).

II.5.2.2. Glucide

Les glucides représentent en moyenne de 7 à 18 % de la matière sèche de la gelée royale. En retrouve deux glucides majoritaires que sont le glucose et le fructose. Peut également retrouver des oligosaccharides tel que maltose, isomaltose et raffinose... (**Kanelis et al., 2024**).





II.5.2.3. Protéine et acide aminé

La gelée royale est particulièrement riche en protéines et en acides aminés essentiels. Les protéines représentent d'environ 9 à 18 % (**Alattal et al., 2025**). Les acides aminés qui présentent une grande quantité sont proline, lysine, acide glutamique, B- alanine, aspartate, phénylalanine et serine (**Boselli et al., 2003**).

II.5.2.4. Lipides et acides gras

La gelée royale contient des acides gras libre, par contre les triglycérides sont absents. L'Acide 10-hydroxy-2-décénoïque (10-HDA) représente l'acide gras le plus important, sa teneur est entre 3 et 8 %. Cet acide gras joue un rôle plus important dans les propriétés biologique de gelée royale (antibactérien, antifongique, immunostimulant, immunomodulateur). La gelée royale contient aussi des acides gras volatiles, des stérols, lipide neutre (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**).

II.5.2.5. Vitamines

La gelée royale riche en vitamine particulièrement le groupe B surtout la vitamine B5. Seules des traces de vitamine C sont présentes, tandis que les vitamines solubles comme les vitamines A, D, E et K sont absentes (**Bogdanov, 2011**).

II.5.2.6. Minéraux

Les oligo-éléments jouent un rôle essentiel dans les activités biomédicales associées à la gelée royale, car ils ont une multitude de fonctions biologiques connues et inconnues. La gelée royale est un panel important de substance minérale notamment : Fer, Calcium, Potassium, Magnésium, Phosphore, Zinc, Nickel, Sodium... (**Stocker et al., 2005**)

II.5.2.7. Pigment

La gelée royale présente quelque flavonoïde tel que catéchine et l'épicatéchine (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**).

II.5.2.8. Autres

La gelée royale contient ainsi des substance active comme :

- ✓ Des enzymes (glucose-oxydase, amylase, catalase).
- ✓ L'acétylcholine en très forte concentration, il reconnue pour son effet vasodilatateur.





- ✓ Hormones sexuelles : progestérone, testostérone (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**).
- ✓ Facteurs antibactériens (**Pavel et al., 2024**).
- ✓ Gélatine : précurseur de collagène
- ✓ Acides nucléiques ADN et ARN, les phosphates AMP, ADP et ATP
- ✓ Petites quantités d'acide malique, lactique et citrique (**Bogdanov, 2011**).





Chapitre 2

Propriété biologique et thérapeutique de produit de la ruche



III. Propriétés biologiques et thérapeutiques de produit de la ruche

III.1. Miel

III.1.1. Caractéristiques organoleptiques

III.1.1.1. Couleur

Le miel a une couleur diverse et peut varier en fonction de son origine florale géographique, la température, le contenu en minéraux et des composants présents dans le miel ; exemple de pollen qui clarifie le miel tandis que les miels foncés proviennent souvent de plantes plus riches en composants phénoliques (**Moussaoui, 2011**). La couleur d'un même miel peut changer d'une année à l'autre (**Ibrahim Khalil et al., 2012**).

III.1.1.2. Texture

La texture du miel dépend de sa provenance et peut être liquide, crémeuse, granuleuse ou même granuleuse (**Lagha, 2017**). La composition en sucres, comme le nectar, détermine la teneur en glucose du miel. Plus la teneur en glucose est élevée, plus la cristallisation du miel est rapide. La vitesse de cristallisation du miel varie en fonction de facteurs tels que l'origine botanique, la teneur en glucose et la température de l'eau (**Tappi et al., 2019**).

III.1.1.3. Arôme

Plus le miel est foncé plus sa saveur est prononcée : le miel de trèfle, de colza et de luzerne sont pâles et de saveur modérée (**Zekrini, 2012**). L'arôme de miel est donné soit par l'acide phénylacétique, qu'il est présent dans tous les miels, ceux qui donnent le goût caractéristique de ces derniers ; soit par une auxine (une hormone) présente dans la sève de certains arbres et elle est transférée au miel à travers le miellat. En règle générale, les miels foncés sont plus aromatiques que les autres (**Gurezou et Nadji, 2002**).

III.1.1.4. Le goût

Les arômes ont une grande influence sur le goût du miel (**Lagha, 2017**). Cependant, tout comme les autres produits dont la qualité dépend de l'origine végétale, le miel ne doit pas présenter de goût ou d'odeur qui ne lui soit pas propre, ni avoir commencé à fermenter (**Legeut, 2010**). En règle générale, plus la couleur du miel est sombre, plus son goût est fort (**Zekrini, 2012**).





III.1.2. Propriétés physico-chimiques

III.1.2.1. Densité

La densité d'un miel correspond à la proportion, exprimée en décimale, de sa masse volumique par rapport à celle de l'eau pure. Elle varie selon la température, le taux d'humidité et la composition chimique du miel (**Prost et Médori, 2005**). Les normes préconisées par L'Association Française de la Normalisation, notent que la valeur moyenne de la densité est de 1,42 mais elle varie généralement entre 1,14 et 1,435 g/cm³ (**Louveaux, 1968**).

III.1.2.2. Viscosité

La viscosité du miel dépend de trois facteurs principaux qui sont : la teneur en eau, la composition chimique et la température. Elle augmente à basse température et diminue à une haute température. De plus, cette viscosité est également augmentée par une forte teneur en colloïdale qui plus présent dans le miel sombre (**Bruneau, 2009**).

III.1.2.3. Potentiel d'hydrogène « pH »

Le pH, également connu sous le nom de « potentiel hydrogène » ou indice de « Sorensen », est une mesure qui définit le coefficient caractérisant l'acidité ou l'alcalinité d'un environnement. Il symbolise la densité des ions H⁺ dans une solution. Les miels de nectar présentent des valeurs de pH faibles entre 3,3 et 4,6 et pour les miels de miellat environ 4,2 à 5,5 (**Bogdanov et al., 2004**).

III.1.2.4. Acidité

Selon **Gomes et al. (2010)**, l'acidité du miel dépend de la quantité d'acides organiques et de lactones, ainsi que de sa teneur en minéraux. C'est un paramètre crucial pour identifier les fermentations insolubles et leur impact sur la consistance et la stabilité du miel. Certains acides organiques sont libres, tandis que d'autres sont des lactones. L'acide dominant est le glucose, qui forme l'acide gluconique et est associé à la libération d'eau oxygénée (**Maria et al., 2007**). D'après le **Codex Alimentarius. (2001)**, l'acidité libre du miel ne doit pas dépasser 50meq d'acide par 1000g.

III.1.2.5. Conductivité électrique

La conductibilité électrique est la capacité d'un corps de passer le courant électrique. C'est donc l'inverse de la résistivité (**Gonnet, 1982 ; Mekious et al., 2016**). Elle est associée au contenu minéral, constituant un des critères de vérification de la qualité du miel et fréquemment une





technique pour identifier son origine florale. La conductivité électrique, exprimée en Siemens par centimètre (S/cm), a une valeur limite autorisée pour le miel destiné à la consommation de 0,8 mS/cm, selon les prescriptions de l'UE (**Ratiu et al., 2019**).

III.1.2.6. Indice de réfraction

L'indice de réfraction est une propriété optique propre à chaque matière transparente, liée à sa composition chimique. Lorsqu'une substance est dissoute dans l'eau, cet indice varie entre celui de l'eau pure et celui de la substance pure. En mesurant l'indice de réfraction avec un réfractomètre, on peut déterminer la teneur en eau d'un produit comme le miel. Plus l'indice est élevé, plus l'humidité du miel est faible, selon les tableaux de Chataway (**Dailly, 2008**).

III.1.2.7. Conductibilité thermique

Elle permet de différencier les miels de nectar des miels de miellat (**Blanc, 2010**). Elle s'exprime en calories par cm³ par seconde et par degré centigrade (**Hlaváč et al., 2014**). En générale le miel n'est pas un bon conducteur de la chaleur, sauf quand il est tout-à-fait déshydraté. En effet, le miel est mauvais conducteur de la chaleur, donc bon isolant thermique (**White, 1975 ; Bogdanov et al., 2004**).

III.1.2.8. Teneur en sucre

La mesure de la concentration en sucres vient de confirmer l'origine du miel analysé, car d'après les normes de (**Bogdanov et Blumer, 2001**) qui sont établies par le **Codex Alimentarius. (2001)**, les miels avec une concentration en sucres supérieure à 60% proviennent du nectar, tandis que ceux avec une concentration en sucre supérieure à 40% proviennent du miellat. En règle générale, les laboratoires employant des méthodes (chromatographies sur couche mince, chromatographie liquide à haute performance, chromatographie en phase gazeuse) ou des systèmes spectroscopiques (UV-visible ou infrarouge) afin de mesurer les sucres présents dans le miel (**Homrani, 2020**).

III.1.2.9. Turbidité

Les miels liquides sont très transparents mais contiennent des particules en suspension (comme des levures, grains de pollens ou particules de cires) qui leur donnent une certaine turbidité. La néphélométrie, méthode intégrée à la photométrie, permet de mesurer cette turbidité à l'aide d'un





néphélomètre, en évaluant la lumière diffusée à 90° par rapport à la lumière incidente, il est généralement composé d'une source de lumière blanche ou de lumière infrarouge (**Lequet, 2010**).

III.1.3. Propriétés nutritionnelles

Le miel est principalement composé de glucides, d'enzymes, de protéines, de lipides et de vitamines. IL est un aliment glucidique à haute valeur énergétiques (320 calories par 100 grammes de miel) assimilable par l'organisme par sa haute teneur en glucose et fructose (**Melliou et Chinou, 2011**).

III.1.4. Propriétés thérapeutiques

Le miel est non seulement un aliment mais on peut le considérer comme un médicament car il possède plusieurs propriétés thérapeutiques (nutritionnelles, antibactériennes, antioxydantes, anti inflammatoire). Ces propriétés sont dues essentiellement à sa composition qui est variable en fonction des plantes butinées, des conditions climatiques et environnementales (**Lobreau-Callen et Clément, 2000**).

III.1.4.1. Propriétés antioxydantes

Les antioxydants jouent un rôle important dans la préservation des aliments et la santé humaine, par désactivation et stabilisation des agents d'oxydation (espèces réactive oxygénées) responsables de nombreuses maladies telles que le cancer, la cataracte, le diabète, les maladies cardiovasculaires et les différents processus d'inflammation (**Meda et al., 2005**). Les composés responsables de l'activité antioxydante du miel sont les flavonoïdes, les acides phénoliques, l'acide ascorbique, les caroténoïdes et les produits de la réaction de Maillard (**Erejuwa et al., 2012**).

III.1.4.2. Activité anti-inflammatoire

Elle découle de son activité antioxydante, grâce à la neutralisation des radicaux libres par les antioxydants cités précédemment (**Erejuwa et al., 2012**).

Dans une étude de **Oskouei et Moslem. (2013)**, il a été indiqué que le miel réduit l'activité de la cyclooxygénase-1 (COX1) et la cyclooxygénase-2 (COX2) donc la diminution de la concentration des prostaglandines dans le sang, ainsi la stimulation de la production des cytokines anti-inflammatoires par les cellules immunitaires ce qui peut contribuer à atténuer les symptômes des maladies inflammatoires telles que l'arthrite.





III.1.4.3. Activité immuno-stimulatrice

Des éléments comme le méthylglyoxal, les LPS (lipopolysaccharides), l'apalbumine 1 (une glycoprotéine que l'on trouve dans la gelée royale et dans le miel) vont développer la production de cytokines telles que le $TNF\alpha$, l'IL-6 et l'IL-1 β :

- Le $TNF\alpha$ a pour rôle de stimuler la mitose des kératinocytes et active la libération de facteurs de croissances.
- L'IL-6 active la prolifération des fibroblastes.
- L'IL-1 β active comme le $TNF\alpha$ la libération de facteurs de croissance (Erejuwa et al., 2012).

III.1.4.4. Propriétés antimicrobiennes

L'activité antimicrobienne est multifactorielle, le miel peut donc inhiber la croissance d'un large spectre de bactéries, champignons, protozoaires et virus sans que ces derniers ne puissent développer de résistante). L'activité du miel contre les bactéries résistantes aux antibiotiques a encore augmenté l'intérêt pour l'application du miel (Paulus et al., 2012).

L'activité antimicrobienne du miel qui tient en l'action synergique à des facteurs physiques (pression osmotiques et l'acidité) et chimiques (peroxyde d'hydrogène et inhibines non peroxyde) (Weston, 2000).

III.1.4.5. Activité cicatrisante

Le miel favorise la cicatrisation grâce à la synergie de ses composants : glucides, acides aminés, vitamines (vitamine C) et minéraux (fer, cuivre). Ces éléments fournissent aux cellules les nutriments nécessaires à leur multiplication et au métabolisme, notamment pour la production de collagène. Le glucose contenu dans le miel est utilisé par les germes à la place des protéines des cellules nécrosées, réduisant ainsi les rejets de molécules malodorantes comme l'ammoniac, des amines et des dérivés soufrés. Par son hypertonie, le miel attire le plasma et la lymphe, ce qui aide à éliminer les débris cellulaires et forme une couche de miel dilué favorisant la détersion et la cicatrisation. Ce milieu humide empêche aussi l'adhérence du pansement à la plaie, rendant les changements de pansement plus confortables pour le patient. Enfin, il contribue à la résorption de l'œdème (Cooper et al., 2007 ; Majtan et al., 2010 ; Yaghoobi et Kazerouni, 2013).





III.2. Propolis

III.2.1. Caractéristiques organoleptiques et physicochimique

La propolis est une substance balsamique résineuse, d'aspect hétérogène qui présente les caractères suivants :

- **Couleur** : Elle varie selon sa provenance, allant de jaune clair au brun très foncé, presque noire en passant par toutes les gammes des bruns (brun jaune, brun vert et brun rouge).
- **Saveur** : Elle est souvent âcre et amère
- **Odeur** : Elle possède une odeur variable suivant son origine botanique, en général, arôme agréable douceâtre, mélangé à celui de miel, de la cire et d'autres produits (cannelle, vanille, etc...) (**Tosi et al., 2006**).
- **Consistance** : La propolis est une substance à variable consistance suivant la température :
 - A 15 °C elle est friable et dure
 - A 30 °C elle est molle et malléable
 - Entre 30 °C elle est coulante et gluante

Le point de fusion est variable, il se situe entre 60 à 70 °C en moyenne mais peut atteindre 100 °C et plus.

- **Solubilité** : La propolis est soluble partiellement dans l'alcool, l'acétone, l'éther, le chloroforme...etc. seul un mélange adéquat de différents solvants permet de dissoudre la quasi-totalité de ses composants (**Ferhoum, 2010**).

De préférence que vous gardez les mêmes titres séparer propriétés organoléptiques des physico-chimique... ou pour le miel rassembler les deux propriétés

III.2.2. Propriétés thérapeutiques

La propolis est utilisée par l'homme sur le plan médical depuis une cinquantaine d'années (**Andelković et al., 2017**), la littérature scientifique a rapporté et confirmé un large spectre d'activités biologiques de la propolis (**Zullkiflee et al., 2022**).





III.2.2.1. Activité antibactérienne

L'activité bactéricide de la propolis a été démontrée sur des souches de bactéries à Gram⁺ et Gram⁻ avec une grande sensibilité sur les souches Gram⁺. Parmi les bactéries inhibées des *Staphylococcus* (*aureus* et *mutans*) (Dolci et Ozino, 2003), des *Streptococcus* (*mutans* et *sanguinis*) (Koo et al., 2002), des *Bacilles* (*cereus* et *subtilis*), des *Pseudomonas*, des *Listeria*, des *Salmonella*, des *Clostridium*, *Escherichia coli* et *faecalis* (Cardinault et al., 2012). Des différentes études mécanistiques suggèrent que la propolis et ses composés pourraient inhiber la croissance bactérienne par l'inhibition de la division cellulaire, par une désorganisation du cytoplasme, par un blocage de la synthèse protéique ou par une inhibition du processus d'adhésion. Autres études ont montré que des souches résistantes, voire multirésistantes aux antibiotiques, étaient sensibles à la propolis (Bhargava et al., 2021).

Cette activité est attribuée au groupe de flavonoïdes en particulier la galangine qui semble avoir un effet anti-staphylococcique très important aussi aux acides caféique, férulique, gallique et salicylique (Ferhoum, 2010).

III.2.2.2. Activité antifongique

La propolis exerce une activité fongicide contre les germes de genre *Candida*, aussi contre les champignons de type *Aspergillus* et *Mycrosporium* ainsi que contre les levures. Une étude in vitro a montré un effet coopératif de la propolis pour lutter contre une souche mycosique en stimulant l'activité fongicide des macrophages (Cardinault et al., 2012). Les substances de la propolis qui possédant une activité fongicide significative sont l'acide coumarique, acide caféique, pinobanksol-3-acétate, pinocembrine (Ferhoum, 2010).

III.2.2.3. Activité antivirale

Des études ont mis en évidence l'efficacité de la propolis et de ses composants contre divers virus, incluant les *myxovirus*, *poliovirus*, *coronavirus*, *rotavirus* et *adénovirus*. Notamment, la propolis et certaines de ses substances actives, comme l'apigénine et la chrysine, exercent un effet prophylactique contre le virus de la grippe en atténuant les symptômes grâce à une action antineuraminidase (Cardinault et al., 2012). L'un de principaux constituants de la propolis de peupliers est l'ester phényléthylique d'acide caféique (CAPE), qui présentent une activité anti-intégrase puissante contre le VIH et agissent en synergie avec l'AZT (inhibiteur de la transcriptase





inverse) (**Ferhoum, 2010**). Par ailleurs, des crèmes à base de propolis ont démontré leur capacité à réduire la durée des lésions et la douleur (**Cardinault et al., 2012**).

III.2.2.4. Activité antiparasitaire

Selon **Cardinault et al. (2012)**, la propolis est efficace contre les parasites très répandus dans les pays tropicaux et subtropicaux, les trichomonas, les trypanosoma (responsable de la maladie du sommeil), les leishmania et Giardia lamblia (parasitose intestinale).

III.2.2.5. Activité antioxydante et antiradicalaire

La propolis est un produit constitué de nombreux composés antioxydants : vitamines E et C, des polyphénols et des flavonoïdes. La propolis réduit significativement la lipoperoxydation dans différents organes, module l'expression des enzymes antioxydantes et neutralise les radicaux libres (**Cardinault et al., 2012**). L'ester phényléthylique d'acide caféique (CAPE) est le composé présentant un meilleur pouvoir antioxydant (**Gregoris et Stevanato, 2010**).

III.2.2.6. Activité anti-inflammatoire

La propolis exerce un effet anti-inflammatoire significatif contre l'arthrite, l'œdème de la patte ou l'inflammation chronique et aiguë (**Ferhoum, 2010**). Plusieurs mécanismes d'actions ont été proposés notamment, l'inhibition de l'activation de certaines molécules du système immunitaire (IL-6) ou inhibition de certaines enzymes impliquées dans la voie métabolique de l'inflammation. L'ester phényléthylique d'acide caféique (CAPE) s'est révélé être le plus puissant modulateur du métabolisme de l'acide arachidonique à la base de la synthèse des leucotriènes et des prostaglandines pro-inflammatoires (**Cardinault et al., 2012 ; Bhargava et al., 2021**).

III.2.2.7. Activité antitumorale

La propolis et ses principaux composants exercent une action antiproliférative notable contre de nombreuses lignées de cellules cancéreuses (sang, peau, côlon, sein, prostate, poumon, foie, cerveau, rein). Des études indiquent que l'extrait alcoolique de propolis, ou ses constituants majeurs, peuvent bloquer la voie de signalisation PAK1 en modulant l'expression ou l'activité de facteurs clés comme la GTPase Rac. Cet effet antiprolifératif se manifeste principalement par le rétablissement du processus d'apoptose (mort cellulaire programmée). Cela se produit soit par l'activation de la voie intrinsèque, soit par la voie extrinsèque, combinée à l'inhibition des protéines anti-apoptotiques (Bcl-2, Bcl-xL). De plus, l'effet cytotoxique peut être induit par un arrêt du cycle





cellulaire via l'inhibition des cyclines ou le blocage des récepteurs hormonaux. Ainsi des recherches récentes ont également démontré que le CAPE est capable d'inhiber la croissance des cellules cancéreuses du foie en bloquant l'activité des métalloprotéinases MMP-2 et MMP-9, des enzymes qui dégradent la membrane basale et jouent un rôle dans la propagation du cancer (Cardinault et *al.*, 2012 ; Kurek-Górecka et *al.*, 2013).

III.2.2.8. Activité anti angiogénique

La propolis verte (l'artepelline C) et la propolis de peupliers réduisent l'angiogenèse via une limitation de la néovascularisation, une inhibition de la prolifération et la migration cellulaires de manière dose-dépendante. Il semble que ces effets passent par une modulation de l'expression de certains facteurs tels que VEGF, TNF ou TGF (Cardinault et *al.*, 2012 ; Daleprane et *al.*, 2012).

III.2.2.9. Activité immunomodulatrice

La propolis possède une action immunomodulatrice sur l'ensemble des cellules immunitaires impliquées dans la réponse innée ou adaptative. Elle stimule le pouvoir de présentation des macrophages, l'activité lytique des macrophages et des Natural killer (NK) contre les cellules tumorales. Aussi elle augmente la production de cytokines pro-inflammatoires (TNF- α , IL-6, IL-8), stimule la production d'anticorps par les plasmocytes et renforce la coopération entre les lymphocytes CD4 et CD8 (Cardinault et *al.*, 2012 ; Machado et *al.*, 2012).

III.2.2.10. Activité anti allergique

La propolis exerce un effet antiallergique, cependant, la prise de propolis réduit les éternuements et irritations dans le cas de rhinite allergique par inhibition de la libération d'histamine. La prise orale quotidienne de propolis pendant deux mois a permis une diminution du nombre et de la sévérité des crises nocturnes et une amélioration des fonctions ventilatoires chez des patients souffrants d'asthme. En parallèle, on trouve une diminution des prostaglandines, des leucotriènes et des cytokines pro-inflammatoires et une augmentation de cytokines anti-inflammatoires chez ces patients (Cardinault et *al.*, 2012 ; Liew et *al.*, 2022).

III.2.2.11. Propriétés digestives

La propolis est un inhibitrice des spasmes des voies digestive. Elle protège l'estomac contre les lésions induites par l'éthanol et protège la muqueuse gastrique contre le stress oxydatif en inhibant la lipoxgénase. L'ester phényléthylique d'acide caféique (CAPE) atténue les symptômes de la





colite induite par le peptidoglycane polysaccharide bactérien par l'inhibition de voie de signalisation NF-KappaB produite par les macrophages, ainsi réduit la production de cytokines pro-inflammatoires (**Ferhoum, 2010**).

III.2.2.12. Activité cicatrisante

La propolis est une excellente solution thérapeutique pour soigner les plaies et les brûlures. Elle stimule le métabolisme cellulaire, la circulation et la production de collagène, accélérant ainsi la régénération de divers tissus endommagés, notamment osseux, dentaires et hépatiques. Les différents composants de la propolis qui favorisent son action cicatrisante, notamment les acides aminés essentiels comme la proline (pour la synthèse de collagène et l'élastine et ayant un rôle majeur dans la structure architecturale du derme) et l'arginine (pour le renouvellement cellulaire). De plus, la propolis soutien en parallèle le métabolisme cellulaire avec les apports qualitatifs en acides aminés (**Allam et Zellagui, 2022**).

III.2.2.13. Autres

Autres propriétés biologiques et thérapeutique de la propolis sont décrit par divers auteurs y compris la régénération des tissus, l'activité hépatoprotective (**Ferhoum, 2010**). La propolis montre un effet préventif contre les neutropénies, anémies et thrombopénies consécutives aux traitements de chimiothérapie et radiothérapie et protégé contre des intoxications à différents xénobiotiques (paracétamol) et polluants environnementaux (métaux lourds) (**Cardinault et al., 2012**).

III.3. Pollen

III.3.1. Caractéristiques organoleptiques et physicochimique

Les propriétés organoleptiques de pollen sont résumées dans le tableau suivant :





Tableau 4 Les propriétés organoleptiques et physicochimique de pollen (Komosinska-Vassev et al., 2015).

Forme	Sphérique, en cloche, cylindrique, triangulaire
Couleur	Allant du jaune brillant au noir
Taille	20 à 55 µm
Masse	12 à plusieurs dizaines de microgrammes
Ph	Le pH du pollen varie généralement de 4 à 6, cette caractéristique est fixée par la législation brésilienne (Commission brésilienne, 2000).
Acidité	L'acidité est attribuée à la présence d'acides organiques et d'ions inorganiques. Cette acidité est essentielle car elle confère au produit sa saveur caractéristique, ainsi que ses activités antibactériennes et antioxydantes.

III.3.2. Propriété nutritionnelle

Grace à la richesse de pollen par les principales substances chimiques de base comprend des protéines, des acides aminés, des enzymes et des coenzymes, des glucides, des lipides et des acides gras (**Feás et al., 2012**). Les propriétés nutritionnelles et la régulation des processus métaboliques sont largement utilisées en cas de carences en vitamines, minéraux, acides aminés (notamment lors de la grossesse ou de l'allaitement). Son administration est également recommandée en cas de perte d'appétit, retard de développement et de malnutrition chez les enfants et les adultes. De plus, il est recommandé d'administrer du pollen pendant la convalescence, après une intervention chirurgicale et chez les personnes soumises à un effort physique et mental intense (**Komosinska-Vassev et al., 2015**).

III.3.3. Propriété pharmacologique

III.3.3.1. Propriété antioxydante

Le pollen possède une action protectrice contre les radicaux libres, qui causes de maladies cardiovasculaires ou de cancers, grâce aux différentes vitamines qu'il contient ainsi que le sélénium et les divers flavonoïdes (**Alhamidi, 2017**).

III.3.3.2. Propriété antibactérienne

Des recherches suggèrent que le pollen présente des activités à la fois bactériostatiques et bactéricides. Ces propriétés se sont avérées inhiber la croissance de divers micro-organismes





pathogènes, notamment des souches d'*Escherichia coli*, de *Staphylococcus aureus* et de *Pseudomonas aeruginosa* (Alhamidi, 2017).

III.3.3.3. Propriété anti-inflammatoire

L'effet anti-inflammatoire du pollen s'explique par l'inhibition de la cyclooxygénase et de la lipoxycgénase. Les flavonoïdes, les acides phénoliques, les acides gras et les phytostérols sont les principaux composants actifs. Ainsi, le pollen est conseillé en cas d'inflammations aiguës et chroniques, de troubles dégénératifs précoces, de maladies hépatiques cholestatiques et de lésions toxiques ou post-traumatiques du foie (Komosinska-Vassev et al., 2015).

III.3.3.4. Propriété anti allergique

Des études récentes suggèrent que le pollen a des propriétés antiallergiques chez les sujets sein en empêchant la dégranulation des mastocytes et la libération d'histamine, un médiateur clé des réactions allergiques (Komosinska-Vassev et al., 2015).

III.3.3.5. Propriété hypolipidémiante

Des essais cliniques sur des lapins ont révélé que le pollen possède une action hypolipidémiante, réduisant les niveaux de lipides totaux et de triacylglycérols dans le plasma. Cette diminution des lipides sériques était associée à des taux plus élevés d'hormones comme l'insuline, la testostérone et la thyroxine, connues pour stimuler le métabolisme lipidique (Komosinska-Vassev et al., 2015).

III.4. Cire d'abeille

Les propriétés de la cire d'abeille sont directement liées à ses caractéristiques physiques et à sa composition chimique. Ces propriétés lui confèrent des vertus thérapeutiques et une importante place tant en médecine humaine, en médecine vétérinaire qu'en cosmétologie. Et ses caractéristiques se modifient peu dans le temps. Elle résiste à l'hydrolyse et à l'oxydation naturelle et ne subit aucune dégradation avec le temps (Bradbear, 2010).

III.4.1. Caractéristiques physiques

La cire d'abeille est rigide à une température ambiante de 20°C et devient cassante lorsque la température descend en dessous de 18°C. Les abeilles incorporent 6% de propolis et de pollen à la pâte ce qui favorise sa solidification à la température de la colonie (Bradbear, 2010)





III.4.1.1. Densité

La cire pure d'abeille à 20°C a une densité variante entre 0,959 et 0,970, ce qui la rend moins dense que l'eau et doit y flotter lorsqu'elle est pure (**Chauvin, 1968**).

III.4.1.2. Point de fusion

Le point de fusion des cires d'abeilles pures est situé entre 62° et 66°C, l'addition de substance étrangères ayant des points de fusion différents doit agir dans un sens ou dans l'autre pour modifier le point de fusion normal (**Bogdanov, 1999**).

III.4.1.3. Indice de réfraction

Cet indice (IR) est déterminé à l'aide d'un réfractomètre qui permet la lecture à une température supérieure à la température de fusion de la cire et qui a été fixée par la pharmacopée suisse à 75°C. Selon (**Bogdanov, 1999**) cette valeur est de 1,440-1,445 pour les cires jaunes et blanches.

III.4.1.4. Masse volumique

Il s'agit du rapport entre la masse d'un corps et le volume qu'il occupe. La cire d'abeille pure possède une masse volumique comprise entre 927 et 970 kg/m³ à 15°C (moyenne : 953 kg/m³) (**Bernal et al., 2005**).

III.4.2. Caractéristiques chimiques

III.4.2.1. Indice d'acide

Par définition l'indice d'acide (IA) représente la quantité en milligrammes de potasse nécessaires pour saponifier ou neutraliser les acides libres présents dans un gramme de cire. La cire pure peut avoir des indices d'acides entre 17,2 et 23,5 et cela quand elle est récente donc non exposée aux diverses conditions particulières à cette valeur (**Bogdanov, 1999**).

III.4.2.2. L'indice d'ester

Cela représente la quantité de potasse en mg nécessaire pour saponifier les acides gras associés dans 1 g de cire. Il est obtenu par simple calcul à partir de l'indice d'acide et de l'indice de saponification. Plus cet indice est important plus la matière est bonne donc son acidité libre est moindre. La norme relative à la cire d'abeille établie qu'elle doit contenir entre 70 et 80 mg/g (**Bogdanov, 1999**).





III.4.2.3. Viscosité

Lorsque la cire d'abeille est fondue, sa viscosité est faible (**Warré, 2005**)

III.4.2.4. L'hydrophobie

La cire d'abeille possède une structure compacte et légèrement granuleuse, c'est un composé qui ne peut pas interagir physiquement avec l'eau mais plutôt soluble dans des solvants organiques comme le chloroforme, benzène, éther, sulfure de carbone et le pétrole (**Lambert et Labonte, 1980**).

III.4.3. Caractéristiques sensorielles

III.4.3.1. La couleur

La cire d'abeille présente des variations de jaune, orange et rouge déroulant sur le brun, en raison de divers pigments présents dans la propolis (flavonoïdes) et le pollen (caroténoïdes). Ces pigments confèrent à la cire une couleur allant du jaune clair au jaune foncé (**Bogdanov, 1999**) De plus, sa coloration peut être influencée par différentes substances qui se déposent par la suite sur les rayons (**Warré, 2005**). Ces variations de couleur n'influent en aucun cas sur la qualité de la cire, mais subjectivement, la cire claire est plus appréciée que la cire sombre (**Bradbear, 2010**). La cire la plus délicate provient des opercules qui servent à sceller les rayons mûrs, car cette « cire vierge » fraîche est pure et blanche (**Warré, 2005**).

III.4.3.2. Odeur

La cire d'abeille possède une odeur typique très aromatique et qui peut cependant varier considérablement, en plus des arômes propres à la cire, elle contient des arômes de miel, de propolis et de pollen (**Bogdanov, 1999**).

III.4.3.3. Consistance

La cire d'abeille est un matériau solide à la température ordinaire, cassante lorsqu'il fait froid (Inférieur à 18°C) mais devenant rapidement plastique autour de 35 à 40°C (**Schryve, 2016**).

III.4.3.4. Goût

Le gout de la cire est légèrement balsamique, mais non digestible par le mammifère (**Mertenat, 2019**).





III.4.4. Propriétés biologiques

Selon l'ancienne médecine perso-arabe la cire d'abeille a des effets pharmacologiques suivants : sédatif de la douleur ; apéritif pour les nerfs ; anti-pruritique ; anti-gale ; antifuite ; soulagement de la ménorragie, des maux de gorge ulcère gastroduodéal (**Bogdanov, 2017**).

Elle possède des propriétés anti-inflammatoires, cicatrisantes et désinfectantes qui sont bénéfiques dans le soin des brûlures, cicatrices, plaies, abcès et vergetures (**Domerego et al., 2009**). Elle possède des propriétés antioxydantes, notamment contre le stress oxydatif induit par le tétrachlorure de carbone et la peroxydation lipidique au niveau du cerveau et des reins. Cette capacité antioxydante et la présence de pigments ressemblant à ceux trouvés dans la propolis pourraient contribuer à un effet anticancéreux (**Gharbi, 2011**).

La cire possède une action antifongique et antibactérienne contre les *salmonelles*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* (**Al-Waili, 2005**).

III.5. Gelée royale

III.5.1. Caractéristiques organoleptiques

Les propriétés organoleptiques de la gelée royale sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 5 Propriétés organoleptiques de la gelée royale (Popescu et al, 2008)

Forme	Gélatineuse, visqueuse, crémeuse
Couleur	Blanchâtre à jaune
Odeur	Acide
Goût	Aigre-doux, épicé
Défauts	Après une mal conservation et un long stockage, la gelée royale devient plus jaunâtre et son goût peut devenir rance.





III.5.2. Propriété pharmacologique

Le rôle biologique de la gelée royale en tant qu'aliment fonctionnel se réfère à ses composants bioactifs et à leurs propriétés thérapeutiques, notamment, les propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et cicatrisantes, antimicrobiennes et propriétés antitumorales (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**).

III.5.2.1. Activité antioxydante

Les effets antioxydants de la gelée royale ont été démontrés par la capacité à piéger les radicaux libres, l'amélioration d'activité des enzymes antioxydantes clés. Ainsi, l'activation du facteur de transcription Nrf2 (nuclear factor erythroid 2-related factor 2) a été reconnue comme l'un des mécanismes les plus importants sous-tendant l'activité antioxydante de la gelée royale. Les antioxydants les plus importants de la gelée royale sont les flavonoïdes et les composés phénoliques. Les acides gras et leurs esters, notamment l'acide octanoïque, l'acide benzoïque contribuent également à la capacité antioxydante de la GR. De plus, cette activité pourrait être liée à la présence d'acides aminés libres (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**).

Il a été démontré que la gelée royale collectée 24 heures après le transfert larvaire possède l'action antioxydante la plus puissante (**Pavel et al., 2024**).

III.5.2.2. Activité anti-inflammatoire et cicatrisante

Les propriétés anti-inflammatoire et cicatrisante font de la gelée royale un composant idéal des cosmétiques et des produits de soins de la peau.

La gelée royale pourrait inhiber la translocation nucléaire de NF- κ B, molécules inflammatoires, notamment les cytokines, les chimiokines et les molécules d'adhésion. Par conséquent, l'activation de la voie canonique NF- κ B contribue largement à la pathogenèse des maladies inflammatoires chroniques telles que l'athérosclérose, l'asthme, la sclérose en plaques (SEP), la polyarthrite rhumatoïde (PR) (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**).

De plus, la GR raccourci la période de cicatrisation des lésions cutanées desquamées, en favorise la production de collagène par les fibroblastes cutanés en présence d'acide ascorbique-2-O- α -glucoside (AA2G), l'augmentation de la production de collagène étant induite par acide 10-hydroxy-2-décénoïque (10H2DA) et acide 10-hydroxydécénoïque (10HDA) (**Pavel et al., 2024**).





III.5.2.3. Activité antimicrobienne

Des récents travaux identifiés des peptides antimicrobiens (PAM) également présents dans la gelée royale. Les PAM cationiques agissent en ciblant les membranes chargées négativement de divers micro-organismes ce qui perturbe leur potentiel électrochimique membranaire et conduit à la mort cellulaire par rupture de l'intégrité membranaire. Parmi les PAM trouve la royalisine, les jelleines et l'aspimine, ces peptides agissent sur les bactéries par plusieurs mécanismes : la création de monomères peptidiques qui se lient et forment de grands canaux transmembranaires dans la paroi bactérienne ou la création de peptides qui agissent comme détergents et détruisent la paroi bactérienne (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**). L'acide 10-hydroxy- α 2-décénoïque a également une activité antibiotique contre plusieurs bactéries et champignons (dont *Micrococcus pyogenes*, *Escherichia coli* et *Neurospora sitophila*) (**Pavel et al., 2024**).

III.5.2.4. Activité antitumorale

Récemment, le mécanisme de l'action antitumorale a été attribué à l'acide 10-hydroxy-2-décénoïque (10HDA) présent dans la gelée royale qui exerce une action inhibitrice sur l'angiogenèse induite par le VEGF (facteur de croissance de l'endothélium vasculaire), annulant ainsi la prolifération et la migration cellulaires, ce qui entraîne une inhibition de la vascularisation tumorale (**Pavel et al., 2024**). En particulier, il est stimulé la réponse immunitaire en augmentant la production de lymphocytes T impliqués dans l'élimination des virus et des cellules tumorales ainsi, il induit l'apoptose des cellules cancéreuses (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**).

Il a également été observé que l'apalbumine-1 et l'apalbumine-2, deux protéines majeures de la GR, stimulent la libération de TNF- α (facteur de nécrose tumorale) par les macrophages (**Pavel et al., 2024**).

III.5.2.5. Autres

Autres propriétés biologiques et thérapeutique de la gelée royale sont décrit par divers auteurs y compris l'action neurotrophique, action insulino-similaire, actions hypotensives et régulatrices sanguines, activité immunomodulatrice et antiallergique, effets sur le système reproducteur et la fertilité action fortifiante et tonique, effet anti-âge, effets secondaires allergiques (**Pavel et al., 2024**). Ainsi, retard du vieillissement, un effet sur les cellules cérébrales, anti diabète, Effet positif sur le surpoids et l'obésité, Effet œstrogénique (**Oršolić et Jazvinščak Jembrek, 2024**)





Matériel et méthodes



I. Principe adopté

Ce travail est réalisé au sein du laboratoire pédagogique de biochimie et de microbiologie de la faculté de sciences de la nature et de la vie à l'université de Ghardaïa. L'étude consiste à déterminer et comparer la qualité du miel, du pollen, de la propolis et de la cire selon les normes. La caractérisation physico-chimique est faite par l'analyse de quelques paramètres : pH, acidité libre, conductivité électrique, indice de réfraction, degré Brix, humidité, teneur en cendres, densité, couleur et température de fusion, qui donnent des informations sur la qualité de ces échantillons. Ainsi qu'une étude biochimique qui porte sur l'analyse de la chromatographie sur couche mince, quantitative du produit et en raison de l'importance des propriétés biologiques attribuées aux produits de la ruche, une évaluation des pouvoirs thérapeutiques a été réalisée par l'étude de l'effet antimicrobien pour tester le pouvoir inhibiteur de ces échantillons sur quelques microorganismes ainsi que l'activité cicatrisante qui est réalisée in vivo.

II. Matériel

II.1. Echantillonnage

Pour la réalisation de ce travail, deux échantillons de miel, un échantillon de pollen, propolis et cire (**Figure 8**) provenant de différentes régions, sont récoltés durant l'année 2024. Les données concernant les différents échantillons, leurs provenances géographiques et leurs dates de production sont notés dans le tableau 6.

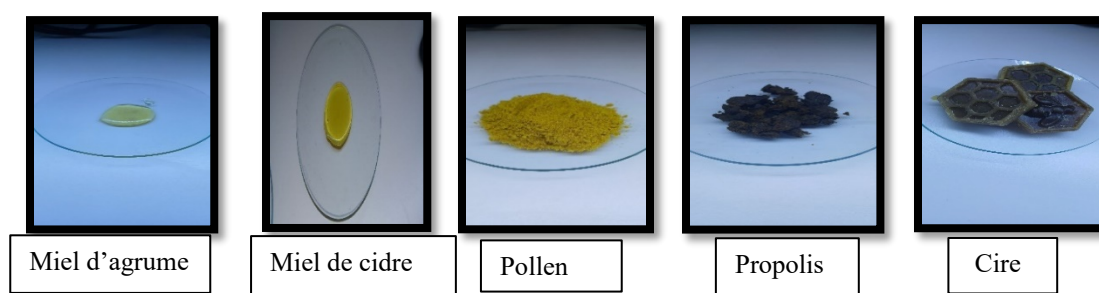


Figure 8 Produits de la ruche (photo originale)

**Tableau 6** Produit de la ruche analysés.

Echantillons	Region de la récolte	Date de la production
Miel d'agrumes	Oued Ntissa -Ben isguen- Ghardaïa	2024
Miel de cidre / Jujubier (Ziziphus lotus)	Hassi Lefhal- Mansourah- Ghardaïa	2024
Pollen	Oued Ntissa -Ben isguen- Ghardaïa	2024
Propolis	Oued Ntissa -Ben isguen- Ghardaïa	2024
Cire	Metidja-coté de Blida	2024

II.2. Matériel non biologique

Les principaux appareils et les produits chimiques utilisés dans ce travail sont regroupés dans le tableau 7 et tableau 8 respectivement, les verreries et petits matériels ont été mentionnés dans l'annexe 1.

Tableau 7 Appareillages utilisés

Appareils	Modèle
Balance de précision	OHAUS
Conductimètre	Adwa AD 330 EC/TDS Meter
PH-mètre	Adwa AD1030
Spectrophotomètre	SECOMAM
Refractomètre	ATAGO
Bain marie	Memmert
Vortex	Stuart® protected by Bio Cote
Etuve	TRADE Raypa
Agitateurs magnétiques/ Plaques chauffantes	JlabTech DAIHAN LABTECH CO., LTD
Four à moufle	Protherm FURNACES
Autoclave	HIRAYAMA
Hotte microbiologique	BIOBASE
Incubateur	Memmert

Tableau 8 Principaux produits chimiques utilisés

Produits	Laboratoire	Structure chimique
Chloroforme	Honeywell	CHCl_3
Ethanol	CHEMICALS	$\text{H}_3\text{CCH}_2\text{OH}$
Acide acétique	BIOCHEM chemopharma	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$
Méthanol	Honeywell	CH_4O
n.butanol	SIGMA-ALDRICH	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$
Acétone	Honeywell	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$





Aniline	SIGMA-ALDRICH	C ₆ H ₇ N
Acide phosphorique	PROLABO CHEMICALS	H ₃ PO ₃
Acide citrique	BIOCHEM chemopharma	C ₈ H ₈ O ₇
Glucose	PROLABO	C ₆ H ₁₂ O ₆
Fructose	BIOCHEM chemopharma	C ₆ H ₁₂ O ₆
Galactose	AppliChem	C ₆ H ₁₂ O ₆
Saccharose	SIGMA-ALDRICH	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁
Mannose	SIGMA	C ₆ H ₁₂ O ₆

II.3. Matériel biologique

II.3.1. Souches microbiennes

Les souches microbiennes utilisées dans cette étude sont référenciées obtenues du laboratoire pédagogique et sont regroupées dans le tableau 9. Au total, cinq bactéries pathogènes ont été testées dont deux souches à Gram positifs et trois souches à Gram négative. Ces souches bactériennes pathogènes ont été sélectionnées en raison de leur capacité à provoquer de graves troubles digestifs et cutanés.

Tableau 9 Souches microbiennes utilisées

Souches testés	Gram	Référence
<i>Bacillus subtilis</i>	+	ATCC 6633
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	ATCC 25923
<i>Escherichia coli</i>	-	ATCC 25922
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	ATCC 27853
<i>Listeria monocytogenes</i>	-	ATCC13932

II.3.2. Animaux

Six lapins mâles âgés d'un mois et demi et d'une race croisée entre irlandais et locale ont été utilisés dans ce travail. Ils ont été placés dans des cages dans des conditions normales du laboratoire, 12 h lumière et 12 obscurités, à température ambiante, ils ont accès libre à l'eau et à l'aliment industriel destiné aux lapins. Le poids et la température de chaque individu est mesurés quotidiennement (**Tableau 10**).



**Tableau 10** Caractéristique des lapins utilisés

	Lapins
Espèce	Croisée
Sexe	Male
Poids moyen	495,075g
Age	Un mois et demi
Nombre	6

III. Méthodes

III.1. Analyse physico-chimique

III.1.1. PH

III.1.1.1. Principe

C'est la mesure du potentiel hydrogène d'une solution à l'aide d'un pH mètre (**Bogdanov et al., 2002**)

III.1.1.2. Protocole

Selon la méthode de **Bogdanov et al. (2002)** modifié. Peser dans un petit bécher 2.5g de produit et le dissoudre dans 25ml d'eau distillée (pour la cire 25ml de chloroforme), après la filtration en plongeant l'électrode du pH-mètre (Adwa) dans les solutions et attendre la stabilisation de la valeur du pH. Le pH est mesuré à 20 °C (**Figure 9**).

**Figure 9** Mesure de pH à l'aide d'un pH mètre (photo originale)

III.1.1.3. Expression des résultats

La valeur du pH est lue directement sur l'écran du pH-mètre.



III.1.2. L'acidité libre

III.1.2.1. Principe

Elle est déterminée selon la méthode de **Gomes et al. (2010)**, par la méthode titrimétrique avec solution d'hydroxyde de sodium (0,1 N) en présence de phénolphthaléine comme indicateur. L'acidité (exprimés en milliéquivalents d'acide par kg de miel) a été déterminée comme 10 fois le volume de NaOH utilisé dans le titrage.

III.1.2.2. Protocole

➤ **Miel**

10 g du miel ont été dissous dans 100 ml d'eau distillée puis l'échantillon est titré avec une solution d'hydroxyde de sodium (0,1 N), en présence de 4 ou 5 gouttes de phénolphthaléine. Le virage final de la coloration doit persister pendant 10 secondes.

➤ **Préparation de Pollen, propolise et cire**

2.5g de pollen/propolise bien broyé a été dissous dans 50 ml de l'eau distillée chaude. Ensuite, il est bien mélangé puis filtré. 10ml de filtrat, est versé dans un bécher et titrés avec NaOH (0,1 N) en présence de l'indicateur.

Pour réaliser l'acidité de la cire d'abeille un mélange composé d'un volume d'alcool éthylique ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) à 95°C et d'un volume de chloroforme (CHCl_3) (25/25 en volume) préalablement neutralisés, avec un léger chauffage à cause de la consistance solide de la cire d'abeille à une température ambiante. Après la filtration, la solution a été titrée avec NaOH en présence des gouttes de phénolphthaléine (**Figure 10**).



Figure 10 Acidité titrable (photo originale)



III.1.2.3. Expression des résultats

L'acidité libre du miel est exprimée en milliéquivalents d'acide par kg de miel et déterminée par la formule suivante :

$$AL = (\text{Volume de } 0,1 \text{ N NaOH en ml}) \times 10$$

V : le volume en ml de soude à 0,1M utilisé lors de la titration.

L'acidité titrable pour pollen/propolis/cire est déterminée selon la formule suivante :

$$A = (25.V1.100) / (M.10.V0)$$

Soit :

M : Masse en gramme d'échantillon prélevé

V₀ : Volume en millilitres de la prise d'essai (10ml)

V₁ : volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium à 0.1N utilisé.

III.1.3. Conductivité électrique

III.1.3.1. Principe

La conductivité électrique indique la concentration des sels ionisés solubles présents. Elle est déterminée par un conductimètre et les mesures sont effectuées à 20°C (**Bogdanov et al., 1997**).

III.1.3.2. Protocole

Peser 2.5g de produit puis le dissoudre dans 25ml de l'eau distillée chaude (pour la cire 25ml de chloroforme (CHCl₃), ensuite, il est bien mélangé puis filtré. Avant la mesure, la cellule du conductimètre est rincée soigneusement avec de l'eau distillée. Après que la température voulue ait été atteinte, la cellule du conductimètre est plongée dans le b cher pour la mesure de la conductivité électrique (**Figure 11**).





Figure 11 La mesure de conductivité à l'aide conductimètre (photo originale)

III.1.3.3. Expression des résultats

La lecture est faite directement après immersion de la cellule du conductimètre dans la solution. Le résultat est exprimé en milli siemens par centimètre (mS/cm).

III.1.4. Indice de réfraction

III.1.4.1. Principe

L'indice de réfraction est déterminé conformément à la norme NF T60-212 de l'AFNOR (1984). Il varie en fonction du degré d'instauration des acides gras présents dans les matières grasses, il augmente avec ce degré d'instauration (Wolf, 1968 ; Afnor, 1984).

III.1.4.2. Protocole

L'indice de réfraction est réalisé selon la méthode de Ngoma *et al.* (2018). Ainsi les étapes suivantes sont réalisées :

➤ Préparation d'échantillons

Pesé 1g de chaque échantillon et le mélangé avec 10 ml de l'eau distillée chaude (pour la cire une dilution de 1 sur 20 de chloroforme) après un bien agitation et une filtration fait la lecture.

➤ Méthode

Le réfractomètre a été réglé en mesurant l'indice de réfraction de l'eau distillée qui doit être de 1,333 à une température de 20°C. Après ouverture du prisme secondaire, une goutte de produit a été déposée sur la partie centrale du prisme principal. Par la suite fermé délicatement le prisme secondaire. Une formule empirique permet d'évaluer l'indice de réfraction d'un liquide à 20°C quand on l'a mesuré à une température légèrement différente.



$$I_{20} = I_t + 0.00045 (T - 20^{\circ}\text{C})$$

I_{20} : indice à 20°C

I_t : indice à la température ambiante

T : Température ambiante.

III.1.4.3. Expression des résultats

La lecture est faite à travers l'oculaire de réfractomètre.

III.1.5. Teneur en solides solubles en % ou Brix

III.1.5.1. Principe

L'échelle de Brix sert à mesurer en degrés Brix ($^{\circ}\text{B}$ ou $^{\circ}\text{Bx}$) la fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble. Le Brix déterminée grâce à la méthode de la réfractométrie par le Réfractomètre. Connaissant l'indice de réfraction, en déduit le taux de solides solubles ou le $^{\circ}\text{Brix}$ en passant par les tables de CHATAWAY qui indiquent directement la correspondance, conformément à la méthode suivie par **Bogdanov et., al (2002)**.

III.1.5.2. Protocole

Même préparations d'échantillon avec l'indice de réfraction a été réalisé. D'abord régler le réfractomètre à zéro avec l'eau distillé, puis prendre une goutte de produit de la ruche à l'aide d'une spatule, puis déposer en couche mince sur la platine de prisme.

III.1.5.3. Expression des résultats

La lecture est effectuée à travers l'oculaire, au niveau de la ligne horizontale de partage, entre une zone claire et une zone obscure.

III.1.6. Teneur en eau

III.1.6.1. Principe

L'humidité est un critère de qualité qui renseigne sur la stabilité du produit de la ruche par rapport à la fermentation et à la cristallisation. La mesure de la teneur en eau est obtenue par étuvage à 105°C jusqu'à poids constant **Codex Alimentarius (2001)**.





III.1.6.2. Protocole

Pesé 2,5 g de chaque échantillon dans des creusets puis les met dans l'étuve à 105 °C pendant 3 heures. Après refroidissement repesé les creusets dans un dessiccateur. À la fin on pèse les creusets après séchage.

III.1.6.3. Expression des résultats

Le taux d'humidité exprime en pourcentage, en utilisant la formule mathématique suivante :

$$E\% = \left(\frac{M1-M2}{M2} \right) \times 100$$

E : teneurs en eau en pourcentage.

M1 : poids de l'échantillon.

M2 : poids de l'échantillon après séchage.

Connaissant le taux d'humidité, en déduit le taux de matière sèche selon la formule suivante :

$$Ms \% = 100 - E\%$$

Ms : matière sèche en pourcentage.

E% : taux d'humidité

III.1.7. Taux de cendres

III.1.7.1. Principe

La teneur en cendres du miel /pollen /propolis et cire est réalisée selon la méthode du **AOAC (1990)**. Ils sont incinérés à une température de 625 °C jusqu'à obtention de cendres de couleur blanchâtre.

III.1.7.2. Protocole

Peser les creusets vides puis après avoir taré la balance, peser une masse (M0) de 2.5 g du miel / pollen / propolis (pour la cire 5 g). Ensuite porter à l'incinérateur dans un four à moufle à 625 °C pendant 4 à 5 h jusqu'à obtention de cendres de couleur blanchâtre. Après refroidissement au dessiccateur pendant 20 min, les creusets contenant les cendres est pesée.





III.1.7.3. Expression des résultats

La teneur en cendres (W) est calculée selon la formule suivante :

$$W (\%) = ((M2-M1) / M0) \times 100$$

Avec :

M2 : masse de creusets avec les cendres après l'incinération.

M1 : masse de creusets vide avant l'incinération.

M0 : Prise d'essai.

III.1.8. Densité

III.1.8.1. Principe

La densité a été déterminée par la méthode de **White (1992)**. Elle est déterminée par le rapport de la masse d'échantillon sur la masse de l'eau.

III.1.8.2. Protocole

Noter la masse de l'éprouvette vide de 5 ml, puis peser celle-ci avec 2 ml d'eau. À partir de la masse de 2 ml d'eau, (M) est déduite suivant la formule suivante :

M= Masse de l'éprouvette avec 2ml d'eau - masse de l'éprouvette vide.

La même procédure est adaptée pour déterminer la masse de 2ml d'échantillon (M') (**Figure12**).

M'= Masse de l'éprouvette avec 2ml d'échantillon - masse de l'éprouvette.

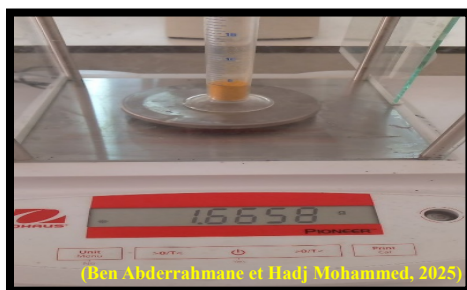


Figure 12 Mesure de la densité (photo originale)



III.1.8.3. Expression des résultats

Après avoir déterminé les masses M et M' , la densité (D) des échantillons est déterminée par la formule suivante :

$$D = M' / M$$

Dont :

M' : masse de 2 ml de miel

M : masse de 2 ml d'eau

III.1.9. Couleur

III.1.9.1. Principe

Pour déterminer l'intensité de la couleur d'échantillon (une couleur foncée indique la présence des pigments (caroténoïdes, flavonoïdes) utilise la méthode de **Bath et Singh (1999)**.

III.1.9.2. Protocole

Dissoudre 1g d'échantillon dans 5 ml d'eau distillée (pour la cire 5 ml de chloroforme) qui est légèrement chauffée. Ensuite, filtre la solution pour assurer une absence totale de particules grossières dans les solutions puis passe à la lecture de l'absorbance à 420 nm.

III.1.9.3. Expression des résultats

Les résultats obtenus sont lus directement sur le spectrophotomètre.

III.1.10. Température de fusion

III.1.10.1. Principe

La température de fusion est une propriété physique distinctive de chaque substance chimiquement pure. Elle constitue un critère essentiel pour évaluer sa pureté et permettre son identification. La présence d'impuretés dans une substance tend généralement à abaisser et à élargir son intervalle de fusion (**Ferhoum, 2010**).





III.1.10.2. Protocole

Un tube capillaire propre est introduit dans l'échantillon puis rempli sur une hauteur de 2 cm. Le point de fusion sera la température à laquelle la colonne commence à se déplacer dans le tube capillaire (**Figure 13**).



Figure 13 Mesure de point de fusion à l'aide d'un fusiomètre (photo originale)

III.2. Analyses biochimiques

III.2.1. Chromatographie des sucres sur couche mince des différents produits

Afin de réaliser une analyse qualitative permettant de déterminer les sucres présents dans chaque produit de la ruche une série d'étalon des sucres disponibles au laboratoire sont utilisés. L'analyse est réalisée selon la méthode (**Belhamra, 2015**) avec une légère modification plus adaptée aux produits de la ruche.

III.2.1.1. Préparation de solutions étalons

25 mg de chaque ose galactose, arabinose, acide glucuronique, fructose, saccharose, glucose, mannose, maltose, raffinose, xylose est dissous dans 2.5 ml d'eau distillée (**Figure 14**).

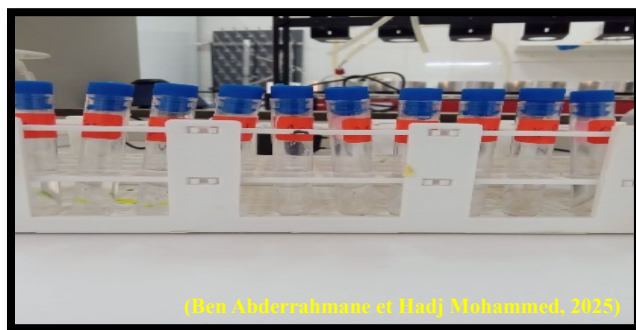


Figure 14 Solutions étalons (photo originale)



III.2.1.2. Préparation de la phase mobile

Une phase mobile est utilisée pour réaliser l'analyse chromatographique : acide acétique, eau, chloroforme, méthanol et n-butanol (1.5 :1.5 :4.5 :5 :12.5, v/v/v/v/v).

III.2.1.3 Préparation de révélateur (réactif de NIGRUM) (Annexe 2)

III.2.1.4. Préparation des échantillons

➤ Miel/pollen/propolis

1g d'échantillon est dissous dans 50 ml d'eau distillée chaudes. Après une bonne agitation, les solutions de pollen et propolis sont filtré.

➤ Cire

Une extraction liquide-liquide est réalisé, 50 mg de la cire est chauffé légèrement puis dissous dans 5 ml de mélange chloroforme et éthanol (2.5/2.5 en volume). 3 ml de mélange est bien chauffé, puis mélangé avec 10 ml d'eau distillée. Après l'agitation, le mélange est déposé dans une ampoule à décanter pour séparer la phase aqueuse et organique.

III.2.1.5. Méthode opératoire de CCM

Les produits de la ruche et les étalons sont déposés sur la plaque en gel de silice, préalablement activée dans l'étuve à 100 °C pendant 5 min. Les dépôts étaient espacés de 1 cm, une distance de 1 cm était maintenue entre les bords droit et gauche de la plaque et 1.5 cm de sa bordure inférieure. Les plaques CCM sont placées dans des béciers saturé de la phase mobile et scellées. Le développement de la chromatographie est effectué de façon ascendante jusqu'à la ligne du front du solvant (**Figure 15**). Après élution, les plaques sont récupérées et bien séchées, puis elles sont révélées avec le réactif de NIGRUM. Ensuite, les plaques sont chauffées dans l'étuve à 105 °C jusqu'à l'apparition des taches colorées.



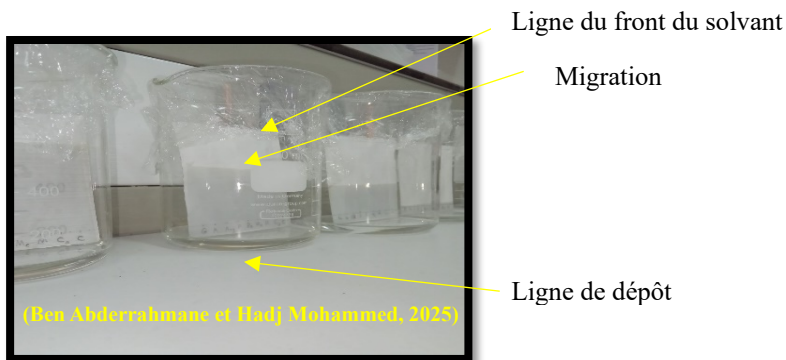


Figure 15 Développement de la chromatographie (photo originale)

III.2.2. Dosage de protéine

III.2.2.1. Principe

Le dosage des protéines se fait par la méthode de **Bradford (1976)**. C'est une méthode colorimétrique où le bleu de Coomassie (G250) change du vert foncé vers le bleu dans un environnement acide lorsqu'il se lie aux acides aminés basiques de la protéine (groupe NH_3^+).

III.2.2.2. Préparation d'échantillons

- Miel : 1g dissoudre dans 1ml d'eau distillée chaude.
- Pollen et propolis : une dilution de 1 sur 100 ml.
- Cire : une macération pendant 24h sous agitation est effectuée pour 1g de cire avec 20 ml de tampon phosphate de sodium + 0.1 % Triton X-100 : pH= 7.4 (**Annexe 2**).

III.2.2.3. Mode opératoire

100 μl d'échantillon à tester ou de solution standard de BSA (**Annexe3**) ou d'eau distillée (pour le blanc) avec un volume de 3ml de réactif de de Bradford (**Annexe 2**) a été ajouter, le mélange est bien agité par vortex et laissé 5 min dans un bain marie à température de 30°C et avant une heure d'incubation à température ambiante. L'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 595nm.

III.2.2.4. Expression des résultats

La détermination du taux de protéines se fait en se basant sur une courbe d'étalonnage élaborée à partir d'une norme qui correspond au sérum albumine bovine (BSA), (**Annexe 4**).



III.2.3. Dosage de sucre

III.2.3.1. Principe

La méthode de phénol (**Dubios et al.,1956**) permet de doser les oses qui réagissant avec le phénol et l'acide sulfurique sous l'action de la température ; les hexoses et pentoses se déshydratent puis se déroule une cyclisation formant des dérivés du furfural tels que le 5-hydroxyméthylfurfural. En présence de sucres, un complexe de couleur jaune se crée. On détermine la concentration de ce complexe en utilisant un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 490 nm.

III.2.3.2. Préparation d'échantillon

Une solution mère a été préparé par agitation de 1g de chaque échantillon dans 100 ml d'eau distillée pendant 1 heure à température 70 °C, puis la solution est filtrée et diluée 1/100 fois.

III.2.3.3. Préparation de la solution mère de glucose

Elle est présentée dans **Annexe 2** et leurs dilutions **Annexe 5**.

III.2.3.4. Mode opératoire

2 ml de chacune des dilutions sont versés dans un tube à essai, en ajoutant un tube témoin contenant de l'eau distillée. Un volume de 0,5ml du phénol et 3ml de l'acide sulfurique H_2SO_4 concentré ont ajoutées et bien agités à l'aide d'un vortex. Le mélange est incubé au bain-marie à une température de 70°C pendant 5 min, ensuite refroidis. L'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 490 nm.

III.2.3.5. Expression des résultats

L'évaluation de la quantité totale de sucres a été réalisée en se basant sur la courbe d'étalonnage établie avec le glucose (**Annexe 6**).

III.3. Analyse thérapeutique

III.3.1. Activité antimicrobienne

L'expérimentation a été réalisée au niveau de laboratoire de la microbiologie de l'université de Ghardaïa pour déterminer l'activité antimicrobienne des échantillons testé, 05 souches bactériennes pathogènes ont été choisir dont 2 souches bactériennes Gram positif *Staphylococcus*





aureus, *Bacillus subtilis* et 3 Gram négatif *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* et *Listeria monocytogenes*.

III.3.1.1. Repiquage des souches microbiennes

Les souches bactériennes ont été réactivées pour obtenir des cultures jeunes en phase de croissance exponentielle. Ce processus nécessite un travail dans des conditions stériles. Le repiquage se réalise en prélevant une souche bactérienne à l'aide d'une anse de platine stérile, puis l'ensemencement des souches sur un milieu gélosé (incubée à 37°C pendant 24 heures) (Ahmed et al., 2012).

III.3.1.2. Profils de résistances aux antibiotiques

Il s'agit d'une technique d'analyse qui permet de déterminer la sensibilité des bactéries aux antibiotiques. Il consiste à placer la culture de bactéries en présence d'un ou des antibiotiques de surveiller les effets sur leur croissance et leur survie.

➤ Préparation de l'inoculum

A partir d'une culture pure des bactéries à tester sur milieu d'isolement, des colonies bien isolées, ont été prélevées par anse ou pipette pasteur (Rahal, 2005), puis la culture microbienne ensemencée à la surface de la gélose de Mueller-Hinton. L'évaluation des concentrations bactériennes de l'inoculum est réalisée par turbidité et exprimée en densité optique (DO) à 600 nm, à l'aide d'un spectrophotomètre SECOMAM. Une DO de 0,08 à 0,1 équivaut à une densité microbienne de 10^6 UFC/mL (unités formant colonie par mL) (Sib, 2007, Ahmed et al., 2012) (Figure 16).

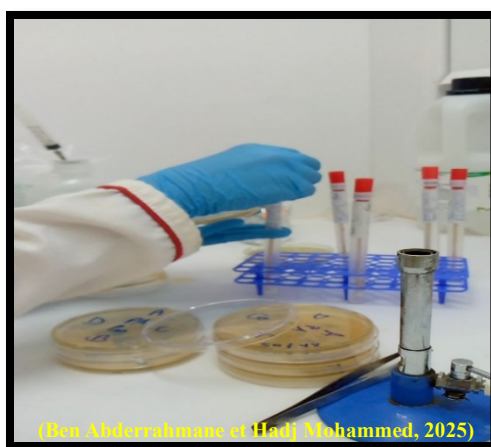


Figure 16 Préparation de l'inoculum (photo originale)



➤ Sensibilité des souches indicatrices aux ATB

L'évaluation de la sensibilité des souches aux antibiotiques (ATB) a été réalisée en utilisant la technique de l'antibiogramme par diffusion sur gélose Mueller Hinton (MH). Des boîtes de Pétri contenant de la gélose MH, déjà préparées, ont été ensemencées avec l'inoculum des souches indicatrices sur la surface du milieu (**Figure 17**). Par la suite, divers disques d'antibiotiques (ATB) provenant de différentes familles ont été placés sur la surface des milieux inoculés. Les disques d'antibiotiques utilisés sont : Amoxicilline (AX), Ciprofloxacine (CIP), Gentamicine (GEN), Acide Clavulanic (AUG) (100ug).

Après une incubation à 37 °C pendant 24 heures, on a mesuré les diamètres des zones d'inhibition autour des disques d'antibiotiques en millimètres en utilisant un pied à coulisse en métal.



Figure 17 Ensemencement bactérienne (photo originale)

III.3.1.3. Etude de l'effet antibactérien des produits de la ruche

L'évaluation du pouvoir antibactérien des cinq échantillons sur les différentes souches, est réalisée par la technique de diffusion sur milieu MH.

Le profil de sensibilité des bactéries aux antibiotiques ou un échantillon peut être déterminé par la mesure de la zone d'inhibition aux tours des disques. Pour cette étude, trois répétitions ont été réalisées pour chaque souche bactérienne et pour chacune des dilutions effectuées

➤ Préparation des disques

Les disques sont fabriqués à partir de papier Whatman, possédant un diamètre de 3 mm, ils sont stérilisés en autoclave à une température de 120°C.



➤ Préparation des différentes dilutions d'échantillon

Miel : 4 dilutions de miel ont été effectuées dans des tubes stériles : miel pur à 100%, dilution à 75%, 50%, 25% (Ahmed et al., 2012).

Pollen : 6g est dissoudre dans 30ml l'eau physiologique avec l'agitation, puis effectué 4 dilutions à 100%, 75%, 50%, 25%.

Propolis et cire : L'extraction a été réalisée selon la méthode de Bouzahouane et al. (2021) avec quelques modifications, par la macération de 20 g d'échantillon dans 60 ml d'éthanol 80 % pendant une semaine (Debab et Toumi-Benali, 2022).

Suite à l'ensemencement des boîtes de Pétri contenant MH d'une épaisseur de 4 mm avec des suspensions bactériennes préalablement élaborées, des disques stériles en papier Whatman d'un diamètre de 3 mm avec les dilutions des échantillons ont été placés sur la surface (Figure 18). Les boîtes ont été placées en incubation à une température de 37° C pendant une durée de 18 à 24 heures.



Figure 18 Préparation de différentes dilutions sur les disques (photo originale)

➤ La lecture

Il s'agit d'évaluer avec précision les diamètres des zones d'inhibition qui se forment autour des disques d'aromatogramme à l'aide d'une échelle graduée (Tableau 11).

Tableau 11 Echelle de sensibilité des germes (Ponce et al., 2003).

Diamètre de la zone d'inhibition (mm)	Transcription	Sensibilité
Moins de 8mm	/	Non sensible
8mm à 14mm	+	Sensible
15mm à 19 mm	++	Très sensible

Plus de 20mm	+++	Extrêmement sensible
--------------	-----	----------------------

* diamètre de disque inclus dans la mesure

III.3.2. Activité cicatrisante

III.3.2.1. Répartition des lapins

Les six lapins sont sélectionnés, pesés, marqués individuellement, puis répartis, cinq lapins pour chaque échantillon, un pour le contrôle positif traité par une pommade (Madecassol®) et un contrôle négatif qui ne reçoit aucun traitement. Ainsi pour cette étude, trois répétitions ont été réalisées pour chaque produit.

III.3.2.2. Préparation des lapins

Les lapins sont rasés au niveau de la région dorsolombaire après coupures de poils, le rasage est complété avec une lame si nécessaire. Puis un cercle de 2 cm de diamètre est tracé sur la peau. Afin d'éviter la souffrance des lapins et faciliter leurs préparations, les lapins ont subi une anesthésie générale par administration de 0.6 ml de Zoletil 100 par voie intra péritonéale (Figure19).



A. Tracage des cercles

B. Excision

C. Netoyage de plaie

Figure 19 Les étapes d'excision de lapins (photo originale)

III.3.2.3. Traitement des lapins

Les lapins sont placés dans des cages dans des conditions normales du laboratoire avec accès libre à l'eau et à l'aliment. Après 24h, les plaies ont été nettoyées avec de l'eau oxygénée afin d'éliminer les résidus de poils, de sang, etc et 0,5 g d'échantillon est appliqué, l'opération est réalisée chaque jour jusqu'à la cicatrisation complète des plaies (Figure 20) (Pipelzadeh et al., 2003).

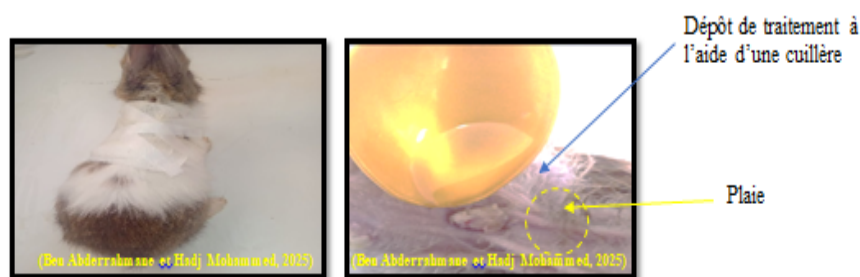


Figure 20 Traitement de lapins (photo originale)

III.3.2.4. Suivi des lapins

L'évolution de la cicatrisation est suivie en mesurant le poids, la température et la surface des plaies pendant toute la période d'expérimentation. Le diamètre des plaies d'excision est mesuré chaque 3 jours pendant cette période, en traçant la plaie sur papier transparent et en les mesurant par la suite grâce au papier millimétrique (**Baali, 2021**). Une observation quotidienne des plaies est aussi effectuée afin de décrire une éventuelle infection ou non, présence ou absence de pus ainsi que l'aspect et l'état général de la plaie (**Descottes, 2009**).

III.3.2.5. Expression des résultats

Le pourcentage de réduction des plaies est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ Contraction de la plaie} = \frac{\text{La taille initiale} - \text{La taille d'une journée spécifique}}{\text{La taille initiale}} \times 100$$

III.4. Analyse statistique

Les résultats des différents tests effectués in vitro et in vivo sont exprimés en moyenne $\pm$ SD. La comparaison des moyennes et des variances est déterminée grâce au logiciel R version 4.0.2. Les résultats des différents tests ont été analysés par ANOVA univariée, suivie du test de Freidman, Cruskal-walis et Wilcoxon ou test de Tukey's pour les comparaisons multiples et la détermination des taux de signification. Les résultats de $p \leq 0,05$ sont considérés statistiquement significatifs. Hautement significatifs inférieurs à 0,01 ($p < 0,01$), et très hautement significatifs à 0,001 ($p < 0,001$), tandis que les probabilités supérieures à 0,05 ne sont pas significatives ($p > 0,05$).

Résultats et discussion

A decorative graphic element consisting of a yellow trapezoidal shape with a black outline, positioned to the right of the section header. Three small yellow droplets are falling from the bottom right corner of the shape.



Ce chapitre présente les résultats obtenus ainsi que leur discussion, portant sur les propriétés physico-chimiques, biochimiques et les effets thérapeutiques, à travers l'étude réalisée sur les cinq produits de la ruche : le miel d'agrumes, le miel de cidre, le pollen, la propolis et la cire d'abeille.

I. Caractérisation physicochimique

I.1. pH

Les résultats relatifs au pH de l'ensemble d'échantillons sont illustrés dans la figure 21.

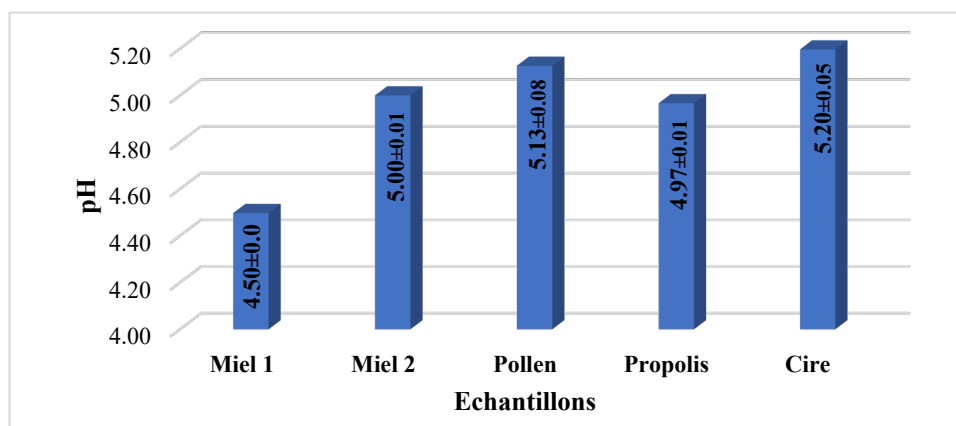


Figure 21 Variation du pH de l'ensemble de l'échantillon analysé

Les résultats obtenus montrent que tous les produits de la ruche analysés présentent un pH acide, qu'est compris entre 4,50 et 5,19. La valeur de pH la plus faible dans nos résultats est enregistré dans le miel d'agrumes ($4,50 \pm 0,00$) par contre la plus élevés est enregistré pour la cire ($5,20 \pm 0,05$).

L'analyse de la variance réalisée sur le pH des échantillons indique un effet significatif ($p=0,011$) ;($F=103,9$) entre les différents produits de la ruche.

Le miel d'agrumes possède un pH de $4,50 \pm 0,00$, par contre le miel de cidre possède un pH de $5 \pm 0,01$. Le pH varie de 3,5 à 4,5 et de 4,5 à 5,5 respectivement pour les miels de nectar et de miellat, ce qui nous laisse conclure que peut être le miel d'agrumes est issu de nectar et le miel de cidre peut être issu de miellat. Ainsi les valeurs sont en accord avec les recommandations du Codex Alimentarius (2001).

Le pH obtenu de miel d'agrumes était proche de celui rapporté par **Ouchemoukh et al. (2007)** sur les miels algériens (3,43 à 4,49), aussi celui obtenu par **Alqarni et al. (2016)** sur les miels de



l'Arabie Saoudite (3,03 et 4,73), tandis que **Shobham et al. (2017)** a rapporté un intervalle inférieur à nos résultats sur les miels de Telangana (une région indienne) (3,7 à 3,9). Le résultat de pH de miel de jujubier (Cidre) était proche de celui rapporté par **Haderbache et al. (2013)** sur les miels algériens qui a obtenu une valeur de $4,96 \pm 0,91$ pour le miel du jujubier (Cidre).

Le pH du pollen ($5,13 \pm 0,08$) est dans les intervalles fixés par la législation brésilienne avec un intervalle de 4 à 6 (**Commission brésilienne, 2000**). Ce résultat est proche de celui rapporté par **Younsi et Lazizi. (2016)** qui enregistré un pH (5,08 à 5,95), tandis que **Feás et al. (2012)** enregistrent un intervalle de pH entre 4,3 et 5,2. **Melo et al. (2023)** a rapporté un intervalle inférieur à nos résultats (4,80 à 5,08).

La propolis enregistre un pH de $4,97 \pm 0,01$, ce résultat est supérieur aux résultats obtenus par **Dias et al. (2023)** avec un pH 4,8 et similaire de travaux de **Tumbariski et al. (2023)** pour un intervalle entre 4,82 et 5,87. cette acidité est due à sa composition riche en composés acides, tel que les dérivés de l'acide benzoïque, de l'acide benzaldéhyde, de l'acide cinnamique et des acides aliphatiques (**Walker et Crane, 1987**). Enfin, la cire enregistre le pH la plus élevé $5,20 \pm 0,05$ ce qui signifie la richesse en acides organiques (**Kameda et Tamada, 2009**).

Le pH est un critère de qualité, il est en fonction de la quantité d'acides ionisables qu'il renferme (ions H^+) ainsi que de sa composition minérale (**Homrani, 2020**). On peut déduire l'acidité d'un échantillon varie selon la présence d'acides organiques, tels que les acides gluconiques provenant des sécrétions digestives des abeilles pendant l'élaboration du miel : l'acide pyruviques, l'acide maliques et l'acide citriques (**Achouri et al., 2015**). Les variations de pH peuvent être dues à la flore butineuse, par exemple les miels de nectar ont un pH faible (de 3,3 à 4,0), tandis que les miels de miellat ont un pH un peu plus élevé (4,2 à 5,5) (**Bogdanov et al., 1995**). Un pH extrême, en dehors de ces valeurs, révèle une dégradation biochimique suite à de mauvaises conditions de récolte ou de conservation, à la sécrétion salivaire des abeilles mellifères et les processus enzymatiques et fermentaires lors de la conversion des matières premières (**Achour et khali, 2014**).

I.2. Acidité libre

Les mesures de l'acidité libre de ces produits de la ruche d'abeille sont présentées dans la figure (22) ci-dessous.



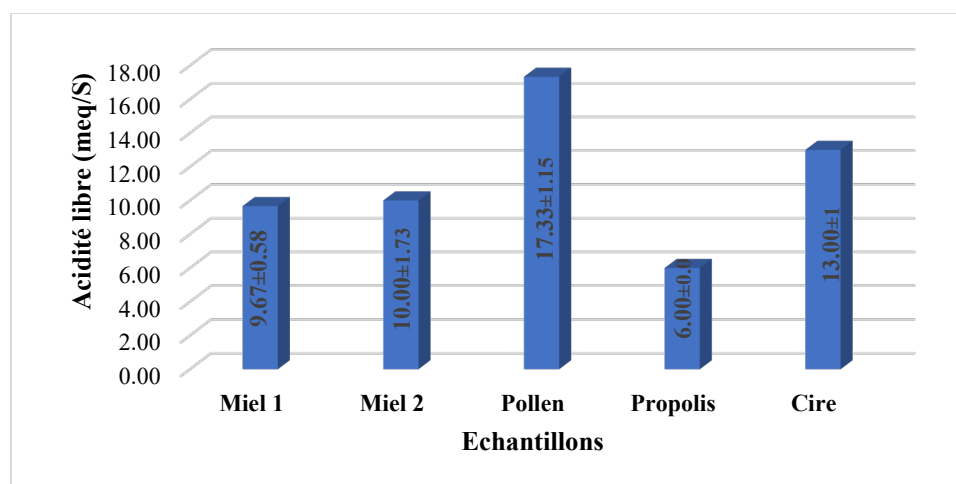


Figure 22 Acidité libre de différents échantillon étudiés.

La figure 22 montre que l'acidité des produits de la ruche analysés varie entre 6 et 17,33 meq/Kg. Les résultats obtenus dans cette étude révèlent que les cinq produits de la ruche analysés présentent des acidités différentes selon la quantité d'acide organique. Le pollen manifeste l'acidité la plus élevée de 17,33±1,15 meq/Kg suivie par la cire 13±1 meq/Kg. Le miel d'agrumes, miel de cidre et la propolis ont des acidités très faibles comparativement aux deux produits précédant 9,66±0,5 meq/Kg, 10±1,7 meq/Kg et 6±0 meq/Kg respectivement.

L'analyse de la variance a révélé une différence significative des valeurs mesurées entre les cinq produits testés ($p < 0,05$) ; ($F=47,441$), avec un effet très hautement significatif ($p < 0,001$) entre pollen et propolis, entre pollen et miel d'agrumes ainsi entre la cire et propolis. Les valeurs d'acidité libre de nos miels analysées ne dépassent pas la limite normale fixée par le **Codex Alimentarius. (2001)** qui est inférieure à 50 méq/kg. En comparant ces résultats avec d'autres on trouve que les moyennes d'acidité des miels sont dans l'intervalle des résultats obtenus par **Abselami et al. (2018)** sur les miels de l'est du Maroc qui ont eu une acidité libre entre 5,77 et 19,47 meq/ kg et semblable à celui trouvé par **Raweh et al. (2023)** 7 à 37 meq/ kg, mais différents de celle obtenue par l'étude d'**Alqarni et al. (2016)** sur les miels d'Arabie Saoudite qui a montré des valeurs d'acidité libres comprises entre 12 et 134 meq/kg.

La valeur la plus élevée est notée dans le pollen, ce résultat est dans la marge rapportée par **Younsi et Lazizi. (2016)** qui est entre 6 et 19 meq/ kg. Nous constatons, par ailleurs, que le taux d'acidité élevé peut être due soit à l'origine botanique du pollen récolté et éventuellement au déclenchement du processus de fermentation par les microorganismes (les bactéries lactiques) qui transforment les



sucres en acides organiques, soit peut s'expliquer aussi par le temps de conservation qu'à rester le pollen dans les trappes à pollen après la récolte par les abeilles, donc il n'y a pas une congélation immédiate rapide, ce dernier favorise la fermentation lactique, qui entraîne à la production d'une quantité considérable d'acide lactique responsable d'augmentation d'acidité (**Belkacemi et Bachir, 2019**), aussi l'activité enzymatique des abeilles qui ajoutent la salive au pollen lors de la formation des pelotes. Cette salive contient des enzymes, dont certaines peuvent influencer l'acidité du pollen au fil du temps (**Komosinska-Vassev et al., 2015**).

La propolis enregistre une valeur faible d'acidité 6 ± 0 meq/Kg. Ce résultat est similaire à l'étude de **Ferhoum. (2010)** qui montre un intervalle de 4,73 à 10,67 meq/Kg. Ce résultat peut être expliquer par la présence d'acides organiques comme l'acide benzoïque, l'acide caféique, l'acide férulique et l'acide *p*-coumarique (**Sahinler et Kaftanoglu, 2005**), ce sont tous des acides organiques faibles, ce qui signifie qu'ils ne se dissocient pas complètement (ne libèrent pas tous leurs ions hydrogènes et donc n'augmente pas l'acidité de milieu) dans une solution aqueuse (**Dadras et al., 2019**). Aussi selon **Sahinler et Kaftanoglu. (2005)** beaucoup de composés comme les composés phénoliques (par exemple, phénols, esters phénoliques) et les flavonoïdes (par exemple, pinocembrine, chrysine, galangine) possèdent des groupes hydroxyles ($-OH$) qui peuvent donner des protons, contribuant ainsi à l'acidité. Cependant, l'acidité de ces groupes hydroxyles est généralement faible par rapport aux acides minéraux forts.

La cire d'abeille pure peut avoir des indices d'acides compris entre 17,2 - 23,5 meq/Kg et cela quand elle est fraîche non exposée aux différents facteurs d'altération qui peuvent causer soit la hausse soit la baisse de cet indice. Notre échantillon a un indice acide bas par rapport à la norme 13 ± 1 meq/Kg, cela indiquant que cette cire a été mélangée à des matières non acides (paraffine) (**Hammani, 2023**). Ce résultat est très inférieur à la valeur qui enregistré par **Tesfaye et al. (2016)** de $22,33 \pm 0.39$ meq/Kg.

En générale, l'acidité libre est un critère crucial lors de l'extraction et du stockage car elle impacte directement sa texture et sa stabilité. Elle provient d'acides organiques, présents sous forme libre ou combinée en lactones (**Gomes et al., 2010**). L'acidité du miel varie selon son origine florale ou la saison de récolte (**Bakchiche et al., 2018**). Les acides présents dans le miel proviennent en partie du nectar ou du miellat. Toutefois, leur source principale réside dans les sécrétions salivaires des abeilles durant l'élaboration du miel, ainsi que des réactions enzymatiques et des fermentations.





L'acide gluconique, dérivé du glucose, est le composé majoritaire responsable de l'acidité du miel (Gomes et *al.*, 2010).

I.3. Conductivité électrique

Les résultats de la conductivité électrique obtenus sont montrés sur la figure (23).

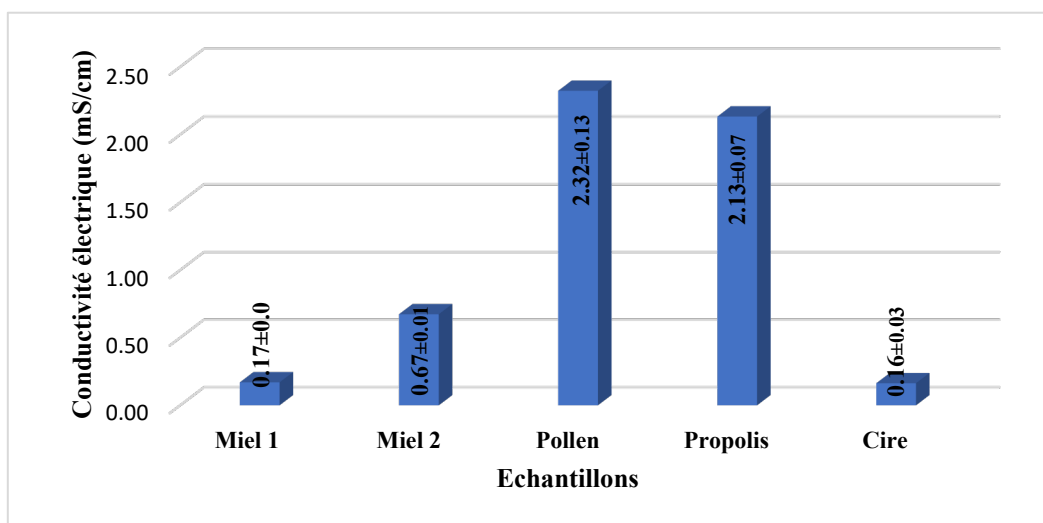


Figure 23 Conductivité électrique de différents échantillons étudiés

Les valeurs de la conductivité électrique des produits de la ruche varient de 0,170 à 2,323 ms/cm. Le pollen enregistre la valeur la plus élevée de 2,323±0,13 mS/cm suivie par la propolis 2,133±0,07mS/cm. Le miel d'agrumes, miel de cidre et la cire ont des valeurs très faibles par rapport aux deux produits précédant 0,170±0,0 mS/cm ; 0,674±0,01 mS/cm et 0,163±0,03 mS/cm respectivement.

L'analyse de la variance montre la présence de différence significative entre nos produits de ruche ($p=0,01$) ; ($F=684,7$) avec une différence hautement significative entre pollen et la cire ($p<0,001$).

Selon le **codex Alimentarius. (2001)** les valeurs de conductivité électrique doivent être inférieures à 0,8 mS/cm pour les miels floraux (du nectar), tandis que ceux du mielat doivent être supérieures à 0,8 mS/cm. Le résultat de miel d'agrumes est similaire à celles de **Abselami et al. (2018)** sur les miels de l'Est du Maroc et de **Bettar et al. (2019)**, qui ont trouvé des valeurs allant de 0,108 à 0,626 mS/cm et de 0,136 à 0,474 mS/cm respectivement. Ainsi, il est inférieur à celles de **Benaziza et Schweitzer. (2010)** qui ont étudié les miels du Nord de l'Algérie avec 0,20 à 0,80 mS/cm. Les résultats obtenus pour le miel de cidre est semblable à celui trouvé par **Boussaid et al. (2014)** sur les miels tunisiens 0,39 à 0,89 mS/cm et proches aux résultats de **Ouchemoukh et al. (2007)** pour





Le miel de *Zizyphus lotus* (Cidre) de la région de Laghouat 0,21 à 1,61 mS/cm, par contre, elle est supérieure à celle d'autres résultats de **Bakchiche et al. (2018)** dont la conductivité électrique des miels de cidre qui varie entre 0,34 et 0,55 mS/cm, ainsi **Achour et Khali. (2014)** enregistrent des valeurs variantes entre 0,24 et 0,56 mS/cm. Aussi inférieur à celle d'autres résultats de **Achouri et al. (2015)** $1,09 \pm 0,3$ mS/cm.

Selon **Kaskonienė et al. (2010)**, les miels foncés conduisent mieux le courant électrique que les miels clairs. Cela est dû à la richesse de ces miels en matières minérales ionisables. Ce qui confirme ce que nous avons trouvés par les échantillons de miel étudiés ; le miel de cidre a une couleur plus foncée et une valeur plus élevée de la conductivité électrique par rapport aux miels d'agrumes.

La valeur la plus élevée est notée dans le pollen $2,323 \pm 0,13$ mS/cm ce qui distingue la richesse en acides organiques et en minéraux. Ce résultat est supérieur à celui trouvé par **Adaškevičiūtė et al. (2019)** qui montrent des valeurs allant de 0,444 à 0,836 mS/cm. Plusieurs éléments peuvent affecter la CE du pollen, parmi lesquelles, la teneur en eau (hydratation). Selon **Babahani et Bouguedoura. (2016)**, un pollen plus hydraté aura généralement une conductivité plus élevée en raison de la plus grande mobilité des ions. Ainsi les sels minéraux, les sucres et les autres composés ioniques présents dans le pollen contribuent à sa conductivité (**Komosinska-Vassev et al., 2015**). **Mekious et al. (2015)** signalent que l'origine florale joue un rôle important ou différents types de pollen, provenant de différentes fleurs, ont des compositions chimiques distinctes, ce qui entraîne des variations dans leur conductivité électrique.

Aussi, la propolis montre une valeur élevée $2,133 \pm 0,07$ mS/cm, elle est similaire à celles de **Dias et al. (2012)** qui enregistre des valeurs supérieures allant de $1,2 \pm 0,1$ à $2,4 \pm 0,3$ (mS/cm) dans plusieurs échantillons de la propolis récoltés dans la région du Portugal.

Enfin, la cire enregistre la valeur la plus faible $0,163 \pm 0,03$ mS/cm. D'après **Bratovčić et al. (2016)**, la cire d'abeille est un matériau naturellement isolant électrique, ce qui signifie qu'elle conduit très mal l'électricité. Cette propriété est due à sa composition chimique, principalement constituée de lipides (esters d'acides gras et d'alcools gras à longue chaîne), qui n'offrent pas beaucoup de porteurs de charge libres pour la conduction électrique.



La conductivité électrique (CE) est liée à la concentration en protéines, acides organiques, en minéraux ou en cendres totales et à la salinité. Ainsi ce paramètre est un bon critère de différenciation entre le miel de nectar et le miel de miellat (Almasi et Sekarappa, 2019).

I.4. Indice de réfraction et degré Brix

La figure 24 montre les résultats de la mesure de l'indice de réfraction et de degré Brix sur le miel, pollen, propolis et la cire d'abeilles.

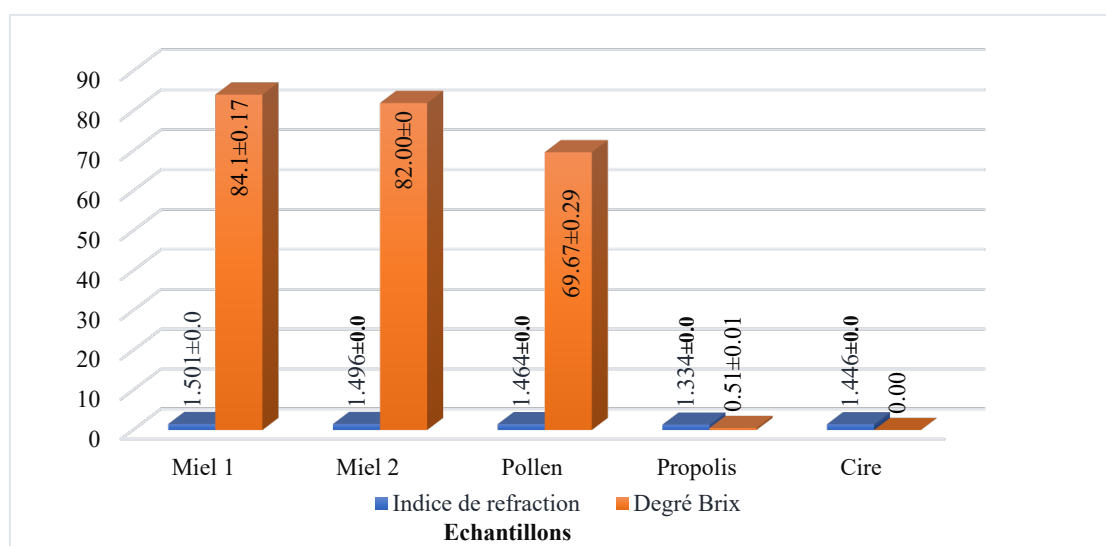


Figure 24 Indice de réfraction et le degré de Brix sur les différents échantillons testés

L'indice de réfraction des produits de la ruche analysés varie entre 1,334 et 1,501. Le miel d'agrumes présente l'indice le plus élevé, atteignant $1,501 \pm 0,0$. Il est suivi par le miel de cidre avec une valeur de $1,496 \pm 0,0$. Le pollen enregistre un indice de $1,464 \pm 0,0$, tandis que la cire affiche une valeur de $1,446 \pm 0,0$. Enfin, la propolis présente l'indice de réfraction le plus faible, soit $1,334 \pm 0,0$.

L'analyse de variance a révélé une différence hautement significative des valeurs mesurées entre les cinq produits testés ($S < 0,001$) ; ($F = 319,2$).

L'indice de réfraction du miel est inversement proportionnel à sa teneur en eau. Il varie entre 1,5041 et 1,4915 pour une teneur en eau entre 13 et 18 % pour la majorité des miels (Chataway, 1935 ; Achouri et al., 2022).

Nos résultats de miels d'agrumes et de cidre sont dans les intervalles fixés par Chataway. (1935). Ils sont supérieurs à celle trouvée par Adebisi et al. (2004) avec un intervalle de 1,460 à 1,489 pour le miel Nigériane et à celle Benkhaddra et Ghadbane. (2014) pour une valeur de 1,4935.





Le pollen enregistre une valeur de $1,464 \pm 0,0$. Ce résultat est largement supérieur à l'étude de **Adaškevičiūtė et al. (2019)** qui trouve un intervalle allant de 1,341 à 1,345. Cette différence pourrait dépendre à la composition, l'origine botanique et géographique des échantillons (**Adaškevičiūtė et al., 2019**).

La propolis enregistre une valeur plus faible que l'autre produits de ruche $1,334 \pm 0,0$. Cet indice est relativement bas pour une substance organique et il est très proche de celui de l'eau. Probablement pourrait indiquer que l'échantillon de propolis testé n'était pas pur ou qu'il était mélangé avec une quantité significative d'eau. Ainsi ce résultat est proche à celle trouvé par **Adaškevičiūtė et al. (2019)** pour un intervalle entre 1,336 à 1,343.

L'indice de réfraction de notre cire $1,446 \pm 0,0$ légèrement supérieur par rapport aux normes nationales et internationales qui se situent généralement entre 1,440 et 1,445 (**Tesfaye et al., 2016**). Cette valeur légèrement élevée pourrait indiquer une adultération de la cire, potentiellement par l'ajout de paraffine. De plus, notre résultat est élevé que celui obtenu par **Tesfaye et al. (2016)**, qui ont rapporté un indice de réfraction variant de 1,441 à 1,444 avec une moyenne de 1,4426.

La lecture directe de l'échelle de Brix a donné des valeurs entre 0,51 à 84,1 %. Les valeurs les plus élevées enregistrer pour le miel d'agrumes et le miel de cidre, $84,1 \pm 0,17$ % et $82,00 \pm 0,0$ % respectivement puis le pollen $69,67 \pm 0,29$ % ainsi que la propolis présente la valeur la plus faible $0,51 \pm 0,01$ %.

L'analyse de variance indique à la présence de différence significative entre les produits de ruche ($p=0,02$).

Le degré Brix du miel indique la quantité de sucre (en grammes) contenue dans 100 g de miel à 20°C (**Chaouche et Bounsiar, 2018**). Il est donc corrélé à la teneur en sucre du miel, une augmentation de la teneur en sucre conduisant à la croissance de Brix (**Geană et al., 2020**).

Notre valeur se situe dans la fourchette normale indiquée par norme $\geq 80\%$ **Codex alimentaire. (2001)**.

Nous remarquons que le miel d'agrumes avec une valeur de $84 \pm 0,17$ % contient plus de sucres et donc moins d'eau qu'un miel de cidre à $82 \pm 0,0$ %. Cela signifie que le miel d'agrumes est plus concentré en sucres et potentiellement plus stable à la conservation. Ces différences sont normales





et liées à l'origine florale et à la composition du miel. Nos résultats concordent avec l'étude menée par **Silva et al. (2009)** sur des échantillons Portugais allant des valeurs variant entre 79,0 % à 82,2 % avec une moyenne de 80,7%, ainsi le travail de **Chaouche et Bounsiar. (2018)** a montré que les échantillons analysés de miel locaux et importés présentaient des degrés Brix allant de 80 à 84 % avec une valeur moyenne de 82,23%, présentant tous des valeurs supérieures à 80 %.

La valeur de pollen indique la richesse en matière sèche soluble, ce qui peut être un indicateur de la qualité nutritionnelle élevée, mais il faut considérer que ce n'est pas une pure mesure de sucre mais de tous les solides solubles présents (**Adaškevičiūtė, 2019**).

La propolis indique une faible concentration en sucres solubles ($0,51 \pm 0,01$ %) comparée par l'autre produits d'apicole. Cette paramètre cohérent avec la nature de propolis, qui est contient principalement de substances résineuses, cireuse et composé phénolique et pas ou peu de sucres solubles (**Sahinler et Kaftanoglu, 2005**).

L'échelle Brix est une évaluation de la teneur en saccharose (ou sucre) d'une solution liquide et elle est exprimée en grammes de saccharose pour 100 grammes de solution. On l'utilise essentiellement pour déterminer la concentration en sucre des jus de fruits, des vins et des sirops. En revanche, la cire d'abeille est une matière solide majoritairement constituée d'esters d'acides gras et d'alcools, fabriqués par les glandes cirières des abeilles. Elle n'inclut pas de sucre dissous à l'état liquide, donc l'évaluation du degré Brix n'est pas notée ou inapplicable pour la cire d'abeille (**Jaywant et al., 2022**).

1.5. Teneur en eau et en matière sèche

Les résultats obtenus de la teneur en eau et de la teneur en matière sèche des différents produits apicoles sont illustrés dans la figure (25).



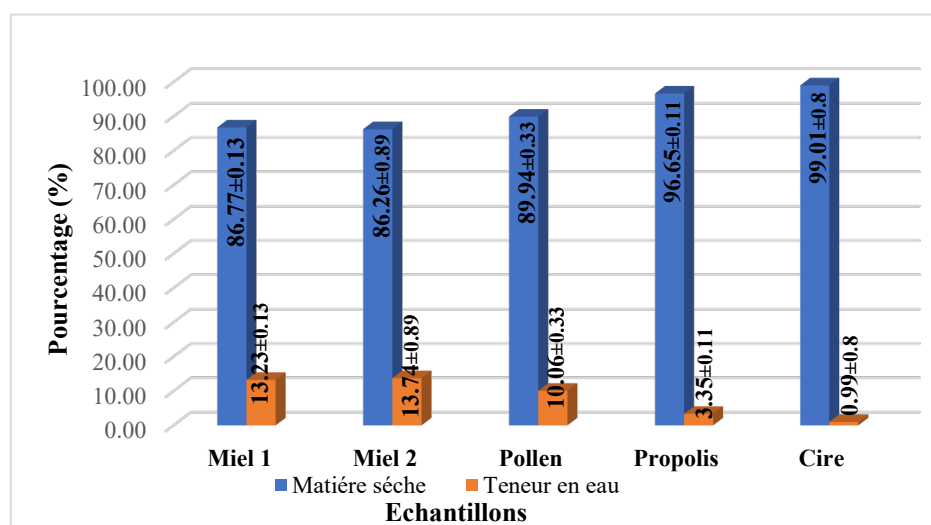


Figure 25 Teneur en eau et la matière sèche de différents échantillons

La teneur en eau des échantillons testés varie entre 0,99 et 13,73% (figure 25). L'humidité élevée par rapport aux autres produits est présentée par le miel de cidre 13,73±0,8%, suivie par celle du miel d'agrumes avec 13,23±0,1%, le pollen avec une teneur de 10,06±0,3%. La propolis et la cire d'abeille présentent les taux d'humidité les plus faibles qui sont de 3,34±0,1% et 0,99±0,8%, respectivement.

L'analyse de la variance de la teneur en eau révèle une différence significative entre les cinq échantillons ($p=0,02$).

Ainsi la matière sèche de nos échantillons oscille entre 86,27 à 99%. La valeur la plus élevée est enregistrée pour la cire qui est 99±0,8%, contrairement le miel de cidre enregistre la valeur faible par rapport aux autres produits.

Les valeurs de teneur en eau de nos miels sont largement inférieures au seuil maximal fixé dans le **Codex Alimentarius. (2001)** (inférieur à 20 %), ce qui conclut que les deux échantillons du miel sont sûrs (**Mehryar et al., 2013**).

Nos résultats sont similaires au travail de **Achour et Khali. (2014)** sur des miels algériens qui sont comprises entre 13 et 15%. Par rapport aux résultats obtenus de **Mekious et al. (2015)**, la teneur en eau de tous les miels analysés de Cidre, Eucalyptus, Retama et Réséda ... varie entre 13,07% et 15,56. Tandis que l'étude de **Bakchiche et al. (2018)**, sur les miels du Cidre, Multifloral



et Harmal estiment des teneurs en eau supérieur à nos résultats, allant de 14,1 à 18,5%, Ainsi que **Achouri et al. (2015)** qui enregistre un teneur en eau égale 17,35%.

Selon **Kaoudji et al. (2020)** la fermentation indésirable du miel pendant le stockage est causée par des levures osmotolérantes. Ce processus produit de l'alcool éthylique et du dioxyde de carbone. L'alcool peut ensuite s'oxyder en acide acétique et en eau, donnant un goût amer au miel. Le risque de fermentation est élevé si la teneur en eau du miel dépasse 19 %, alors qu'il est inexistant en dessous de 17 %.

L'échantillon de pollen enregistre une humidité de $10,06 \pm 0,3\%$. Ce résultat est supérieur à celle du pollen de Brésil déterminée par **Almeida-Muradian et al. (2005)** (7,4%) et inférieur à celle du **Younsi et Lazizi. (2016)** (18,4 à 21,3%).

La propolis et la cire enregistre des valeurs plus faibles de teneur en eau ce qui révèle la stabilité contre la fermentation indésirable. Notre résultat de propolis est proche de valeur de **Dias et al. (2012)** qui indique des valeurs entre $3,4 \pm 0,2\%$ à $5,4 \pm 0,4\%$ sur plusieurs échantillons de la propolis récoltés dans la région du Portugal. Ainsi similaire à ceux de **Tosi et al. (2006)** sur la propolis collectée à Santafe (Argentine) 1,4 à 6,2%. Nous constatons que la propolis est très pauvre en eau ce qui lui confère sa structure solide et cireuse. Cela implique que la quasi-totalité du poids de la propolis est constituée de matière sèche. Cette matière sèche, riche en composés bioactifs, qui est responsable des nombreuses propriétés de la propolis (**Ferhoum, 2010**).

Nous remarquons que la cire d'abeille est un matériau naturellement hydrophobe, ce qui signifie qu'elle repousse l'eau. Cette propriété est due à sa composition chimique complexe, principalement constituée d'esters, d'hydrocarbures et d'acides gras à longue chaîne. Ces molécules sont non polaires et n'interagissent pas bien avec l'eau, rendant la cire d'abeille insoluble dans l'eau (**Aymé, 2014**).

La teneur en eau est un critère de qualité qui détermine la capacité d'échantillon à rester stable lors de l'entreposage pour résister à la fermentation et à la cristallisation. Généralement une quantité d'eau élevée provoque la fermentation, la perte de sa saveur et de sa qualité (**Mehryar et al., 2013**). Ainsi d'après **Bakchiche et al. (2018)**, la teneur en eau varie d'une année à l'autre et dépend de divers facteurs tels que la saison de récolte, le degré de maturité atteint dans la ruche et les facteurs climatiques.





La matière sèche est en relation inversé avec la teneur en eau (**Bakchiche et al., 2018**). La limite légale de la teneur en eau pour le miel est généralement inférieure à 20%, ce qui signifie une matière sèche minimale de 80%. Miel d'agrumes et miel de cidre présentent un MS $86,76 \pm 0,1\%$ et $86,26 \pm 0,8\%$, respectivement. Ces résultats proches à l'étude de **Bakchiche et al. (2018)** pour différents types de miel 81,4 et 85,9 %.

Le pollen enregistre une valeur de $89,93 \pm 0,3\%$. Une matière sèche élevée signifie moins de susceptibilité à la détérioration microbienne (moisissures, bactéries) et à la dégradation enzymatique, ce qui facilite son stockage et sa conservation. Aussi ce résultat signifiant un produit hautement concentré, riche en nutriments et stable, ainsi bénéfique pour les abeilles, car le pollen est leur principale source de protéines (**Wright et al., 2024**). Ce niveau suggère un traitement efficace et rend le pollen bien adapté à diverses applications, de la nutrition des abeilles à la consommation humaine (**Komosinska-Vassev et al., 2015**).

La propolis indique une valeur élevée en matière sèche de $96,65 \pm 0,1\%$, cela explique sa faible teneur en eau. Ce résultat est similaire au résultat de **Ferhoum. (2010)** pour une matière sèche comprise entre 96,11 et 98,74%.

La valeur la plus élevée est marquée par la cire $99 \pm 0,8\%$, ceci est équivalent à une valeur très faible en eau. Grâce à la présence d'esters, d'hydrocarbures et d'acides gras à longue chaîne, la cire d'abeille est naturellement sèche (**Aymé, 2014**). On peut déduire que, sa nature lipidique et sa quasi-absence d'eau lui confèrent une stabilité exceptionnelle. Elle n'est pas sujette à la fermentation ou à la croissance microbienne comme les autres produits si elle est stockée correctement.

La matière sèche est l'un des facteurs critiques influençant la durée de conservation et de stabilisation. Un faible pourcentage de matière sèche (donc une teneur en eau élevée) favorise la fermentation par les levures osmotolérantes naturellement présentes dans le miel. À l'inverse, une matière sèche élevée garantit une meilleure stabilité microbiologique et une plus longue conservation sans risque de détérioration. Un produit mature, correctement stocké par les abeilles et déshydraté par elles, aura naturellement une matière sèche plus élevée et diminuera le risque de fermentation. La matière sèche est donc un indicateur direct de la maturité et de la qualité du produit de la ruche (**Kaoudji et al., 2020**).





I.6. Teneur en cendre

Les mesures de teneur en cendre des cinq échantillons sont montrées dans la figure 26.

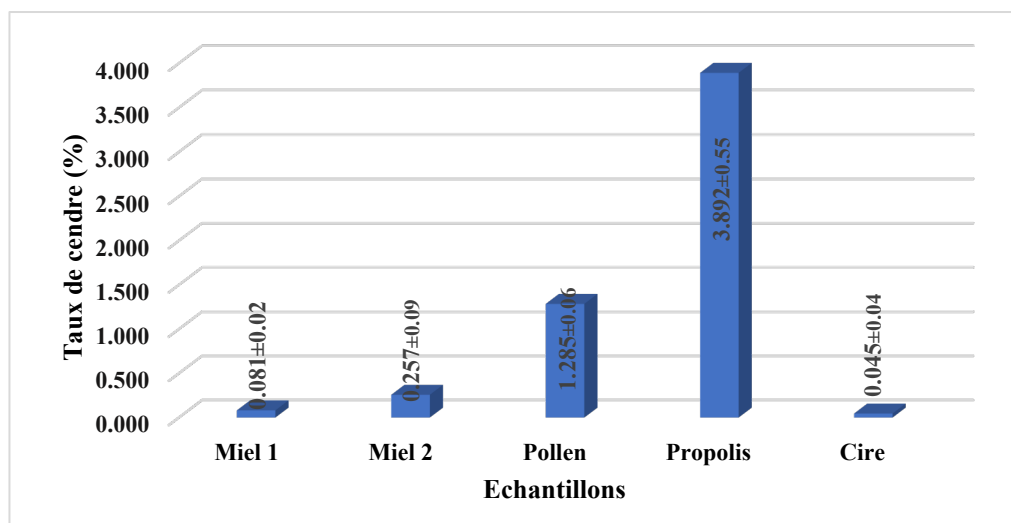


Figure 26 Teneur en cendre des cinq échantillons analysés.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de la teneur en cendre varient entre 0,045 à 3,89 %. La cire, le miel d'agrumes et le miel de cidre présentent les valeurs les plus faibles 0,045±0,04%, 0,08±0,03% et 0,26 ± 0,09% respectivement, suivi de pollen d'une valeur de 1,29 ±0,06 ainsi la propolis qui présente la valeur la plus élevée de 3,89± 0,55 %.

L'analyse de la variance montre une différence hautement significative entre les moyens de la teneur en cendre de nos produits ($p < 0,001$) ; ($F=125$).

Ces résultats de miels respectent la limite autorisée par le **Codex Alimentarius. (2001)** pour le taux de cendres, qui doit être inférieur à 0,6% montre que les miels sont source de nectar.

Différentes études algériennes ont rapporté des valeurs similaires aux nôtres. Ainsi, **Nair et al. (2017)** trouvent des résultats entre 0,04 et 0,37%, **Amir et al. (2010)** montrent un intervalle allant de 0,04 à 1,02%, tandis que **Santos et ses collaborateurs. (2014)** au Brésil ont trouvé des taux allant de 0,02% à 0,19 %.

D'après **Amri et al. (2007)**, il y a une relation entre la quantité de cendres et la conductivité électrique, la détermination de la conductivité électrique et le contenu des cendres dans les variétés de miel nous a permis de connaître l'origine de miel et le contenu minérale de nectar. En d'autres





termes, le niveau de conductivité électrique et la présence de cendres déterminent la quantité d'ions présentes dans le miel. Il a été observé que le miel issu du jujubier (Cidre) présente une concentration en minéraux supérieure à celle du miel d'agrumes. Ainsi (**Terrab et al. (2003)**) indique une augmentation de la teneur en cendres provoque une élévation de la conductivité électrique.

La teneur en cendre obtenue dans notre échantillon de pollen est de 1,29 %, ce qui s'inscrit dans l'intervalle rapporté par **Hamani et Rahmani. (2017)**, à savoir entre 0,4 % et 1,6 % et aux résultats trouvés par **Prost et le Conte. (2005)**, qui estiment qu'elles varient entre 1% et 7%. Cette proximité suggère une concordance avec les résultats observés dans leurs études portant sur des différents types de pollen. Cela indique que le pollen analysé est comparable en termes de richesse minérale, puisque le taux de cendre est un indicateur clé de la qualité et de la pureté du pollen. En revanche, la valeur obtenue est largement supérieure à celle rapportée par **Amrani et Aliouat. (2017)**, qui mentionnent un taux de cendre variant entre 0,21 % et 0,62 %. Cette divergence pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs, comme l'origine botanique, la nature des espèces butinées ou encore les conditions environnementales spécifiques à la période de récolte.

Selon la norme ISO 24381, la teneur maximale en cendres pour la propolis est généralement fixée à 5 % de la fraction massique. Des études montrent que la teneur en cendres varie souvent entre 1,5 % et 5,3 % selon l'origine géographique et la composition (**Ferhoum, 2010**). Mais il est supérieur comparativement aux propolis d'Argentine (1,8 % et 2,4%) (**Tosi et al., 2006**).

Cette valeur se situe dans la fourchette normale et indique une propolis avec une quantité modérée de matières minérales, ce qui est cohérent avec une propolis de bonne qualité et peu contaminée par des impuretés minérales (**Ferhoum, 2010**).

La teneur en cendre de la cire représente la valeur la plus faible par rapport aux autres produits de la ruche, ce qui signifie un produit avec très peu pourcentage de matière inorganique et incombustible. La variation de la teneur en cendres peut s'expliquer les caractéristiques de l'environnement entourant la ruche et la nature des fleurs butinées mais également aux méthodes et techniques de récolte utilisées dans l'apiculture (**Belhaj et al., 2015**).

I.7. Densité relative

Les résultats relatifs à la densité des produits de la ruche analysés sont présentés dans la figure 27.



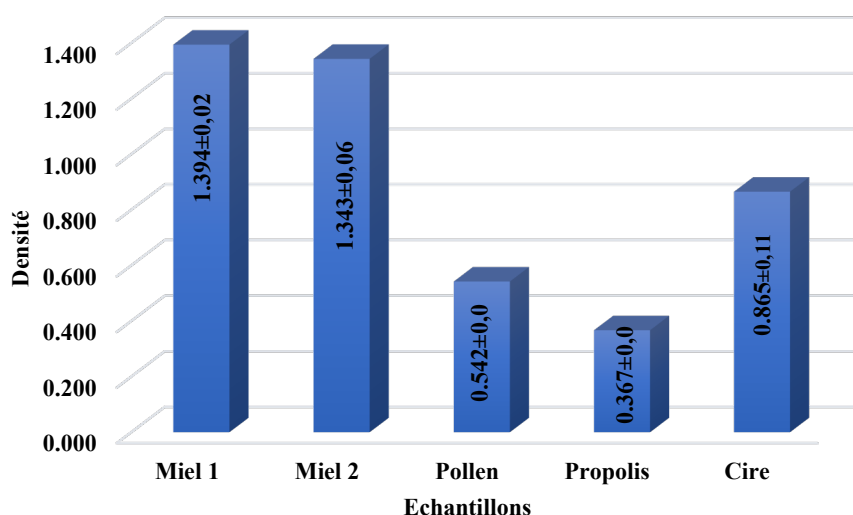


Figure 27 Densité relative de miel, pollen, propolis et de la cire d'abeille

Les valeurs varient de 0,37 à 1,39. La densité la plus élevée par rapport aux autres produits est enregistrée par le miel d'agrumes 1,39 ± 0,02 et le miel de cidre 1,34 ± 0,07, la cire 0,87 ± 0,12, pollen 0,54 ± 0,01 et pour la propolis 0,37 ± 0,0.

L'analyse de la variance a révélé une différence significative des valeurs mesurées entre les cinq produits testés ($p < 0,05$). Le test a montré que la majorité des produits diffèrent significativement entre eux ($p < 0,05$), à l'exception du Miel 1 / Miel 2, pour lequel aucune différence significative n'a été observée. La cire présente les valeurs moyennes les plus élevées, tandis que le miel se distingue significativement du pollen, de la propolis et de la cire.

Les caractéristiques des deux miels analysés sont conformes à l'intervalle de tolérance établi par **Louveaux. (1968)** qui varient de 1,14 et 1,435 avec une moyenne de 1,42 à 20 °C. Les résultats obtenus sont proches aux résultats de **Raber el-miazi. (2016)** qui a étudié la densité de 10 miels de Blida, les valeurs varient de 1,39 à 1,45, ce qui est proche aux résultats obtenus par **Koudegnan et al. (2021)**, qui ont travaillé sur 44 échantillons de miel provenant du Togo, les valeurs comprises entre 1,22 et 1,70 avec une moyenne de $1,41 \pm 0,02$, et diffèrent de ceux de **Hanifi. (2013)** qui a étudié la densité de trois miels : Deux de Bougara et l'autre de l'Atlas Blidéen qui a trouvé des valeurs de 1,454, 1,418 et 1,409 respectivement.

Louveaux. (1985) indique que la teneur en eau est un des principaux facteurs affectant la densité. Plus la teneur en eau est élevée, plus la densité du miel est faible.





Une étude réalisée par **El-Biale et Sorour. (2011)**, a montré que la densité se réduit avec l'augmentation de concentration d'amidon incorporée au miel. Ainsi elle est augmentée avec la quantité de mélasse intégrée au miel.

La densité de pollen est relativement faible comparée à celle du miel, mais en pratique, une densité relative de 0,54 indique que le pollen d'abeille cohérente avec sa composition de glucides, protéines, eau, minéraux, et polysaccharides comme l'amidon et la cellulose et ses propriétés physiques, reflétant sa teneur en eau modérée sa légèreté nécessaire pour le transport par les abeilles (**Feás et al., 2012**).

La densité obtenue pour notre échantillon de propolis est de $0,37 \pm 0,00$. Cette valeur est inférieure à celle rapportée dans une autre étude de **Farhoum. (2010)** où la densité atteint 1,2 ce qui correspond à une matière lourde que l'eau. Cette différence de densité reflète la présence de matières volatiles, de cires légères, résines, huiles essentielles, pollen et autres matières. La variation de la proportion de ces composants selon l'origine géographique ou la méthode de récolte peut fortement influencer la densité (**Cardinault et al, 2012 ; Ristivojević et al, 2015**).

La densité mesurée pour notre échantillon de cire est de 0,865, ce qui est inférieur aux valeurs rapportées par **Chauvin. (1968)**, qui indiquent une densité comprise entre 0,950 et 0,965. Ce chiffre est donc assez faible et indique que la cire considérée n'est pas pure ou a été modifiée par des mélanges ou impuretés.

I.8. Couleur

Les résultats obtenus de l'intensité de couleur sont illustrés dans la figure 28.



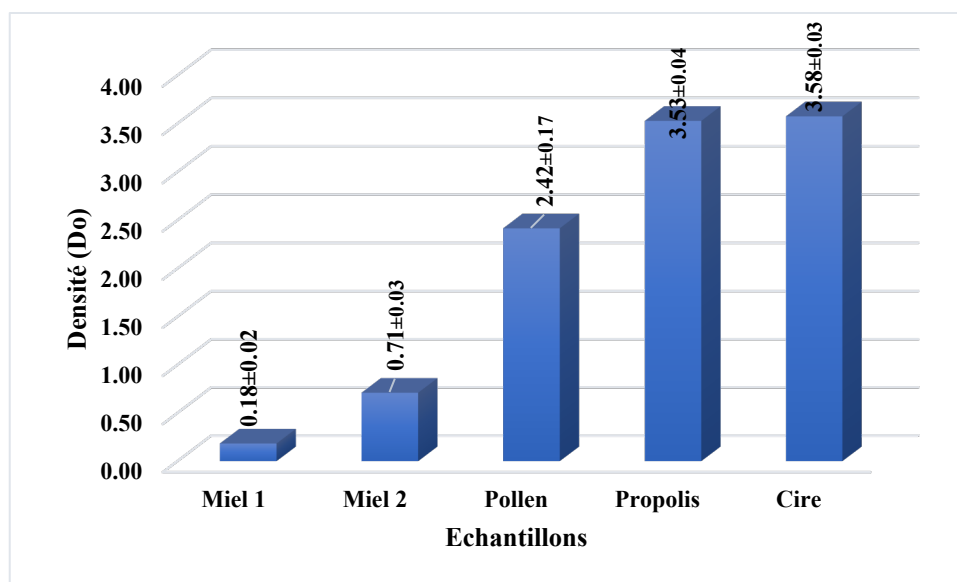


Figure 28 Valeurs de l'intensité de couleur

La mesure de la densité sur spectrophotomètre montre que l'intensité de la couleur des produits de la ruche analysés varie entre 0,18 à 3,58. La valeur la plus élevée est présentée par la cire de $3,58 \pm 0,03$, suivie par celle de la propolis avec $3,53 \pm 0,04$, ainsi le pollen présente une valeur de $2,42 \pm 0,17$. Le miel d'agrumes et miel de cidre présentent l'intensité de couleur les plus faibles qui sont de $0,18 \pm 0,02$ et $0,71 \pm 0,03$.

L'analyse de la variance indique la présence d'effet hautement significative entre les produits avec une $p=0,001$ et $F=1098$.

Les valeurs obtenues se rapprochent de celles obtenues par **Cimpoiu et al. (2013)** (0,210 à 1,228) pour les miels romains, ainsi de **Araújo et al. (2023)** pour le miel brésilienne (0,26 à 1,41), mais diffère des résultats obtenus par **Khalil et al. (2012)** (0,724 à 1,188) sur les miels algériens. Les travaux d'**Isla et al. (2011)** révèlent une corrélation positive entre l'intensité de la couleur et la teneur en flavonoïdes ou en composés phénoliques ; Plus un miel est foncé (comme le miel de jujubier), plus il est riche en flavonoïdes et en composés phénoliques.

Le pollen représente une valeur de $2,42 \pm 0,17$, cela indique la présence de concentration élevée en polyphénol et flavonoïde. Selon **Bleha et al. (2021)**, la couleur des grains de pollen dépend de l'espèce botanique et de leur degré de maturité. Ils indiquent que deux groupes de pigments végétaux structurellement différents ont été trouvés dans le pollen de fleurs : les caroténoïdes et les flavonoïdes. Ainsi signale que la couleur du pollen d'abeille est déterminée par la composition





des pigments des grains de pollen. Aussi **Komosinska-Vassev et al. (2015)** signale que les flavonoïdes qui existent dans le pollen principalement le kaempférol, la quercétine et l'isorhamnétine. Tandis que dans le groupe des acides phénoliques trouve principalement l'acide chlorogénique.

La propolis représente une valeur élevée $3,53 \pm 0,04$, ce résultat est un indicateur de la richesse en composés bioactifs, en particulier en polyphénols et en flavonoïdes. Selon **Cardinault et al. (2012)**, la propolis se compose de 50 à 55 % de résines et baumes, des mélanges complexes riches en flavonoïdes, en acides aromatiques (tels que les acides benzoïque, coumarique, cinnamique, caféique, et surtout leurs esters) et en terpènes, qui sont les composés les plus intéressants (**Sahinler et Kaftanoglu, 2005**).

La cire représente la valeur la plus élevée $3,58 \pm 0,03$. Ce que suggère fortement qu'elle est très riche en impuretés naturelles ou en composés actifs issus d'autres produits de la ruche, principalement la propolis et/ou le pollen (**Gupta et Anjali, 2023**).

I.9. Température de fusion

Les résultats obtenus de la température de fusion sont illustrés dans la figure 29.

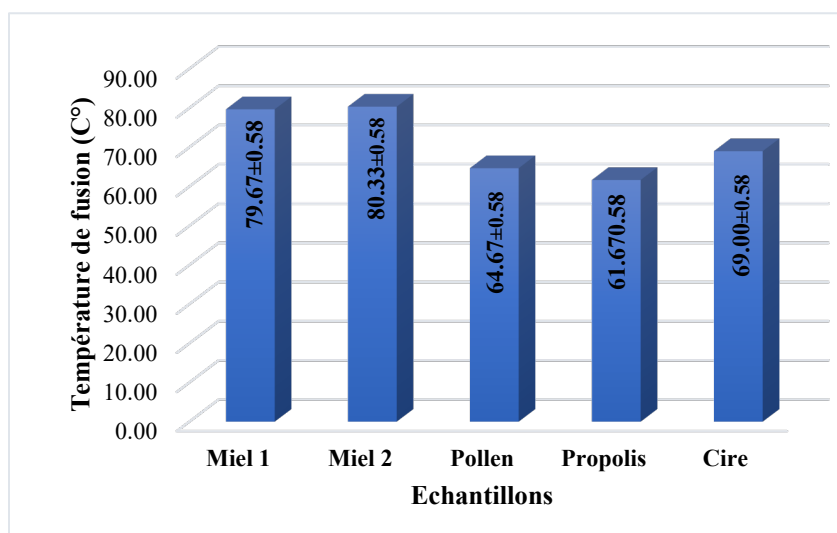


Figure 29 Température de fusion des échantillons

Les valeurs enregistrées de la température de fusion varient entre $64,67$ à $80,33$ °C. Ainsi l'analyse de la variance montre à la présence une différence significative entre miel de cidre et la propolis ($p=0,01$).



Claire. (2025) indique que la température de fusion de miel varie entre 30 et 80°C. Cela indique que le miel analysé est en accord avec ces résultats qu'il s'agit d'une limite supérieure observée pour la transition solide-liquide, mais que pour une manipulation pratique et qualitative, il faut rester bien en dessous, vers 40 °C, pour préserver les qualités du miel. Une température de pollen de $64,67 \pm 0,58^\circ\text{C}$ est proche du seuil de fusion de la cire d'abeille (autour de 62-65 °C), ce qui indique que cette valeur pourrait être la température à laquelle certains éléments lipidiques ou cireux présents dans le pollen commencent à fondre (**Joshua, 2025**).

La température de fusion de la propolis étudiée est de 61 °C, elle correspondu généralement à la température à laquelle elle commence à fondre. Selon l'études de **Preziosi. (2024)**, cette température se situe souvent entre 60 °C et 70 °C, avec certaines variétés pouvant fondre jusqu'à environ 100 °C. Une valeur de 61 °C est donc tout à fait cohérente avec ces observations. Elle est liée à sa composition complexe et à ses propriétés physiques qui varient avec la température. Cette connaissance est importante pour optimiser la récolte, la manipulation et l'extraction de la propolis afin de préserver ses qualités et son efficacité.

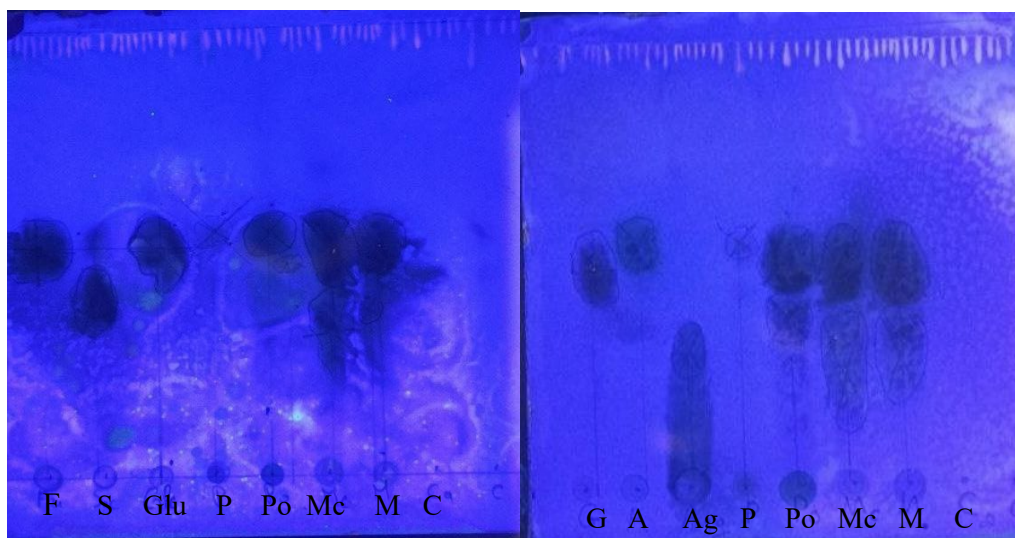
Le point de fusion de la cire est de 69 ± 00 , ce résultat est supérieur au résultat de **Ethiopian Standard. (2005)** concernant le point de fusion moyen de la cire d'abeille éthiopienne, soit 62,5 °C. **Bekele et al. (2016)** a également rapporté un point de fusion de la cire de Bale variait entre 61,5 et 63,5 °C, avec une moyenne de 62,39 °C. La cire d'abeille a une température de fusion plutôt basse, se situant entre 62 °C et 65 °C (**Joshua, 2025**), donc notre cire analysée autour de 69°C est relativement élevé, ce qui signifie que la cire est plutôt dure et stable à température ambiante et probablement due à la présence des certains composés spécifiques ou à des impuretés.

II. Analyse biochimique

II.1. CCM

Les résultats relatifs à la séparation des sucres sur couches mince sont illustrés dans la figure 30 et le tableau 12 qui représente les résultats globaux de sucre.





P : propolis ; Po : pollen ; Mc : Miel de cidre ; M : miel d'agrumes ; C : cire ; G : Galactose ; A : Arabinose ; Ag : Acide glucuronique ; Glu : Glucose ; F : Fructose ; S : Saccharose

Figure 30 la séparation de sucre sur la couche mince

Tableau 12 Les sucres globaux de chaque échantillon

	MIEL 1	MIEL 2	POLLEN	PROPOLIS	CIRE
SUCRES	Glucose	Glucose	Glucose	Glucose	Aucune tache
	Fructose	Fructose	Fructose	Fructose	de sucres
	Galactose	Galactose	Galactose	Galactose	testées
	Saccharose	Arabinose	Arabinose	Arabinose	
	Maltose	Mannose	Mannose	Mannose	
	Acide glucuronique		Saccharose	Saccharose	
			Maltose		

L'identification préliminaire des taches de nos échantillons est basée sur l'analyse comparative des taches avec celles des étalons, puis à la détermination de leur rapport frontal et la couleur observée sous la lumière UV. Le glucose, fructose et galactose sont des monosaccharides clés qui présente dans tous ces produits à l'exception de la cire.

Le glucose et le fructose sont les monosaccharides les plus abondants dans le miel, avec des traces de galactose (Nicolson et Thornburg, 2007). Des taches supplémentaires ont été identifiées dans





le miel d'agrumes, représentant l'acide glucuronique, le saccharose et le maltose. Pour le miel de cidre, ce sont l'arabinose et le mannose qui ont été observés.

Le pollen et la propolis, bien que moins riches en sucres que le miel, peuvent également contenir ces monosaccharides (glucose, fructose et galactose) (**Kurek-Górecka et al., 2013 ; Komosinska-Vassev et al., 2015**). Cependant, l'analyse a également permis d'identifier d'autres sucres similaires entre ces deux produits qui sont arabinose, mannose et saccharose, une tache différente, correspondant au maltose, a également été observée spécifiquement dans le pollen. Selon **Komosinska-Vassev et al. (2015)**, environ 25,7 % des sucres réducteurs, principalement le fructose et le glucose sont présents dans le pollen. Ainsi, d'après **Kurek-Górecka et al. (2013)**, qui signale la présence des monosaccharides dans la propolis parmi lesquelles saccharose, glucose et le fructose. L'analyse par CCM n'a mis en évidence aucune trace de sucres testées dans l'échantillon de la cire à cause de sa richesse en dérivés hydrocarbonates saturés, des acides gras, des esters et des alcools (**Aymé, 2014**).

II.2. Dosage de protéine

Les résultats obtenus sur la teneur en protéines sont représentés sur la figure 31

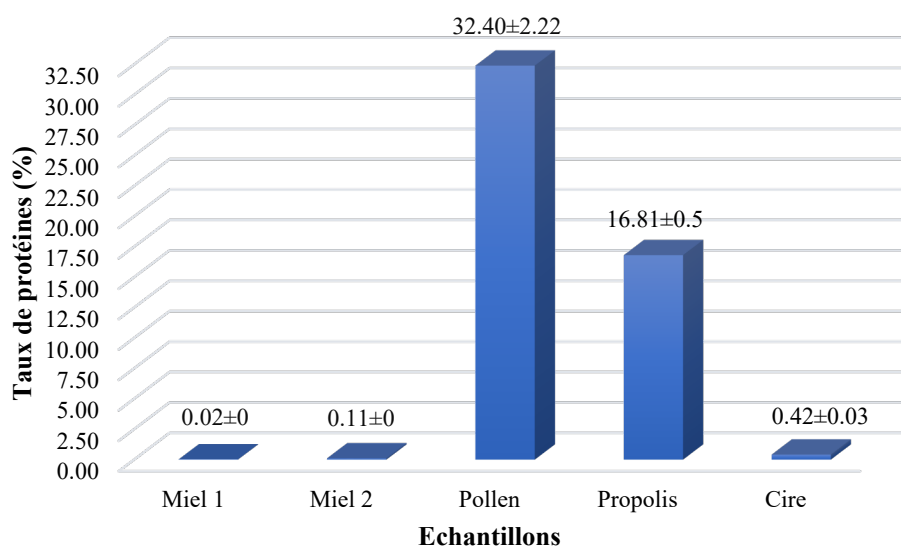


Figure 31 Taux des protéines de différents produits de la ruche

Les résultats de dosage de protéine des produits de la ruche varient de 0,02 à 32,40%. La valeur la plus élevée est de 32,40±2,22% est présentée par le pollen, suivie par celle de la propolis avec



16,81±0,5 %. Le miel d'agrumes, Miel de cidre et la cire d'abeille présentent les teneurs en protéine les plus faibles qui sont de 0,02±0,0%, 0,11±0,0% et 0,42±0,03%, respectivement.

Le miel d'agrumes enregistre la valeur en teneur en protéine la plus faible 0,02±0,0% suivie par le miel de cidre 0,11±0,0%. Les résultats obtenus sont similaires à ceux rapportés par **Amri. (2015)** qui enregistré une teneur en protéines entre 0,019 et 0,199 % de quelques miels produits en Algérie, et comparable à celle mesurée par **Araújo et al. (2023)** dans les miels de Brésil de différentes origines florales où il a varié de 0,0199 à 0,2236 %. Ainsi la teneur en protéine de nos miels est inférieure à ceux rapportées par **Azzedine et al. (2005)** pour les miels d'agrumes, multifloral, Eucalyptus... (0, 22 à 0, 96%). Les normes internationales n'imposent pas la mesure des protéines dans le miel, mais il est important de noter qu'elles lui confèrent une dimension nutritionnelle (**Amri, 2015**).

Le pollen enregistre la valeur la plus élevé 32,40±2,22%, car représente un apport protéique important pour la ruche d'abeille (**Wright et al., 2024**). Selon **Komosinska-Vashev et al. (2015)**, le pollen contient en moyenne 22,7 % de protéines car elles sont importantes à la croissance et le développement des larves d'abeilles, cette valeur est inférieure à notre résultat. Le résultat de pollen est similaire à ceux rapportés par **Bogdanov. (2012)**, qui représente un rapport protéique entre 10 à 40%. **Rekeb Djabri et Guessabi. (2019)** estiment que la teneur en pollen des plantes varie de 5% pour les moins riches à 40% pour les plus riches, soit en moyenne de 10 à 40 grammes pour 100 grammes de pollen sec.

La propolis représente une valeur de 16,81±0,5%. Selon **Cardinault et al. (2012)**, la propolis contient un pourcentage de 5% de pollen et de quantités d'enzymes est liée à la sécrétion glandulaire de l'abeille ajoutée à la propolis éventuellement du pollen comme α -amylase, β -amylase, α -lactamase, β -lactamase, maltase, estérase et transhydrogénase. Ainsi, selon **Przybylek et Karpiński. (2019)**, la propolis est un mélange de résines des bourgeons, des exsudats et des enzymes salivaires. Cela indique l'augmentation de cette valeur.

La cire d'abeille enregistre une valeur de 0,42±0,03%. Il convient de noter que la quantification de la teneur en protéines de la cire été peu abordée ou spécifiée dans les études antérieures, à cause de son contenu en hydrocarbonates saturés, des acides gras, des esters et des alcools (**Gupta et Anjali, 2023**).





La teneur en protéines dans les produits de la ruche peut être attribuée à la présence d'enzymes, dont certaines sont introduits par les abeilles eux-mêmes et d'autres sont pensés pour être dérivé à partir du nectar. Aussi peut varier suivant à leurs origines botaniques et géographique, les conditions et le temps de leur entreposage, ainsi que à la présence des grains de pollen dans l'échantillon (Al *et al*, 2009 ; Ristivojević *et al*, 2015 ; Sattler *et al.*, 2015).

Des valeurs plus élevées dans un produit de la ruche peut s'expliquer par la présence d'une concentration élevée en pollen.

II.3. Dosage de sucre

Les résultats obtenus de dosage de sucre totaux des cinq différents produits de la ruche sont récapitulés dans la figure 32.

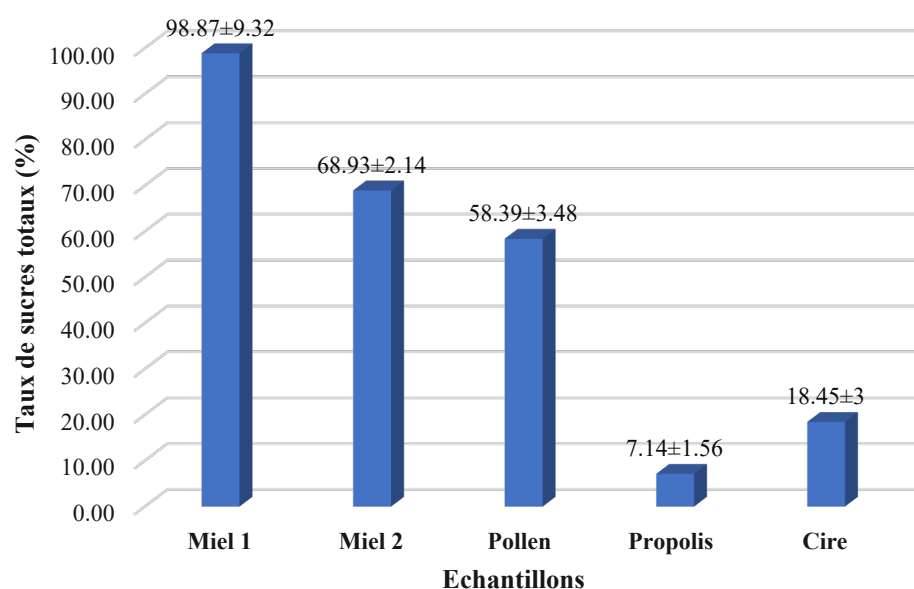


Figure 32 Taux de sucre totaux des cinq différents produits de la ruche:

Ces résultats varient entre 7,14 et 98,87%. Nous remarquons que la propolis présente la valeur la plus faible de 7,14±1,56% puis la cire avec une valeur de 18,45±3 % suivi par le pollen 58,39±3,48 %. Le miel d'agrumes enregistre la valeur la plus élevée de 98,87±9,32% ainsi que le miel de cidre 68,93±2,14%.

Benamer. (2014) trouve que le taux de sucre totaux de miel de Tlemcen est de 73,17%, ce résultat est inférieur aux taux de sucre de notre miel d'agrumes et supérieure au miel de cidre.





Ce taux est très élevé et reflète un miel riche en sucres, principalement fructose et glucose, qui constituent la majeure partie du miel ce qui contribue à augmenter le total des sucres cela indique un miel très concentré, avec peu d'eau et d'impuretés **Codex Alimentarius. (2001)**. En revanche, un taux faible pour un miel de cidre suggère une teneur élevée en eau, en acides ou moins de sucres simples.

Le taux de sucre totaux dans le pollen est trop élevé à celle trouvée par **Jassim. (2000)** sur différents types de pollens les valeurs varient de (16,27 à 22,78%). Cela est expliqué par la composition de pollen en sucre 30,8 % en moyenne et environ 25,7 % des sucres réducteurs, principalement le fructose et le glucose. Ils proviennent à la fois du pollen lui-même et du nectar collecté par les abeilles. Cette teneur élevée en sucres reflète une bonne qualité nutritionnelle, importante pour l'énergie des abeilles et les bienfaits du pollen comme complément alimentaire (**Komosinska-Vassev et al.,2015**).

Contrairement au miel, qui contient 70-80 % de sucres **Codex Alimentarius. (2001)**, la propolis a une teneur beaucoup plus faible, ce qui reflète sa nature plus résineuse et cireuse. Ainsi notre valeur de sucre dans la propolis est supérieure à celle trouvées par **Ferhoum. (2010)** de $3,46 \pm 0,01$ sur la propolis saharienne. La teneur en sucres de propolis peut varier selon la provenance géographique, la saison, et la méthode d'extraction. Des études montrent des variations selon les régions et les types de propolis **Ferhoum. (2010)**.

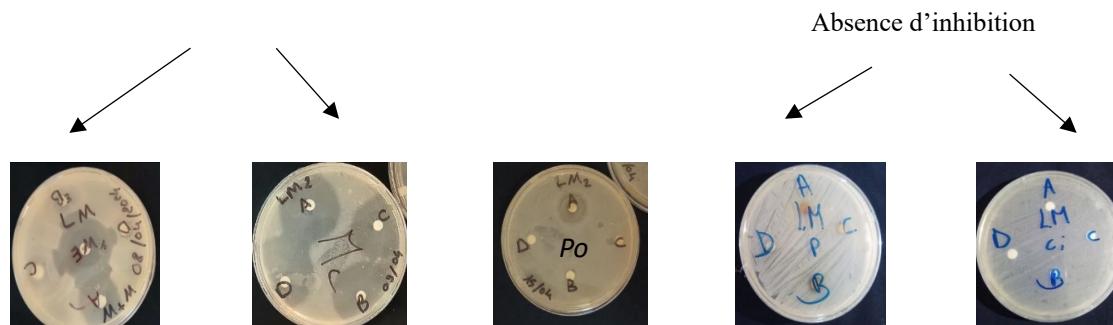
Le taux de sucres totaux de la cire étudiée est un peu élevé par rapport à la valeur de **Bogdanov. (2017)** fixée à 14 %, ce qui peut indiquer une contamination par des résidus sucrés.

III. Analyse thérapeutique

III.1. Activité antibactérienne

Nous avons testé l'activité antimicrobienne des miels, propolis, pollen et la cire et celle des cinq antibiotiques par la méthode standard de diffusion sur disques (**Figure 33**), où les dilutions utilisées sont respectivement représentées par les lettres : A (100%), B (75%), C (50%) et D (25%). L'évaluation de l'activité antimicrobienne est basée sur la mesure des diamètres en (mm) des halos d'inhibition de différentes dilutions des différents échantillons (**Annex 7**). Ces mesures permettent de déterminer leurs activités antimicrobiennes in vitro.





L.M: *Listeria Monocytogenes* ; M1 : Miel d'agrumes ; Mc : Miel de cidre ; Po : pollen ; P : Propolis ; Ci : cire

Figure 33 Exemple de l'effet des cinq échantillons étudiés sur *Listeria Monocytogenes*

Les résultats du test de l'activité antibactérienne sur des antibiotiques et les cinq échantillons sont regroupés dans les figures suivantes (34,35,36,37,38).

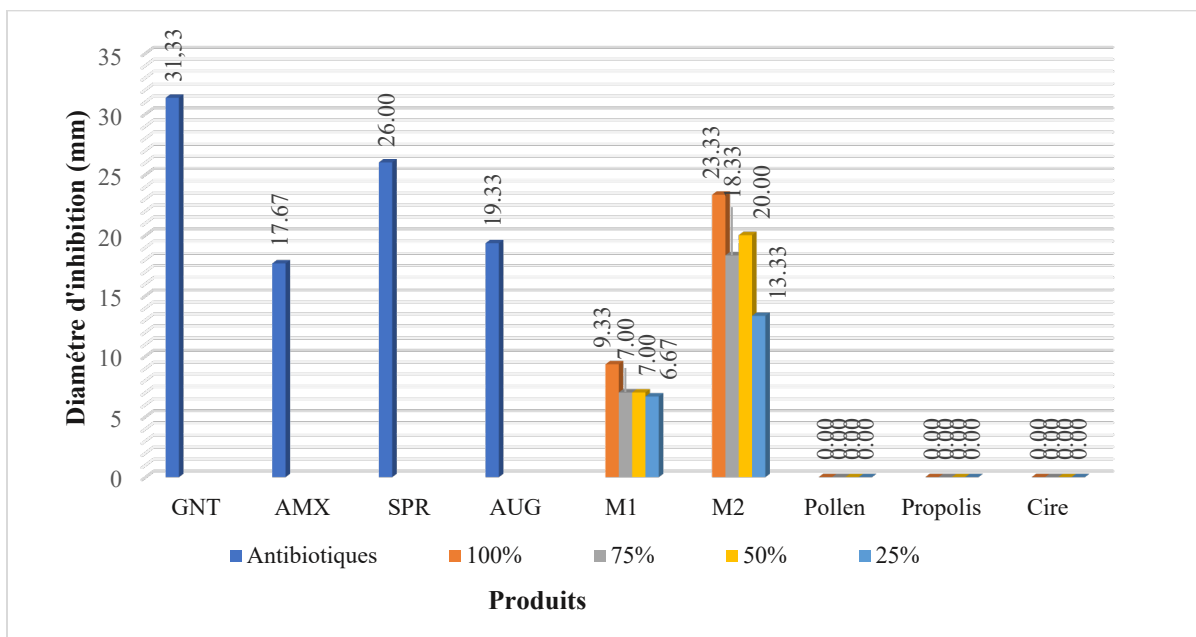


Figure 34 Effet inhibiteur des ATB et des différents échantillons sur la croissance d'*E.Coli*

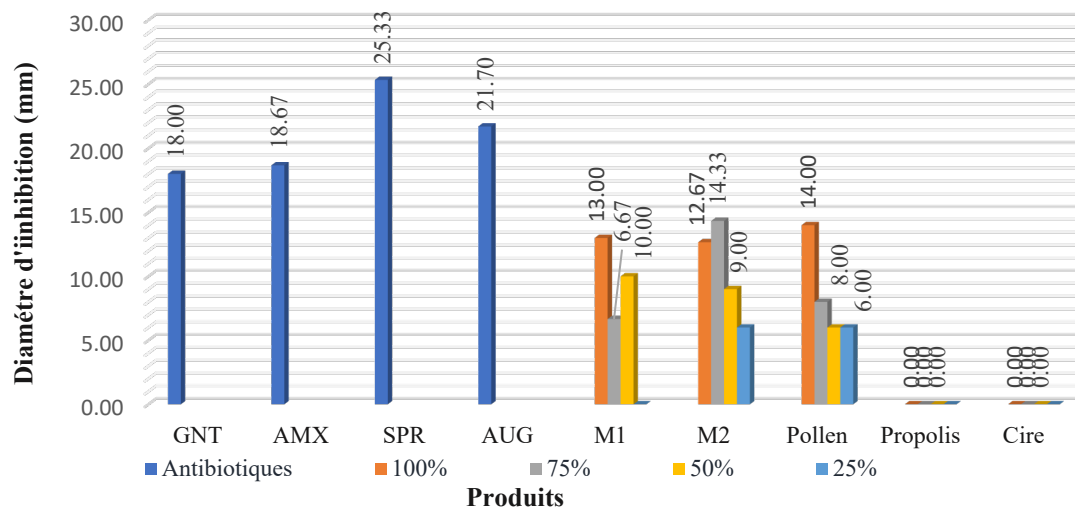


Figure 35 Effet inhibiteur des ATB et des différents échantillons sur la croissance de *B. subtilis*

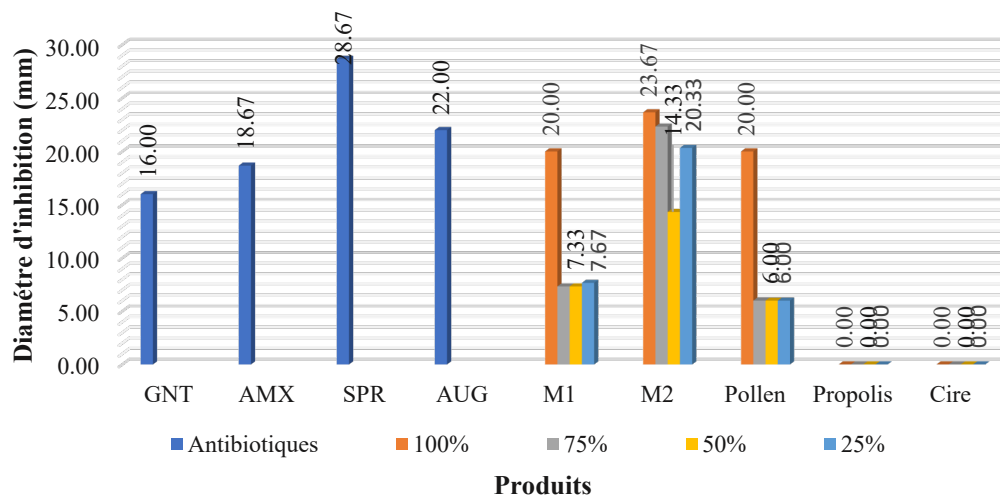


Figure 36 Effet inhibiteur des ATB et des différents échantillons sur la croissance de *S. aureus*

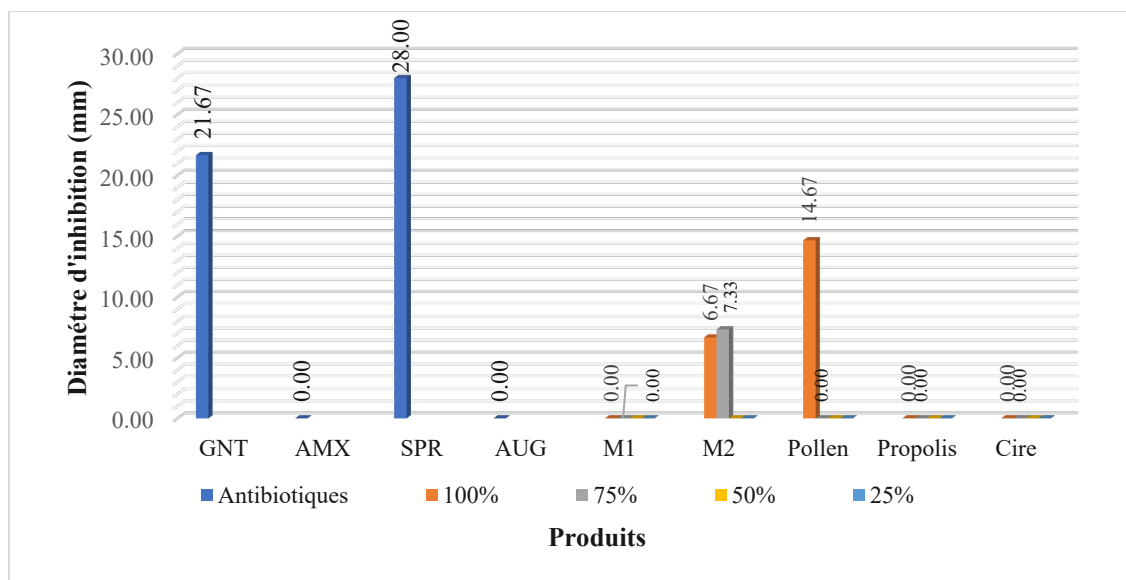


Figure 37 Effet inhibiteur des ATB et des différents échantillons sur la croissance de *P.aeruginosa*

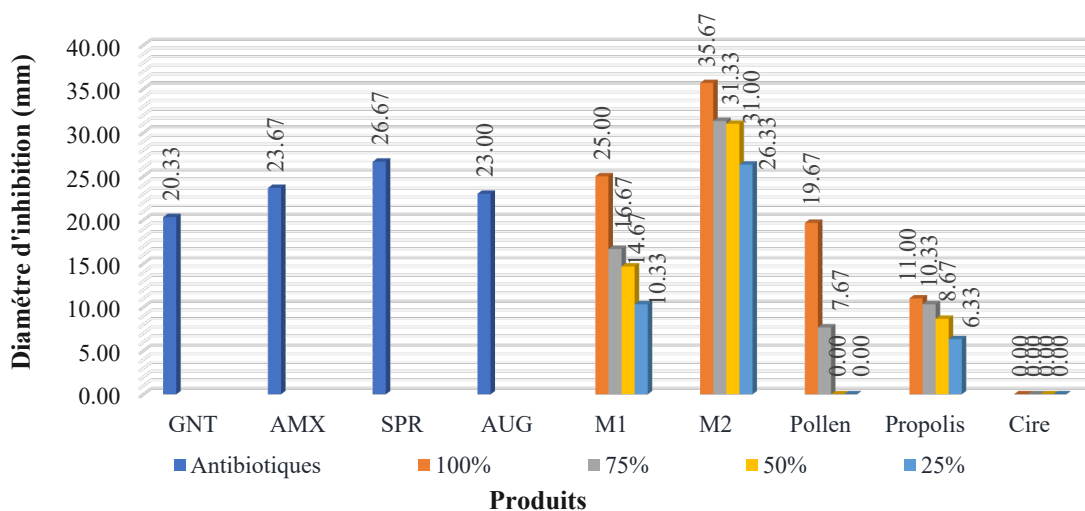


Figure 38 Effet inhibiteur des ATB et des différents échantillons sur la croissance de *L.monocytogenes*

Nous avons trouvé que l'effet des antibiotiques se diffère en fonction de la souche bactérienne tester, ainsi on a observé que les souches *B. subtilis*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* et *P. aeruginosa* étaient inhibés par la Ciprofloxacine (CIP), avec un diamètre varient entre 25,33 à 28,67 mm, ce qui indique qu'elles sont sensibles vis-à-vis cet ATB. Ce qui concerne *E. coli*, on a trouvé qu'elle est sensible à l'ensemble des antibiotiques testés le maximum d'inhibition est noté par gentamicine



(GNT) avec 31,33mm. L'analyse de variance montre une différence très significative entre l'ensemble des antibiotiques sélectionnés $p=0,001$.

Les résultats de l'antibiogramme révèlent que la souche *E. coli* est extrêmement sensible au miel de cidre avec la dilution A (100%) et C (50%), très sensible au miel de cidre avec la dilution de B (75%), sensible au miel d'agrumes à l'état pur (100%) (**Figure 34**). En revanche, *B. subtilis* c'est montré moins sensible que *E. coli*. D'après la figure 35, on remarque une activité inhibitrice de miel d'agrumes pour le miel concentré à 100%, ainsi que le miel de cidre à 100% et 75%) et le pollen à 100% varient de 12,67 à 14,33mm. Concernant *S. aureus*, l'observation de la figure 36 nous a permis de visualiser 2 groupes :

- Effet extrême sensible : miel d'agrumes pur à 100%, miel de cidre à (100%, 75%, 25%) et le pollen à 100%.
- Effet sensible : miel de cidre à 75%.

Pour la souche *P. aeruginosa*, il s'est avéré qu'elle est résistante à l'ensemble des produits de la ruche à l'exception de pollen qui présente un diamètre de 14mm (**Figure 37**).

Ce qui concernant *L. monocytogenes*, la souche présente une sensibilité plus importante pour les deux miels et le pollen et la propolis (**Figure 38**). On peut déviser ces résultats en 3 groupes :

- Effets extrêmes sensibles : miel d'agrumes pur à 100%, miel de cidre à (100%, 75%, 50% et 25%).
- Effets très sensibles : miel d'agrumes 75%, pollen 100%.
- Effet sensible : miel d'agrumes 25% propolis 100%, 75% 50%.

Les résultats montrent que les quatre souches bactériennes *E. coli*, *B. subtilis*, *S. aureus*, *L. monocytogenes* sont sensibles aux miels d'agrumes et de cidre. Les diamètres des zones d'inhibitions varient entre 9 à 35mm. Mais la valeur maximale a été attribuée à la concentration pure de 100%.

D'après nos résultats, les souches *E. coli* et *B. subtilis* sont les plus sensibles à l'effet de miel d'agrumes et pour *S. aureus* est très sensible tandis que *L. monocytogenes* est extrêmement sensible. L'activité inhibitrice de miel d'agrumes sur *S. aureus* est proche à celle d'antibiotique Augmentin (AUG).





Le miel de cidre présent un effet sensible sur la souche *B. subtilis* et un effet extrêmement sensible vis-à-vis les souches *E. coli*, *S. aureus* et *L. monocytogenes*. L'activité inhibitrice de miel de cidre est excellente sur la souche *L. monocytogenes*, elle est supérieure à celle de l'ensembles des antibiotiques testés. Ainsi l'analyse de la variance montres un effet significatif pour les deux souches *B. subtilis* et *L. monocytogenes* avec ($p=0,02$), ($p=0,04$) respectivement.

L'antibiogramme consiste à rechercher la sensibilité des souches vis-à-vis des antibiotiques et des différent échantillon étudié (**Kwakman et al., 2010**). Nos résultats sont similaires à ceux des études de **Basualdo et al. (2007)**, qui a étudié l'activité d'échantillons du miel contre *S. aureus* avec des zones d'inhibitions allant de 5 à 24 mm ce qui concorde avec nos résultats.

Krichen et Guetatlia. (2019) ont testé l'activité antibactérienne du miel sur trois souches bactériennes, elles ont trouvé des zones d'inhibitions allant de 17 à 50 chez *E. coli* et 0 à 42 pour *S. aureus*. Donc ces valeurs sont proches avec nos résultats.

L'effet antibactérien du miel est plus important avec l'échantillon à l'état pur 100% et il diminue avec les dilutions successives. D'après **Melliou et Chinou. (2011)**, l'activité antibactérienne est révélée particulièrement efficace à fortes doses. Grâce à sa composition, le miel est un milieu défavorable aux microorganismes.

L'effet antimicrobien du miel peut partiellement être expliqué par leur composition importante en enzyme, le glucose oxydase, qui active la transformation du glucose en acide gluconique et en peroxyde d'hydrogène. L'enzyme reste active tout le temps de la transformation du nectar en miel. De plus, la valeur du pH est acide ce qui inhibe la multiplication de la bactérie. En outre, le peroxyde d'hydrogène est considéré comme la principale inhibitive du miel (**Torres et al., 2004 ; Mandal et Mandal, 2011**).

Les résultats montrent que les souches *S. aureus*, *L. Monocytogenes*, *P. aeruginosa* et *B. subtilis* à l'exception de *E. coli* présentent un effet antimicrobien allant de très sensible à sensible, avec des zones d'inhibition variant de 14 à 20 mm avec la concentration pure de 100%.

En comparant nos résultats décrits avec ceux obtenus par l'antibiotique Gentamicine (GNT), on constate que le diamètre donné par le pollen se rapproche de diamètre d'antibiotique de référence. Pour l'analyse de la variance elle révèle un effet significatif pour les deux souches *B. subtilis* et *L. Monocytogenes* avec des valeurs de p respectivement égale à 0,02 et 0,04.





Dans la présente étude avec le pollen sur *S. aureus*, *P. aeruginosa*, sont similaires à ceux trouvés par **Saraiva et al. (2018)** qui ont constaté que ces souches sont sensibles à l'action de pollen. Au Egypte, les résultats obtenus par **AbdElsalam et al. (2018)** sont supérieures à nos résultats avec des zones d'inhibition claires et élevées contre *S. aureus* avec 38mm et *P. aeruginosa* de 33mm.

Selon la littérature publiée, l'activité antibactérienne de pollen est liée à sa teneur en acide phénolique et flavonoïdes. De plus, elle dépend de sa source botanique et géographique (**Mohdaly et al., 2015 ; Denisow et Denisow-Pietrzyk, 2016 ; Didras et al., 2020**).

Les résultats de l'antibiogramme de propolis présentent un effet sensible avec une zone d'inhibition qui varie de 8 à 11 mm vis-à-vis la souche *L. monocytogenes*.

Notre résultat est en accord avec ceux de l'étude de **Allam et Zellagui. (2022)** concernant la propolis de la région de Tahir, qui montre que les souches *S. aureus* et *E. coli* présentent une résistance, aussi **Bouzahouane et al. (2021)** ont confirmé que la propolis exerce une activité bactéricide spécifiquement contre les bactéries Gram (+) tels que *S.aureus* et *S. agalactiae* et un effet fongicide remarquable contre *A. niger* et moyennement sensible contre *S.famata* qui ont été estimé en fonction des diamètres inhibitrices, les bactéries Gram (-) tels que *E.coli*, *K. pneumoniae* et *P. aerogenosa* sont résistante à ce type de produit, ce qui limite leurs activités sur ces souches bactériennes.

Une étude a été menée par **Benhanifia et al. (2013)** sur les échantillons de la propolis des régions de Sidi Bel Abbés, Tlemcen et Mascara a confirmé nos résultats, où le diamètre de la zone d'inhibition est faible de 8,05 mm contre *S.aureus*, tandis qu'aucun effet antibactérien n'a été enregistré sur la souche de gram (-) d'*E. coli*.

Selon **Ota et al. (2001)** l'activité antibactérienne de la propolis est attribuée à la présence des composés comme flavonoïdes, acides phénoliques et leurs esters. L'un de mécanisme possible de cette action serait l'inhibition de la division cellulaire en présence de cette propolis, en agissant sur la réplication de l'ADN de ces organismes.

L'absence d'effet antibactérien sur Gram positif pourrait être dû à une faible concentration en flavonoïdes et polyphénols actifs chez quelques variabilités naturelles de la propolis en fonction de son origine et l'espèce botanique, la composition chimique de la propolis est variable selon les





plantes butinées par les abeilles, ce qui influence directement son efficacité antibactérienne ainsi que le pourcentage d'alcool utilisé pour l'extraction (**Bouhaka et al., 2021**).

Les résultats de test de l'activité antibactérienne sur la cire n'ont pas montré un effet inhibiteur considérable sur les bactéries testées.

L'absence d'activité antibactérienne significative de la cire d'abeille s'explique principalement par sa composition chimique. La cire est principalement composée d'esters d'acides gras et d'alcools, qui n'ont pas de propriétés antibactériennes directes. De plus, la cire agit surtout comme un agent épaississant et filmogène, créant une barrière de protection plutôt que de libérer des substances antibactériennes actives (**Bouabid et al., 2013**). Ainsi que l'absence ou la faible concentration de flavonoïdes et d'autres composés phénoliques antibactériens, qui sont en revanche abondants dans le miel (**Touati et Garnelkabeche, 2021**).

Gupta et Anjali. (2023) indiquent que la cire d'abeille a montré une activité antimicrobienne, y compris la levure *C. albicans* et vis-à-vis d'autres souches bactériennes, avec une efficacité spécifique contre *Brevibacterium, alvei, P. vulgaris, S. gallinarum*. Cependant son efficacité a été réduite de moitié en présence de *S. pullorum, S. dublin* et *B. larvae*.

L'importance d'inhibition peut être expliquée d'une part par la sensibilité de chaque souche vis à vis des différentes concentrations des échantillons testés et d'autre part par la composition des échantillons lui-même et la teneur en molécules bioactives doté du pouvoir antibactérien (**Krichen et Guetatlia, 2019**).

III.2. Activité cicatrisante

Durant toute l'expérimentation, la variation du poids corporel (**Annexe 8**) et la température (**Tableau13**) des lapins a été notée tous les 3 jours ce qui permet de suivre l'état des individus et l'effet du traitement. Les résultats révèlent une augmentation du poids corporel de la majorité des lapins traités par les différents produits, ainsi qu'une variation de température corporelle normale. Ceci implique que l'application des produits de la ruche n'a pas affectée la croissance des lapins. On observe une diminution du poids chez le lapin traité par la cire au 3^{ème} et au 9^{ème} jour, elle est probablement liée aux facteurs physiopathologiques du processus de cicatrisation, telle que la phase inflammatoire et synthèse du collagène (**Baali, 2021**).





Ainsi aucun signe d'inflammation (érythème ou œdème) ni de surinfection n'a été observé sur le dos des lapins après l'application des différents produits de la ruche et durant le suivi de développement de la cicatrisation. Nous n'avons remarqué ni suppurations ni odeurs indésirables ; les plaies étaient sèches et ont formé des croûtes dès le 3^{ème} jour chez la majorité des individus. Ces croûtes sèches formées à la surface de la plaie sont facilement éliminées.

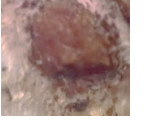
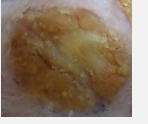
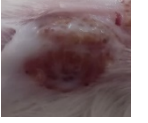
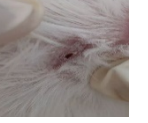
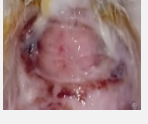
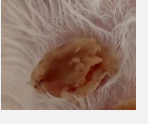
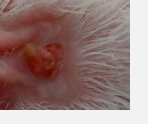
Tableau 13 Température corporelle de lapins

	MIEL 1	MIEL 2	POLLEN	PROPOLIS	CIRE
	Température °C				
J 0	36	36,3	36,3	33	35,1
J 3	38,2	38	37,9	37,1	37,9
J 6	38,1	37,1	37,5	38,4	38,6
J 9	37,8	37,8	38,1	38,3	38,3
J 12	37,4	38	38,2	38	37,7
J 15	38,5	37,8	38	37,4	38,2
J 18	38,2	38	37,4	38,2	37,8

Selon un intervalle de temps précis (18j) qui correspond à la fermeture totale des plaies traitées chez les individus traités par les produits de la ruche, les plaies ont été régulièrement mesurées et photographiées (**Tableau13**). L'évaluation de la contraction (%) de chaque plaie est réalisée sur les lapins traités et non traités. L'activité cicatrisante est exprimée en fonction de pourcentage de contraction de la plaie. Le tableau 14 et la figure 39 montrent l'évolution de la contraction (%) en fonction de jours, des plaies traitées par nos produits de la ruche, avec celle de Madecassol (Témoin positif) et de individus non traité (témoins négatif).



**Tableau 14** Evaluation de la contraction des plaies au cours de 18 jour

	JOUR 0	JOUR 6	JOUR 12	JOUR 18
MIEL 1				
MIEL 2				
POLLEN				
PROPOLIS				
CIRE				
TÉMOIN POSITIF				
TÉMOIN NÉGATIF				

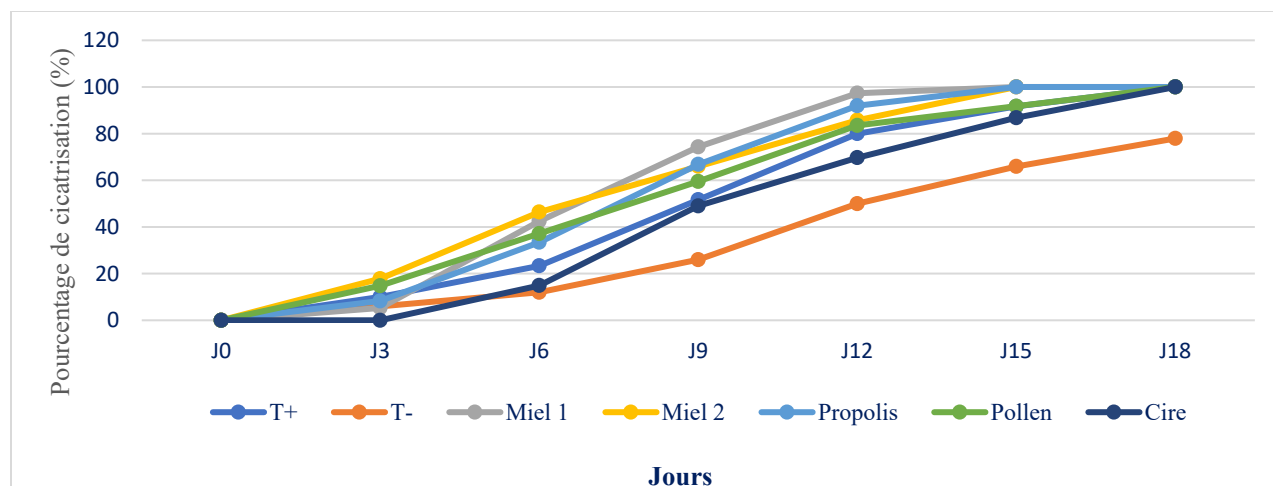


Figure 39 Cinétique de l'évolution du taux de cicatrisation % des lapins Test, témoins positifs et négatifs

Tableau 15 Evolution de la contraction (%) des plaies traitées par les produits de la ruche et les témoins positifs et négatifs.

JOURS	3	6	9	12	15	18
TYPE DE TRAITEMENT	Pourcentage de la cicatrisation des plaies %					
MIEL 1	5,31±1,33	42,48±10,67	74,34±1,45	97,33±4,62	100±0	100±0
MIEL 2	17,83±2,83	46,39±5,53	65,98±4,22	85,76±5,91	100±0	100±0
POLLEN	14,8±2,95	37,15±3,48	59,51±4,88	83,53±4,24	91,76±0	100±0
PROPOLIS	8,29±2,72	33,41±2,98	66,82±5,95	91,94±7,15	100±0	100±0
CIRE	0±0	14,92±8,31	49,02±1,7	69,71±4,34	86,81±3	100±0
T+	10±0	23,33±2,88	51,67±7,64	80±8,66	91,67±7	100±0
T-	6±0,21	12±0,4	25,98±3	50±2,95	65,93±4	77,94±4

Selon les figures et les tableaux on a remarqué que tous les pourcentages des contractions ont augmentés tout au long de l'expérimentation chez tous les lapins.





D'après nos observations, dès le troisième jour, le miel de jujubier est le premier à initier la cicatrisation des plaies, avec un pourcentage de $17,83 \pm 2,83 \%$. Il est suivi par le pollen, qui montre une cicatrisation de $14,8 \pm 2,95 \%$. En revanche, la cire n'a montré aucune modification sur les trois répétitions. Au sixième jour, nous avons remarqué une augmentation élevée du pourcentage de guérison. Le miel de jujubier affichait le taux le plus élevé ($46,39 \pm 5,53 \%$), suivi de près par le miel d'agrumes ($42,48 \pm 10,67 \%$). Au 12^{ème} jour, l'efficacité de cicatrisation des plaies était élevée pour tous les lapins sauf les individus traités par la cire et T-, les plaies étant presque complètement refermées. Cela était particulièrement notable chez les lapins traités avec le miel d'agrumes et la propolis, avec des taux de cicatrisation $97,33 \pm 4,62 \%$ et $91,94 \pm 7,15 \%$ respectivement.

Ainsi bien que les mesures de cicatrisation aient réalisées chaque trois jours, le suivie quotidien de la plaie nous a permis de déterminer exactement le jour précis d'observation d'une cicatrisation complète, la figure ci-jointe illustre les jours exacts de cicatrisation pour les lapins traités avec nos produits de la ruche, comparativement à ceux traités avec le Madecassol.

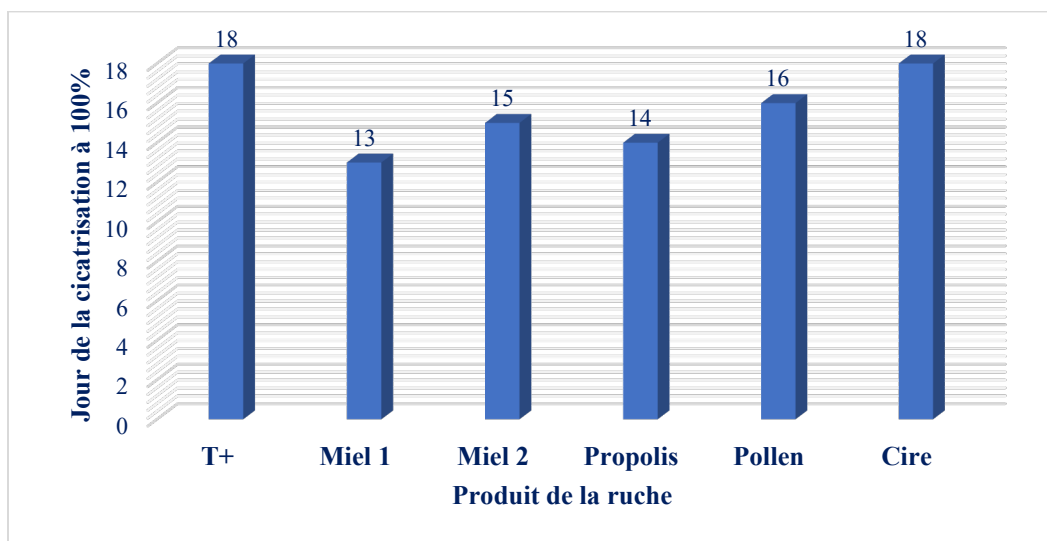


Figure 40 Jour précis de de cicatrisation à 100% des plaies

Lors de la comparaison les jours nécessaires pour atteindre 100 % de cicatrisation, on constate que le miel d'agrumes permet aux plaies de cicatriser plus rapidement (13 jours) que les autres produits et de témoins, suivis par la propolis (14 jours). Le miel de cidre a montré une cicatrisation complète en 15 jours, tandis que le pollen a nécessité 16 jours. Enfin, la cire d'abeille et le témoin positif traité avec du Madecassol ont tous deux permis une cicatrisation en 18 jours.





Au 18^{ème} jour, on a constaté une fermeture totale des plaies traitées par nos produits de la ruche et des plaies traitées par le médicament tandis que les plaies des témoins négatifs n'ont pas bien guéries.

Les analyses statistiques de notre étude montrent une différence significative du pourcentage de contraction des plaies entre les produits de ruche. L'évolution du processus cicatriciel des plaies devient hautement significatif à partir du 6^{ème} jour ($p=0.006$) et à partir au 12^{ème} jour ($p=0,01$). Les résultats indiquent clairement que l'évolution de la contraction (%) des plaies est significative chez le lapin traité par le miel de cidre et de cire ($p=0,04$) aussi entre le témoin négatif et les lapins traités par le miel d'agrumes, le miel de cidre par une différence significative ($p=0,04$) et ($p=0,03$), respectivement.

On peut conclure que le miel d'agrumes et le miel de cidre montrent une meilleure cicatrisation que le témoin négatif de manière significative.

La cicatrisation par la cire est significativement différente de miel de cidre ($p=0.04$). Ainsi le Témoin positif propolis et pollen ne présentent pas de différences significatives dans cette analyse. Donc, ces produits de la ruche ont une activité cicatrisante similaire à celle du témoin positif, ce qui permet de les envisager comme une alternative naturelle pour la guérison des plaies.

Des résultats similaires ont été rapportés par **Nisbet et al. (2010)** après avoir évalué le miel d'*A. mellifera* sur des rats et des lapins, ne notant aucune différence significative entre les groupes traités au miel et le groupe témoin positif concernant le diamètre de la plaie.

Plusieurs études et travaux ont démontré l'efficacité du miel sur les plaies et son effet accélérant le processus de cicatrisation. Les travaux de **Hwisa et al. (2013)** ont montré que tous les types de miel testés présentaient une meilleure activité cicatrisante que les produits commerciaux, ce qui souligne le potentiel supérieur ou similaire des produits naturels par rapport aux synthétiques.

Le miel, grâce à ses propriétés physiques et son pouvoir osmotique, crée une barrière protectrice et un milieu favorable à la cicatrisation. Le mécanisme possible de son activité cicatrisante pourrait s'expliquer par l'inhibition des prostaglandines et l'explosion oxydative induite par la thrombine dans les phagocytes. De plus, la légère acidité du miel et la faible libération de peroxyde d'hydrogène favorisent la réparation tissulaire et contribuent à son activité antibactérienne, ce qui





accélère la guérison des plaies. L'action cicatrisante du miel pourrait également résulter de la modulation de l'activité des cellules monocytaires, qui réparent les tissus lésés en libérant des cytokines anti-inflammatoires et des facteurs de croissance. Toutes ces propriétés et caractéristiques nous permettent d'affirmer que le miel est un remède idéal pour la qualité et la rapidité de la cicatrisation des plaies (**Hwisa et al., 2013 ; Yaghoobi et al., 2013**).

Selon **Allam et Zellagui. (2022)**, la propolis stimule le métabolisme cellulaire, la circulation et la production de collagène, accélérant ainsi la régénération de divers tissus endommagés. Grâce à ces composants, notamment les acides aminés essentiels comme la proline pour la synthèse de collagène et l'élastine et ayant un rôle majeur dans la structure architecturale du derme et l'arginine pour le renouvellement cellulaire.

Les résultats de **Wang et al. (2022)** ont montré que les polysaccharides de pollen pouvaient accélérer la cicatrisation, favoriser la prolifération cellulaire, transformer le cycle cellulaire de la phase G1 en phases S et G2, et augmenter l'expression de la cycline B1, ainsi activant la voie de signalisation JAK2-STAT3.

Selon **Olczyk et al. (2016)** l'évaluation clinique et histopathologique a montré que l'agent apithérapique appliqué réduit le temps de cicatrisation et affecte positivement l'état général des animaux (dans notre cas, le lapin traité par le pollen présente un bon appétit).

Le mécanisme thérapeutique de pollen sur leur activité antimicrobienne et sur l'induction de processus de régénération des tissus endommagés a démontré leur efficacité dans la cicatrisation des plaies et des ulcérations d'étiologies diverses. Différents mécanismes pourraient être responsables des effets de cicatrisation observés du pollen d'abeille grâce à la présence de plusieurs composés actifs (**Olczyk et al., 2016**).

Zhou et al. (2023) a trouvé une efficacité élevée de pollen que celles du groupe témoin, ce qui pourrait s'expliquer par sa capacité à favoriser l'accumulation de cytokines et de facteurs de croissance sur les plaies locales, favorisant ainsi la migration cellulaire et l'angiogenèse.

Les observations réalisées dans notre étude ont permis de conclure que le pollen d'abeille exerce un effet bénéfique sur les processus cellulaires de cicatrisation des plaies, favorisant la réépithélisation et la fermeture des plaies.





La cire d'abeille n'a montré aucune modification au premier 3 jour probablement parce qu'elle n'est pas bien absorbée par l'organisme de la même manière que certaines substances actives hydrosolubles. Selon **Kim. (2024)**, l'utilisation de l'huile d'olive comme plastifiant pour une solution de cire d'abeille est une approche innovante qui a suscité un vif intérêt ces dernières années en raison des propriétés bénéfiques de l'huile d'olive et de la cire d'abeille. La cire d'abeille est reconnue pour ses propriétés antimicrobiennes anti-inflammatoires en raison de sa capacité à inhiber la croissance bactérienne, tandis que l'huile d'olive possède des propriétés antioxydantes et hydratantes. L'association de ces deux ingrédients dans un processus thérapeutique donne une cicatrisation efficace. La cire d'abeille forme une barrière physique, empêchant la pénétration des bactéries dans la plaie.

La cicatrisation d'une plaie est un processus biologique naturel par lequel les tissus animaux réparent les lésions localisées par des mécanismes de réparation et de régénération qui leur sont spécifiques. Cependant, cette capacité est soumise à de nombreuses variations. Ainsi, la rapidité et la qualité de la cicatrisation dépendent de plusieurs facteurs : l'état général de l'organisme qui conditionne sa force de résistance plus ou moins prononcée, l'étiologie de la lésion, l'état et la localisation de la plaie, et enfin, la présence ou l'absence d'une infection (**Guo et Dipietro, 2010**).



Conclusion et perspectives





Conclusion

Les études récentes portent sur les propriétés thérapeutiques de certains produits naturels, qui en générale ne provoquent pas d'effets secondaires. Les produits de la ruche comptent parmi ces produits les plus convoités.

Dans notre présent travail, nous nous sommes intéressés à contribuer à une caractérisation plus approfondie du miel d'abeille ainsi que d'autres produits apicoles, à savoir le pollen, la propolis et la cire. Cette initiative s'inscrit comme une contribution à la mise en valeur et la recherche de leurs intérêts thérapeutiques à travers une étude physico-chimique, biochimique et l'évaluation de l'activité antimicrobienne et cicatrisante.

Chaque paramètre évalué contribue à un indice spécifique reflétant la qualité de ces produits apicoles. Quand l'acidité et la teneur en eau obtenu nous indiquent que notre échantillon révèle la stabilité contre la fermentation indésirable avec une valeur maximales qui a été enregistrer pour le pollen de $17,33 \pm 1,15 \text{ meq/Kg}$ et $10,06 \pm 0,33\%$ respectivement. Les résultats de la conductivité électrique, la teneur en cendre obtenus révèlent que les deux miels analyser à origine nectar et pour le pollen et la propolis qui sont riches en matière minérale par contre la cire contient moins de matière inorganique et incombustibles ainsi la valeur la plus élevé de la conductivité électrique est notée par le pollen de $2,32 \pm 0,13 \text{ ms/cm}$ et une valeur maximale de taux de cendre enregistrée pour la propolis avec $3,892 \pm 0,52\%$. Les valeurs de pH indiquent que tous les produits tester ayant un PH acide la valeur maximale est observée pour la cire présenter de $5,20 \pm 0,05$.

Pour les paramètres biochimiques étudiés la teneur en protéines révèle un taux plus élevé dans le pollen, avec une valeur de $32,40 \pm 2,22\%$. Ainsi, la détermination de la teneur en sucres totaux reflète la qualité nutritionnelle du produit, essentielle pour l'apport énergétique des abeilles. Le miel d'agrumes présente la teneur la plus élevée en sucres totaux, atteignant $98,87 \pm 9,23\%$. L'analyse qualitative des sucres réalisée par CCM sur les différents produits de la ruche révèle la présence de glucose, de fructose et de galactose dans la majorité d'entre eux.

Par ailleurs, l'évaluation de l'activité antibactérienne et cicatrisante de ces produits de la ruche, notamment du miel, soulignent leur potentiel en apithérapie comme agents cicatrisants et antimicrobiens naturels. L'activité inhibitrice de miel de cidre est excellente sur la souche *L. monocytogenes* de 35mm, elle est supérieure à celle de l'ensembles des antibiotiques testés. Le miel d'agrumes présente une meilleure activité cicatrisante que les autres produits testent. Ces résultats confirment l'importance de ces produits dans le domaine de la santé et justifient leurs





valorisations à la fois dans l'alimentation et la médecine traditionnelle. Enfin, la maîtrise des paramètres physico-chimiques et biochimiques est indispensable pour garantir la qualité et l'efficacité thérapeutique des produits apicoles.

En perspectives, il est intéressant de tester d'autres activités biologiques telles que l'activité antioxydante, antiinflammatoire, antiparasitaire et antifongique ainsi que les analyses LCMS et GCMS pour mieux comprendre les composés actifs de chacun échantillon. Il est intéressant également d'effectuer des analyses pour plusieurs types de miels, pollen, propolis et la cire d'abeille dans les différentes régions de notre pays, afin de sélectionner les types les plus actifs pour utiliser dans les domaines pharmaceutiques et cosmétique.



Références bibliographiques





Abdelsalam, E., Foda, H. S., Abdel-Aziz, M. S., Abd, F. K. (2018). Antioxidant and antimicrobial activities of Egyptian bee pollen. Middle East J. Appl. Sci, 8(4): 1248 -1255.

Abid, M. (2017). Évaluation de l'activité antifongique des miels Algériens vis-à-vis deux souches de *Candida albicans*. Mémoire de master. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 48p.

Abselami, A., Tahani, A., Sindic, M., Fauconnier, M. L., Bruneau, E., & Elbachiri, A. (2018). Physicochemical properties of some honeys produced from different flora of Eastern Morocco. Journal of Materials and Environmental Science, 9(3), 879-886.

Achour, H. Y., & Khali, M. (2014). Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques. Afrique Science : Revue Internationale Des Sciences Et Technologie, 10(2).

Achouri, I., Aboussaleh, Y., Sbaibi, R., Chemissi, H., & Bengueddour, R. (2015). Comparison of the physico-chemical quality of honey *Ziziphus sp* (Sider) and *Acacia sp* (Samar) consumed in the United Arab Emirates (UAE). International Journal of Innovation and Applied Studies, 10(1), 184.

Achouri, M. Y., Selka, M. A., & Yakoub, M. N. S. (2022). Méthodes physiques utilisées dans la caractérisation et le contrôle de qualité des miels : revue générale. Algerian journal of pharmacy, 4, 8-14.

Adaškevičiūtė, V., Kaškonienė, V., Kaškonas, P., Barčauskaitė, K., & Maruška, A. (2019). Comparison of physicochemical properties of bee pollen with other bee products. Biomolecules, 9(12), 819.

Adebiyi, F. M., Akpan, I., Obiajunwa, E. I., & Olaniyi, H. B. (2004). Chemical/physical characterization of Nigerian honey. Pakistan journal of Nutrition, 3(5), 278-281.

Afnor. (1984). (Association Française pour la Normalisation). Recueil des noms françaises : corps gras, grains oléagineuses et produits dérivés 3ème Ed. Lavoisier TEC & DOC, Paris : 459p.

Aglagane, A., Tofilski, A., Er-Rguibi, O., Laghzaoui, E. M., Kimdil, L., El Mouden, E. H., ... & Aourir, M. (2022). Geographical variation of honey bee (*Apis mellifera* L. 1758) populations in South-Eastern Morocco: A geometric morphometric analysis. Insects, 13(3), 288.





Ahmed, M., Djebli, N., Mohamed, Hammoudi, S., Meslem, A., Aissat, S. (2012). Antibacterial activity of various honey types of Algeria against *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pyogenes*. Asian Pacific journal of tropical medicine, 5(10): 773-776.

Al, M. L., Daniel, D., Moise, A., Bobis, O., Laslo, L., Bogdanov, S. (2009). Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. Food chemistry, 112(4), 863-867.

Alattal, Y. Z., Bazeyad, A. Y., & Al Ghamdi, A. A. (2025). Variation in chemical composition of fresh and commercial Royal Jelly associated with international standards. Journal of Food Composition and Analysis, 138, 107017.

Alhamidi, N. (2017). Etude du pollen de quelques espèces allergisantes de la région de Tlemcen. Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, 97p.

Allam, A., Zellagui, D. R. (2022). Biomolécules à intérêt pharmaceutique de la propolis : Etude expérimentale et in silico. Mémoire de maîtrise. Université Frères Mentouri Constantine, Constantine, 105p.

Almasi, R., & Sekarappa, B. (2019). Analysis of unifloral and multifloral honey for physico-chemical properties in Southern Karnataka, India. Int. J. Recent Sci. Res, 10, 32469-32473.

Almeida-Muradian, L. B. D., Pamplona, L. C., Coimbra, S., & Barth, O. M. (2005). Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. Journal of food composition and analysis, 18(1), 105-111.

Alqarni, A. S., Owayss, A. A., & Mahmoud, A. A. (2016). Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia. Arabian Journal of Chemistry, 9(1), 114-120.

Al-waili, NS. (2005). Mixture of honey, beeswax and olive oil inhibits growth of *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans* Arch. Med. Res. 36(1) :10-13.

Alzahrani, H. A., Alsabehi, R., Boukraa, L., Abdellah, F., Bellik, Y., & Bakhotmah, B. A. (2012). Antibacterial and antioxidant potency of floral honeys from different botanical and geographical origins. Molecules, 17(9), 10540–10549.





Amri, A. (2006). Évaluation physico-chimique et détermination de l'origine botanique de quelques variétés de miel produites à l'Est d'Algérie. Mémoire de maîtrise. Université Badji Mokhtar, Annaba, 123p.

Amri, A. (2015). Contribution à l'étude approfondie de Quelques miels produits en Algérie : Aspect physico-chimique et botanique. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Badji Mokhtar, 170p.

Andelković, B., Vujisić, L., Vučković, I., Tešević, V., Vajs, V., & Godevac, D. (2017). Metabolomics study of *Populus* type propolis. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 135, 217-226.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1990). Official methods of analysis. Assoc Anal Chem, 62, 2742-2744.

Araújo, F. G. D., Araújo, N. O. D., Oliveira, V. R. L. D., Leite, R. H. D. L., Santos, F. K. G. D., & Aroucha, E. M. M. (2023). Physicochemical and bioactive properties of *Apis and stingless bee (Meliponini)* honey from Brazilian Caatinga. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 45, e59799.

Aymé, A. (2014). Synthèse des connaissances sur l'apiculture réunionnaise et enjeux pour la filière. Thèse de doctorat. Université de Toulouse, Toulouse, 147p.

Azzedine, C., Marie-José, B., Yasmina, A. K., Salima, B., & Ali, T. (2005). Melissopalynologic and physicochemical analysis of some north-east Algerian honeys. Eur. J. Sci. Res, 18, 389-401.

Baali, F. (2021). Etude phytochimique et détermination in vitro et in vivo des activités biologiques des huiles essentielles et des extraits méthanoliques de *Lavandula stoechas L.* et *Mentha pulegium L.* Thèse de doctorat. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi, Bordj Bou Arréridj, 167p.

Babahani, S., & Bouguedoura, N. (2016). Effet de quelques méthodes simples de conservation du pollen sur les caractères de la production dattière. Sciences & Technologie. C, Biotechnologies, 31-37.

Badawy, O. F., Shafii, S. S. A., Tharwat, E. E., & Kamal, A. M. (2004). Antibacterial activity of bee honey and its therapeutic usefulness against *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella typhimurium* infection. Rev Sci Tech, 23(3), 1011-22.





Bakchiche, B., Habati, M., Benmebarek, A., & Gherib, A. (2018). Caractéristiques physico-chimiques, concentrations des composés phénoliques et pouvoir antioxydant de quatre variétés de miels locales (Algérie). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6(1), 118-123.

Balas, F. (2015). Les propriétés thérapeutiques du miel et leurs domaines d'application en médecine générale : revue de la littérature, Thèse de doctorat. Université de Sophia Antipolis, Nice, 86p.

Barcelo, D. (2013). *Comprehensive analytical chemistry: Food Protected Designation of Origin: Methodologies and Applications*. Elsevier, 60: 527- 528.

Basualdo, C., Sgroy, V., Finola, M. S., & Marioli, J. M. (2007). Comparison of the antibacterial activity of honey from different provenance against bacteria usually isolated from skin wounds. *Veterinary microbiology*, 124(3): 375-381.

Bath, P. K., & Singh, N. (1999). A comparison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honey. *Food Chemistry*, 67(4), 389-397.

Bava, R., Castagna, F., Lupia, C., Poerio, G., Liguori, G., Lombardi, R., ... & Palma, E. (2024). Hive products : composition, pharmacological properties, and therapeutic applications. *Pharmaceuticals*, 17(5), 646.

Belhamra, K. (2015). Optimisation des conditions d'extraction de polysaccharides à partir d'une plante médicinale *Citrullus colocynthis* (*la coloquinte*). Université 8 mai 1945, Guelma, 96p.

Belkacemi, D., Bachir, L. (2019). Evaluation de quelques paramètres physicochimiques et de l'activité antioxydante du pollen d'abeilles issu de la bruyère arborescente (*Caluna vulgaris*). Mémoire de maîtrise. Université Mouloud Mammeri, tizi-ouzou, 73p.

Benaziza-Bouchema, D., & Schweitzer, P. (2010). Caractérisation des principaux miels des régions du Nord de l'Algérie. *Cahiers Agricultures*, 19(6), 432-438.

Benhanifia, M. Wessam, M. Bellik, Y. Benbarek, H. (2013). Antimicrobial and antioxidant activities of different propolis from North Western Algeria. *Food science and technology* (48) : 2521 – 2527.





Benkhaddra H., Ghadbane, R. (2014). Les paramètres physicochimiques du miel et l'effet de l'humidité sur le développement des micro-organismes. Mémoire de maîtrise. Université Mohamed El Bachir El-Ibrahimi, Bordj Bou Arreridj, 62p.

Berenbaum, M. R., & Calla, B. (2021). Honey as a functional food for *Apis mellifera*. Annual Review of Entomology, 66(1), 185-208.

Bernal, J.L., Jiménez, J. J., Del Nozal, M. J., Toribio, L., Martín M.T. (2005). Physicochemical parameters for the characterization of pure beeswax and detection of adulterations. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 107:158,166.

Bettar, I., González-Miret, M. L., Hernanz, D., Marconi, A., Heredia, F. J., & Terrab, A. (2019). Characterisation of Moroccan Spurge (*Euphorbia*) honeys by their physicochemical characteristics, mineral contents and colour. Arabian Journal of Chemistry, 12(8), 2052-2060.

Bhargava, P., Mahanta, D., Kaul, A., Ishida, Y., Terao, K., Wadhwa, R., & Kaul, S. C. (2021). Experimental evidence for therapeutic potentials of propolis. Nutrients, 13(8), 2528.

Blanc, M. (2010). Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat. Université de Limoges, Aquitaine, 144p.

Bleha, R., Shevtsova, T. V., Živčáková, M., Korbářová, A., Ježková, M., Saloň, I., ... & Synytsya, A. (2021). Spectroscopic discrimination of bee pollen by composition, color, and botanical origin. Foods, 10(8), 1682.

Bogdanov, S. (1999). Stockage, cristallisation et liquéfaction du miel. Centre suisse de recherche apicoles. P 05.

Bogdanov, S. (2011). Royal jelly, bee brood: composition, health, medicine: a review. Lipids, 3(8), 8-19.

Bogdanov, S. (2012). Pollen: Nutrition, functional properties, health. Magnesium, 20, 350.

Bogdanov, S. (2017). Beeswax: History, Uses and Trade. Bee Product Science, 1-18.

Bogdanov, S., Bieri, K., Figar, M., Figueiredo, V., Iff, D., Kanzig, A., ... & Zurcher, K. (1995). Miel : définition et directives pour l'analyse et l'appréciation. Centre Suisse de recherche Apicole. Ed. OCFIM : 1-26.





- Bogdanov, S., Blumer, P. (2001).** Propriétés antibiotiques naturelles du miel. *Revue suisse d'agriculture*, (5) : 219-222
- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., Gallmann, P. (2008).** Honey for nutrition and health: a review. *JAm Coll Nutr Dec* ;27(6) :677-89.
- Bogdanov, S., Martin, P., & Lüllmann, C. (1997).** Harmonised methods of the European honey commission. *Apidologie (France)*, 59-pp.
- Bogdanov, S., Martin, P., & Lullmann, C. (2002).** Harmonised methods of the international honey commission. *Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld*, 5(1), 1-62.
- Bogdanov, S., Ruoff, K., & Oddo, L. P. (2004).** Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S4-S17.
- Boselli, E., Caboni, M. F., Sabatini, A. G., Marcazzan, G. L., & Lercker, G. (2003).** Determination and changes of free amino acids in royal jelly during storage. *Apid Alattal ologie*, 34(2), 129-137.
- Bouabid, S., Mouchara, S., & Oumeddour, R. (2013).** Étude de l'effet de l'huile d'olive sur l'action des antibiotiques. *Mémoire de maîtrise. Université 08 Mai 1945, Guelma*, 49p.
- Bouhaka, A., Boukessira, N., Zegrou, F. (2021).** Étude de l'activité antibactérienne des polyphénols de la propolis de l'Est Algérien. *Mémoire de maîtrise. Université Abdelhafid Boussouf, Mila*, 85p.
- Boukraâ, L. (2023).** Honey in traditional and modern medicine. *CRC Presses*. p 225.
- Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G., & Hamdi, S. (2018).** Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian journal of chemistry*, 11(2), 265-274.
- Bouzahouane, H., Ayari, A., Guehria, I., & Riah, O. (2021).** The Propolis: Antimicrobial activity and chemical composition analysis: Properties of propolis. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 10(6) :311-320.





Bradbear, N. (2010). Le rôle des abeilles dans le développement rural. Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles. FAO, Rome, p123-133.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254p.

Bratovčić, A., Jašić, M., Odobašić, A., Šestan, I., & Alihodžić, D. (2016). Physical-chemical properties and application of beeswax, 59-63.

Bruneau, E. (2002). Le miel. *Le Traité Rustica de l'Apiculture*. Edition Rustica, p354-364.

Bruneau, E. (2009). Les produits de la ruche. *Le Traité Rustica de l'apiculture* Editions Rustica, Paris, p 354-387.

Buba, F., Gidado, A., & Shugaba, A. (2013). Physicochemical and microbiological properties of honey from North East Nigeria. *Biochem Anal Biochem*, 2(142), 61-67.

Calixto, E. S., de Oliveira Pimenta, I. C., Lange, D., Marquis, R. J., Torezan-Silingardi, H. M., Del-Claro, K. (2024). Emerging Trends in Ant–Pollinator Conflict in Extrafloral Nectary-Bearing Plants. *Plants*, 13(5), 651.

Cardinault, N., Cayeux, M. O., & Percie du Sert, P. (2012). Propolis : origin, composition and properties. *Phytothérapie*, 10, 298-304.

Chakrabarti, P., Baugus, L., Eaton, E., Steinhauer, N. A., & Sagili, R. R. (2025). Pollen Production and Nutrient Composition in Two Northern Highbush Blueberry Cultivars: Implications for Pollinator Nutrition. *Agriculture*, 15(5), 461.

Chataway, H. D. (1935). Honey tables showing the relationship between various hydrometer scales and refractive index to moisture content and weight per gallon of honey. *Can. Bee J*, 43, 215.

Chauvin, R. (1968), *Traité de biologie de l'abeille, système nerveux, comportement et régulation sociale*. Édition Masson et compagnies p241-330.





- Cimpoi, C., Hosu, A., Miclaus, V., & Puscas, A. (2013).** Determination of the floral origin of some Romanian honeys on the basis of physical and biochemical properties. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 100, 149-154.
- Clément, H. (2002).** Guide des miels. Rustica, Paris, 64 p.
- Clément, H. (2009).** L'abeille sentinelle de l'environnement. Alternatives, Paris, 144 p.
- Clément, H., Conte, Y. L., Barbancon, J.-M., Vaissière, B. Collectif. (2011).** Le traité rustica et l'apiculture. Rustica éditions, Paris, 125p.
- Codex Alimentarius. (2001).** Programme Mixte FAO/OMS Sur Les Normes Alimentaires. Commission du Codex Alimentarius. ALINORM 01/25, 1-31p.
- Commission Brésilienne. (2000).** Instruction normative N°11. Publié au Journal officiel de 23/10/00, Section I, p. 16-17.
- Cooper, R. (2007).** Honey in wound care: antibacterial properties. *GMS Krankenhaushygiene interdisziplinär*, 2(2).
- Cornara, L., Biagi, M., Xiao, J., & Burlando, B. (2017).** Therapeutic properties of bioactive compounds from different honeybee products. *Frontiers in pharmacology*, 8, 412.
- Dadras, A., Benvidi, A., Namazian, M., Abbasi, S., Tezerjani, M. D., Roozgari, M., & Tabaraki, R. (2019).** Determination of the pKa for caffeic acid in mixed solvent using the net analyte signal method and the ab initio theory. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 84(4), 391-403.
- Dailly, H. (2008).** Le réfractomètre, un outil essentiel. *Abeilles & Cie*, 122, 30-32.
- Daleprane, J. B., da Silva Freitas, V., Pacheco, A., Rudnicki, M., Faine, L. A., Dörr, F. A., ... & Abdalla, D. S. P. (2012).** Anti-atherogenic and anti-angiogenic activities of polyphenols from propolis. *The Journal of nutritional biochemistry*, 23(6), 557-566.
- Debab, M., Toumi-Benali, F. (2022).** Activités antimicrobienne et anthelminthique de la propolis de l'Ouest algérien. *Phytothérapie*, 20 (4), 224-229.





- Dekebo, A., Jung, C. (2023).** Chemical Composition and Physicochemical Properties of Beeswaxes of *Apis mellifera* and *Apis cerana*. Journal of Apiculture, 38(4), 367-377.
- Denisow, B., Denisow-Pietrzyk, M. (2016).** Biological and therapeutic properties of bee pollen: A review. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96(13): 4303-4309.
- Descottes, B. (2009).** Cicatrisation par le miel, l'expérience de 25 années. Phytothérapie, 7(2), 112-116.
- Dias, L. G., Pereira, A. P., & Estevinho, L. M. (2012).** Comparative study of different Portuguese samples of propolis: Pollinic, sensorial, physicochemical, microbiological characterization and antibacterial activity. Food and Chemical Toxicology, 50(12), 4246-4253.
- Didaras, N. A., Karatasou, K., Dimitriou, T. G., Amoutzias, G. D., Mossialos, D. (2020).** Antimicrobial activity of bee-collected pollen and beebread: State of the art and future perspective. Antibiotics, 9(11), 811.
- Dolci, P., & Ozino, O. I. (2003).** Study of the in vitro sensitivity to honey bee propolis of *Staphylococcus aureus* strains characterized by different sensitivity to antibiotics. Annals of microbiology, 53(2), 233-244.
- Domerego, R., Imbert, G., Blanchard, C. (2009).** Les remèdes de la ruche Editions Alpens, Monaco, p95.
- Dubios, M. K. A., Gilles, J. K., Hamilton, P. A., Rebers, F., Smith. (1956).** Colorimetric method for determination of sugar and related substances. Anal. Chem. 28 :250–356.
- Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A. & Ab Wahab, M. S. (2012).** Honey: a novel antioxidant. Molecules .17 :4400–4423.
- F. Huidobro., María, T. S. (2007).** Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. Food Chemistry, 100(4) :1728-1733.
- Feás, X., Vázquez-Tato, M. P., Estevinho, L., Seijas, J. A., & Iglesias, A. (2012).** Organic bee pollen: botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. Molecules, 17(7), 8359-8377.





- Ferhoum, F. (2010).** Analyses physico chimiques de la propolis locale selon les étages bioclimatiques et les deux races d'abeille locales (*Apis mellifera intermissa* et *Apis mellifera sahariensis*). Mémoire de maîtrise. Université M'Hamed Bougara Boumerdès, Boumerdès, 174p.
- Gharbi, M. (2011).** Les produits de la ruche : origines-fonctions naturelles-composition-propriétés thérapeutiques : apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire. Thèse de doctorat. Université de Claude-Bernard-Lyon, France, 247p.
- Glacet, L. (2021).** Analyse de la composition du miellat de pucerons et influence sur le comportement intragilde des prédateurs. Mémoire de maîtrise. Université Liège, Belgique, 97p.
- Gomes, S., Dias, L. G., Moreira, L. L., Rodrigues, P., & Estevinho, L. (2010).** Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. Food and chemical toxicology, 48(2), 544-548.
- Gonnet, M. (1982).** Le miel. Composition propriétés et conservation. 2eme éd. Opida. France, 31p.
- Gregoris, E., & Stevanato, R. (2010).** Correlations between polyphenolic composition and antioxidant activity of Venetian propolis. Food and Chemical Toxicology, 48(1), 76-82.
- Guo, S. A., & DiPietro, L. A. (2010).** Factors affecting wound healing. Journal of dental research, 89(3), 219-229.
- Gupta, G., Anjali, K. (2023).** Environmentally friendly beeswax: properties, composition, adulteration, and its therapeutic benefits. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 1110 (1), 012041.
- Gurezou, M. N., Nadji, N. (2002).** Etude comparative entre quelques miels locaux et autre importés. Mémoire de maîtrise. Université de Djelfa, Djelfa, 69p.
- Haderbache, L. (2004).** La cire d'abeille et Contrôle de qualité et détection des fraudes (Cas particulier des paraffines). Mémoire de maîtrise. Université M'Hamed Bouguerra, Boumerdes, 141p.
- Haderbache, L., Bousdira, M., & Mohammedi, A. (2013).** *Ziziphus lotus* and *Euphorbia bupleuroides* Algerian honeys. World Applied Sciences Journal 24 (11): 1536-1543.





Hammani, N. (2023). Essai d'une méthode de traction pour la détection des fraudes à la paraffine des cires d'abeilles. Mémoire de maîtrise. Université M'Hamed Bougara, Boumerdès ,68p.

Hamoutene, H., Achit A. (2018). Analyses physico-chimiques et activité antibactérienne de quelques échantillons du miel Algérien. Mémoire de maîtrise. Université de Khemis Miliana, Bounaama, 107p.

Hlaváč, P., Božiková, M., Presová, R. (2014). Relations de température de la viscosité dynamique des huiles moteur sélectionnées. *Acta technologica agricole*, 17 (4) :105-108.

Homrani, M. (2020). Caractérisation physico-chimique, spectre pollinique et propriétés biologiques de miels algériens crus de différentes origines florales. Thèse de doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, Mostaganem, 253p.

Hwisa, N. T., Katakam, P., Chandu, B. R., Abadi, E. G., & Shefha, E. M. (2013). Comparative in vivo evaluation of three types of honey on topical wound healing activity in rabbits. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(8), 139-143.

Ibrahim Khalil, MI, Moniruzzaman, M., Boukraâ, L., Benhanifia, M., Islam, MA, Islam, MN, ... Gan, SH. (2012). Propriétés physicochimiques et antioxydantes du miel algérien. *Molécules*, 17 (9), 11199-11215.

Isla, M. I., Craig, A., Ordoñez, R., Zampini, C., Sayago, J., Bedascarrasbure, E., ... & Maldonado, L. (2011). Physico chemical and bioactive properties of honeys from Northwestern Argentina. *LWT-Food Science and Technology*, 44(9), 1922-1930.

Kameda, T., Tamada, Y. (2009). Variable-temperature ¹³C solid-state NMR study of the molecular structure of honeybee wax and silk. *International Journal of Biological Macromolecules*, 44(1), 64-69.

Kanelis, D., Liolios, V., Rodopoulou, M. A., Papadopoulou, F., & Tananaki, C. (2024). Production and Quality Characteristics of Royal Jelly in Relation to Available Natural Food Resources. *Resources*, 13(4), 55.

Kaoudji, Y., Nehlil, M., & Sadadou, A. (2020). Etude physico-chimique et pharmacotoxicologique des effets du miel et du pollen. Mémoire de maîtrise. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 158p.





Kaškonienė, V., Venskutonis, P. R., & Čeksterytė, V. (2010). Carbohydrate composition and electrical conductivity of different origin honeys from Lithuania. *LWT-Food Science and Technology*, 43(5), 801-807.

Khalfan Saeed Alwali Alkindi, F., El-Keblawy, A., Lamghari Ridouane, F., & Bano Mirza, S. (2024). Factors influencing the quality of Royal jelly and its components: a review. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2348253.

Khalil, M. I., Moniruzzaman, M., Boukraâ, L., Benhanifia, M., Islam, M. A., Islam, M. N., & Gan, S. H. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey. *Molecules*, 17(9), 11199-11215.

Khan, N., & Khan, W. (2018). Review of past literature of honey beekeeping and its production in rural area of the world. *Food Science and Quality Management*, 74(6), 18-23.

Khedidji, H., Abderrahmani, K., Oulebsir-Mohandkaci, H., Ladjali-Mohammed, K., & Mohammed, A. (2022). Effects of pollen deprivation in groups of tellian (*Apis mellifera intermissa*) and saharan (*Apis mellifera sahariensis*) honey bees under controlled conditions. *Insects*, 13(8), 727.

Kim, H. C. (2024). Development of a Novel Wound-Healing Patch using Honeybee's Beeswax and Propolis. *International Journal of High School Research*, 6(2).

Komosinska-Vassev, K., Olczyk, P., Kaźmierczak, J., Mencner, L., & Olczyk, K. (2015). Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015(1), 297425.

Koo, H., Rosalen, P. L., Cury, J. A., Park, Y. K., & Bowen, W. H. (2002). Effects of compounds found in propolis on *Streptococcus mutans* growth and on glucosyltransferase activity. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 46(5), 1302-1309.

Krichen, S., Guetatlia, I. (2019). Evaluation de l'activité antibactérienne de sept échantillons de miel issus de la région de Guelma et Tipaza. Mémoire de maîtrise. Université 8 Mai 1945 Guelma, Guelma, 115p.





Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı, C., Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. Food chemistry, 100(2), 526-534.

Kurek-Górecka, A., Rzepecka-Stojko, A., Górecki, M., Stojko, J., Sosada, M., & Świerczek-Zięba, G. (2013). Structure and antioxidant activity of polyphenols derived from propolis. Molecules, 19(1), 78-101.

Kwakman, P. H., Velde, A. A. T., De Boer, L., Speijer, D., Christina Vandenbroucke-Grauls, M. J., Zaat, S. A. (2010). How honey kills bacteria. The FASEB Journal, 24(7) :2576-2582.

Lagha, S. (2017). Évaluation de l'activité antibactérienne des miels Algériens vis-à-vis une souche gram⁺ : *Staphylococcus aureus*. Mémoire de maîtrise. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. 67p.

Lambert, N., Labonte, R. (1980). Préparation de la cire, p2.

Le Conte, Y. (2002). La vie sociale de la colonie. In Le traité rustica de l'apiculture. Paris, Rustica, p. 54-83.

Lequet, L. (2010). Du nectar à un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur. Thèse de doctorat vétérinaire. Université Claude Bernard, Lyon, 193p.

Liew, K. Y., Kamise, N. I., Ong, H. M., Aw Yong, P. Y., Islam, F., Tan, J. W., & Tham, C. L. (2022). Anti-allergic properties of propolis: Evidence from preclinical and clinical studies. Frontiers in Pharmacology, 12, 785371.

Lobreau-Callen, D., Clément, M. C. (2000). Les miels. Techniques de l'Ingénieur. Agroalimentaire (France), 28p.

Louveaux, J. (1968). Composition, propriétés et technologie du miel. In : Chauvin R. Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 277-324p.

Machado, J. L., Assunção, A. K. M., da Silva, M. C. P., Reis, A. S. D., Costa, G. C., Arruda, D. D. S., ... & Nascimento, F. R. F. D. (2012). Brazilian green propolis: anti-inflammatory property by an immunomodulatory activity. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2012(1), 157652.





Majtan, J., Kumar, P., Majtan, T., Walls, A. F., Klaudiny, J. (2010). Effect of honey and its major royal jelly protein 1 on cytokine and MMP-9 mRNA transcripts in human keratinocytes. *Experimental dermatology*, 19(8) :73-79.

Mandal, M.D., Mandal, S. (2011). Honey: its medicinal property and antibacterial activity. *Asian Pac J Trop Biomed*, (1) :154-60.

Marchenay, P., Berard, L. (2007). L'homme, l'abeille et le miel. Editions De Borée, Romagnant, p 224.

María, M., Cavia, M. A., Fernández-Muiño, S. R., Alonso-Torre, José, F. Huidobro., María, T. S. (2007). Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food Chemistry*, 100(4) :1728-1733.

Mariek, M., Henk Van, B., Leen Van'T, L., Jaap K., Jan Van De waerdr. (2005). Produit de l'apiculture (propriété, transformation et commercialisation). Fondation Agromisa et CTA. Wageningen, p46-51.

Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., Nacoulma, O. G. (2005). Determination of total phenolic, flavonoid and proline contents in BurkinaFasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chem.* 91: 571– 577.

Mehryar, L., Esmaili, M., & Hassanzadeh, A. (2013). Evaluation of some physicochemical and rheological properties of Iranian honeys and the effect of temperature on its viscosity. *Am Eurasian J Agric Environ Sci*, 13, 807-819.

Mekious, S. (2016). Étude de la végétation mellifère et caractérisation physico- chimique et-melliso- polynolygique du miel de la région de Djelfa. Thèse de doctorat. USDB, Djelfa,106p.

Mekious, S., Houman, Z., Brunau, É., Masseaux, C., Guillet, A., & Hance, T. (2015). Caractérisation des miels produits dans la région steppique de Djelfa en Algérie. *BASE* (19): 221-231.

Melliou, E., Chinou, I. (2011). Chemical constituents of selected unifloral Greek bee honyes with antimicrobial activity. *Food Chemistry* (129) :284-290.





Melo, B. K. C. D., Silva, J. A. D., Gomes, R. D. D. S., Custódio, P. P., Lira, G. A. D., Ramalho, A. M. Z., ... & Bezerra, M. D. F. (2023). Physicochemical composition and functional properties of bee pollen produced in different locations. *Brazilian Journal of Food Technology*, 26, e2022006.

Mertenat, V. (2019). Les produits de La ruche et l'apithérapie. Eyrolles, France, p6.

Mohdaly, A. A., Mahmoud, A. A., Roby, M. H., Smetanska I., Ramadan, M. F. (2015). Phenolic extract from propolis and bee pollen: composition, antioxidant and antibacterial activities. *Journal of Food Biochemistry*, 39(5): 538-547.

Moussaoui, N. (2011). Analyse sensorielle de quelques miels du sud Algérien. Mémoire de maîtrise. Université Kasdi-Merbah, Ouargla, 81p.

Nader, R. A., Mackieh, R., Wehbe, R., El Obeid, D., Sabatier, J. M., & Fajloun, Z. (2021). Beehive products as antibacterial agents: A review. *Antibiotics*, 10(6), 717.

Nair, S. (2014). Identification des plantes mellifères et analyse physicochimiques des miels algériens. Thèse de doctorat. Université d'Oran, Oran, 253p.

Ngoma, C., Ilanga, F., Samu, G., & Efoto, L. (2018). Quelques paramètres physicochimiques des miels de quatre provinces de la République Démocratique du Congo en relation avec leur qualité et leur stabilité. *Afrique Science*, 14(5), 415-424.

Nicolson, S. W., Thornburg, R. W. (2007). Nectar chemistry. In *Nectaries and nectar*. Dordrecht: Springer Netherlands, 215-264.

Nisbet, H. O., Nisbet, C., Yarim, M., Guler, A., & Ozak, A. (2010). Effects of three types of honey on cutaneous wound healing. *Wounds: a compendium of clinical research and practice*, 22(11), 275-283.

Olaitan, P. B., Adeleke, O. E., Iyabo, O. O. (2007). Honey: à reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. *African health sciences*, 7(3).

Olczyk, P., Koprowski, R., Kaźmierczak, J., Mencner, L., Wojtyczka, R., Stojko, J., ... & Komosinska-Vassev, K. (2016). Bee pollen as a promising agent in the burn wounds treatment. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016(1), 8473937.





- Oršolić, N., & Jazvinščak Jembrek, M. (2024).** Royal jelly: biological action and health benefits. *International journal of molecular sciences*, 25(11), 6023.
- Oskouei, T. O., Moslem, N. (2013).** Traditional and modern uses of natural honey in human diseases. *Iran J Basic Med Sci.* 16(6): 731–742.
- Ota, C. Unterkricher, C. Fantinato, V. E.T Shimizu, M. T. (2001).** Antifungal activity of propolis on different species of *Candida*. *Mycoses* (44): 375 – 378.
- Ouchemoukh, S., Louaileche, H., & Schweitzer, P. (2007).** Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food control*, 18(1), 52-58.
- Paterson, DP., Cockle, A. (2008).** *L'apiculture*, éditions Quae, p163.
- Patricia, V., Vargas, O., López, T., Valle, F. M. (2015).** Meliponini biodiversity And medicinal uses of pot-honey from El Oro province in Ecuador. *Emirates J. FoodAgric.* 27 : 502–506.
- Paulus, HS., Kwakman, Zaat, SA (2012).** Composants antibactériens du miel. *IUBMB life*, 64 (1), 48-55.
- Pavel, C. I., Mărghitaș, L. A., Bobiș, O., Dezmirean, D. S., Șapcaliu, A., Radoi, I., & Mădaș, M. N. (2011).** Biological activities of royal jelly-review. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 44(2), 108-108.
- Philippe, J. M. (1999).** *Le guide de l'apiculteur*. Troisième Edition EDISUD. 1087.
- Pipelzadeh, M. H., Pipelzadeh, M. R., & Husseinzadeh, P. (2003).** A study on the effects of modulation of intracellular calcium on excisional wound healing in rabbit. *Iranian Biomedical Journal*, 7(4), 161-166.
- Ponce, A. G., Fritz, R., Del Valle, C., Roura, S. I. (2003).** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LWT-Food Science and Technology*, 36(7), 679-684.
- Popescu, O., Mărghitaș, L. A., & Dezmirean, D. (2008).** A study about physicochemical composition of fresh and lyophilized royal jelly. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 41(2), 328-328.





Prost, J.P., Le Conte, Y. (2005). Apiculture : connaître l'abeille, conduire le rucher. 7ème édition. TEC & DOC Lavoisier Ed. 2005, 697 p.

Przybyłek, I., & Karpiński, T. M. (2019). Antibacterial properties of propolis. *Molecules*, 24(11), 2047.

Rahal, K (2005). Standardisation de l'antibiogramme en médecine humaine à l'échelle nationale. REC de L'OMS. 4ème édition, p8.

Ratiu, IA., Al-Suod, H., Bukowska, M., Ligor, M., Buszewski, B. (2019). Correlation Study of Honey Regarding their Physicochemical Properties and Sugars and Cyclitols Content. *Molecules*, 25(1) :34.

Ravazzi, G. (2007). Abeilles et apiculture. Ed. Vecchi. Paris. 159p.

Raweh, H. S., Badjah-Hadj-Ahmed, A. Y., Iqbal, J., & Alqarni, A. S. (2023). Physicochemical composition of local and imported honeys associated with quality standards. *Foods*, 12(11), 2181.

Rekeb Djabriet, N., et Guessabi, B. (2019). Caractérisations des grains de pollen récoltés par les abeilles. Mémoire de maîtrise. Université Akli Mohand Oulhadj, Bouira, 115p.

Ristivojević, P., Trifković, J., Andrić, F., & Milojković-Opsenica, D. (2015). *Poplar*-type propolis: Chemical composition, botanical origin and biological activity. *Natural product communications*, 10(11), 1934578X1501001117.

Rossant, A. (2011). Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse de doctorat. Université Limoges, France, 136 p.

Sahinler, N., & Kaftanoglu, O. (2005). Natural product propolis : chemical composition. *Natural Product Research*, 19(2), 183-188.

Salvatore, G., Chibani Bahi Amar, A., Canale-Tabet, K., Fridi, R., Tabet Aoul, N., Saci, S., ... & Faux, P. (2023). Natural clines and human management impact the genetic structure of Algerian honey bee populations. *Genetics Selection Evolution*, 55(1), 94.

Saraiva, L. C., Cunha, F. V., Lélis, D. R., & Nunes, L. C. (2018). Composition, biological activity and toxicity of bee pollen: State of the art. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 17(5).





Sattler, J. A. G., de Melo, I. L. P., Granato, D., Araújo, E., de Freitas, A. D. S., Barth, O. M., ... & de Almeida-Muradian, L. B. (2015). Impact of origin on bioactive compounds and nutritional composition of bee pollen from southern Brazil: A screening study. *Food Research International*, 77, 82-91.

Schryve, A. (2016). Etat des lieux sur les cires à usage apicole utilisées en France Métropolitaine. Evaluation des points critiques. Thèse de Doctorat. Université Claude-Bernard, Lyon, p159.

Schweitzer, P. (2005). Encore des miels hors normes. *Revue L'abeille de France* 917. Laboratoire d'analyse et d'écologie apicole, 917,03.

Sib, A. (2007). Contrôle de la qualité physicochimique et microbiologique et évaluation de l'activité antimicrobienne du miel d'origine locale et importe. Mémoire de maîtrise. Université de Tlemcen, Tlemcen, 115p.

Stanway, P. (2012). The Miracle of Honey: Practical Tips for Health, Home & Beauty. Watk in Media Limited, 144p.

Stocker, A., Schramel, P., Kettrup, A., & Bengsch, E. (2005). Trace and mineral elements in royal jelly and homeostatic effects. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 19(2-3), 183-189.

Tappi, S., Laghi, L., Dettori, A., Piana, L., Ragni, L., Rocculi. (2019). Investigation of water state during induced crystallization of honey. *Food chemistry*. 294 :260-6.

Terrab, A., González, A. G., Díez, M. J. & Heredia, F. J. (2002). Characterization of Moroccan unifloral honeys using multivariate analysis. *Food Chemistry*, 79: 373-379.

Tesfaye, B., Begna, D., & Eshetu, M. (2016). Analysis of physico-chemical properties of beeswax produced in Bale Natural Forest, South-Eastern Ethiopia. *European Journal of Biophysics*, 4(5), 42-46.

Torres, A., Garedew, G., Schmolz, E., Lamprecht, I. (2004). Calorimetric investigation of the antimicrobial action and insight into the chemical properties of "angelita" honey, a production of the stingless bee *Tetragonisca angustula* from Colombia. *Thermo chimica Acta* (415) :107-113.





- Tosi, E. A., Ciappini, M. C., Cazzolli, A. F., & Tapiz, L. M. (2006).** Physico chemical characteristics of propolis collected in Santa Fe (Argentina). *Apiacta*, 41, 110-120.
- Touati, H. T., Gernelkabeche, A. (2021).** Propriétés antibactériennes du produit de la ruche contre des isolats pathogène. Mémoire de maîtrise. Université Larbi Tébessi, Tébessa, 105p.
- Tumbariski, Y., Todorova, M., Topuzova, M., Gineva, G., Yanakieva, V., Ivanov, I., & Petkova, N. (2023).** Comparative study on physicochemical, antioxidant and antimicrobial properties of propolis collected from different regions of Bulgaria. *Journal of Apicultural Science*, 67(1), 37-56.
- Viel, C., Doré, J. C. (2003).** Histoire et emplois du miel, de l'hydromel et des produits de la ruche. *Revue d'histoire de la pharmacie*, 91(337), 7-20.
- Walker, P., & Crane, E. (1987).** Constituents of propolis. *Apidologie*, 18(4), 327-334.
- Wang, C., Shang, H., Cui, W., Zhou, F., Zhang, S., Wang, X., ... & Zhu, R. (2022).** Pine pollen polysaccharides promote cell proliferation and accelerate wound healing by activating the JAK2-STAT3 signaling pathway. *International Journal of Biological Macromolecules*, 210, 579-587.
- Warré, A. (2005).** L'apiculture pour tous, 5ème édition, Paris, p. 153-167.
- Weston, R J. (2000).** The contribution of catalase and other natural products to the antibacterial activity of honey. *Food Chem.* 71: 235-239.
- White J.W. (1992).** Quality evaluation of honey: Role of HMF and diastase assays in honey quality evaluation. *American Bee Journal* 132 (11/12) :737-742.
- White, J.W. (1975).** Physical Characteristics of honey. In: Crane, editor, *Honey, a comprehensive survey*. UK : Heinemann London, p. 157-206.
- Wolff, J.P., (1968).** Manuel d'Analyse des Corps Gras. Paris- Azoulay, 115 p.
- Wright, E. K., Timberlake, T. P., Baude, M., Vaughan, I. P., & Memmott, J. (2024).** Quantifying the production of plant pollen at the farm scale. *New Phytologist*, 242(6), 2888-2899.
- Yaghoobi, R., Kazerouni, A. (2013).** Evidence for clinical use of honey in wound healing as an anti-bacterial, anti-inflammatory anti-oxidant and anti-viral agent: A review. *Jundishapur journal of natural pharmaceutical products*, 8(3), 100.





Younsi, D., Lazizi, N. (2016). Etude des caractéristiques physico-chimiques du pollen d'abeille de la région de Naciria (W. Boumerdes). Mémoire de maîtrise. Université Mouloud Mammeri, Boumerdes, 50p.

Zekrini, L. (2012). Etudes de la qualité physicochimiques, palynologique et sensorielle du miel d'oranger de la région « Mitidja » en vue de sa labellisation. Mémoire de maîtrise. Université Saad Dahlab, Blida. 183p.

Zhou, C., Yang, Q., Chen, L., Fang, K., Lu, X., Song, X., & Sun, L. (2023). Antioxidant and anti-inflammatory properties of pine pollen extract promote wound healing. *Materials Express*, 13(2), 327-336.

Zullkiflee, N., Taha, H., & Usman, A. (2022). Propolis: Its role and efficacy in human health and diseases. *Molecules*, 27(18), 6120.





**Annexe 1-**

Verrerie et petit matériel utilisés

**VERRERIES ET PETIT
MATÉRIEL****ÉPROUVETTE, MICROPIPETTE**

Fioles jaugées de différents volumes

Erlenmeyers de différents volumes

Barreaux magnétiques, Ecouvillon

Béchers de différents volumes

Les Creusets, tubes en verre, spatule

Entonnoir, pissette, papier filtre, Boîte pétrie

Pipettes graduées de différents volumes



**Annexe 2-**

Réactifs et solutions utilisées

	SOLUTION ET RÉACTIFS	PREPARATION
DÉTERMINATION DE L'ACIDITÉ	NaOH (0,1)	1g d'hydroxyde de sodium avec 100 ml d'eau distillée.
	Phénolphtaléine	1g avec 100 ml d'éthanol à 95%
CCM	Réactif de NIGRUM	Préparer 2 solutions A et B : A : 2g de diphénylamine dans 50 ml d'acétone B : 48g d'acétone complété jusqu'à 50 ml par l'aniline. Après mélange les deux solutions A et B, on ajoute 10 ml d'acide orthophosphorique à 85%.
DOSAGE DE PROTÉINE	Sérum albumine bovin (BSA)	0.2 g dans 100 ml d'eau distillée.
	Réactif de Bradford	50 mg de Bleu Brillant de Coomassie (BBC) dissous dans 25 ml d'éthanol puis ajoutez 50 ml d'acide phosphorique avec l'agitation. La solution est diluée jusqu'à un volume final de 500ml.
	Tompon	4,45g de sodium phosphate dibasic dihydrate est dissous dans 250ml d'eau distillé. 4,8g dissous dans 100ml d'eau distillé.
DOSAGE DE SUCRE	Solution mère de glucose	0,1 g de glucose dissous dans 100 ml d'eau distillée.
ACTIVITÉ ANTI MICROBIENNE	Milieu de culture Muller Hinton	38g dissous dans 1000ml d'eau distillé.
	Milieu de culture Sabouro	32,5g dissous dans 500 ml d'eau distillé.



**Annexe 3-**

Préparation des dilutions de la solution mère BSA (volume totale = 2 ml)

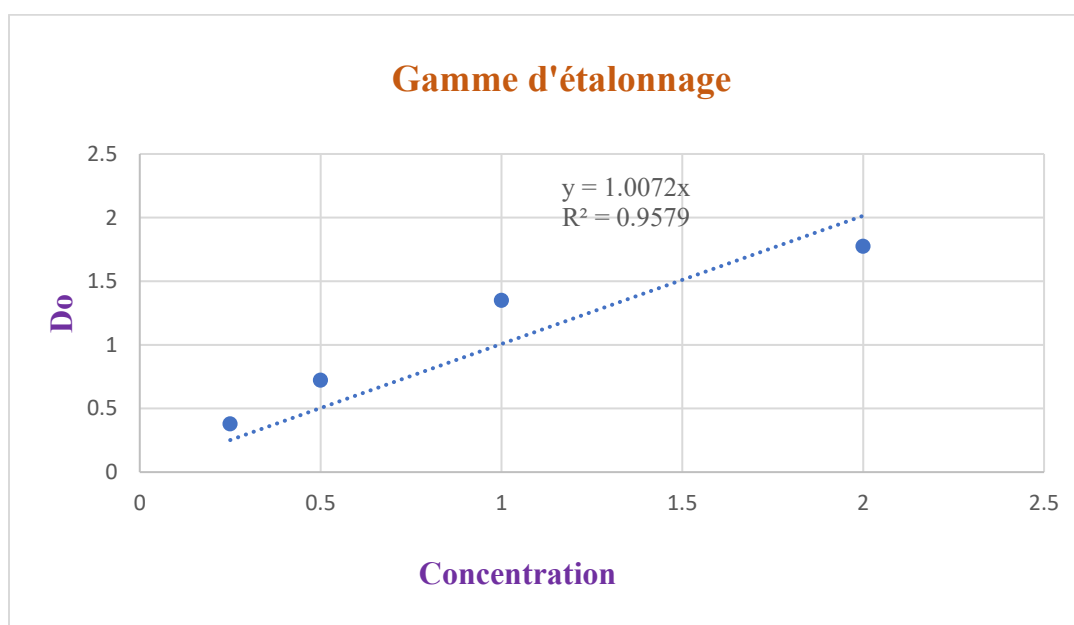
	T0.25	T0.5	T1	T1.4
BSA (2MG/ML)	0.25 ml	0.5 ml	1 ml	1.4 ml
EAU DISTILLÉE	1.75 ml	1.5 ml	1 ml	0.6 ml
CONCENTRATION BSA EN MG/ML	0.25	0.5	1	1.4





Annexe4-

Gamme d'étalonnage de dosage protéique



**Annexe 5-**

Préparation des dilutions de la solution mère de glucose (volume totale = 5 ml)

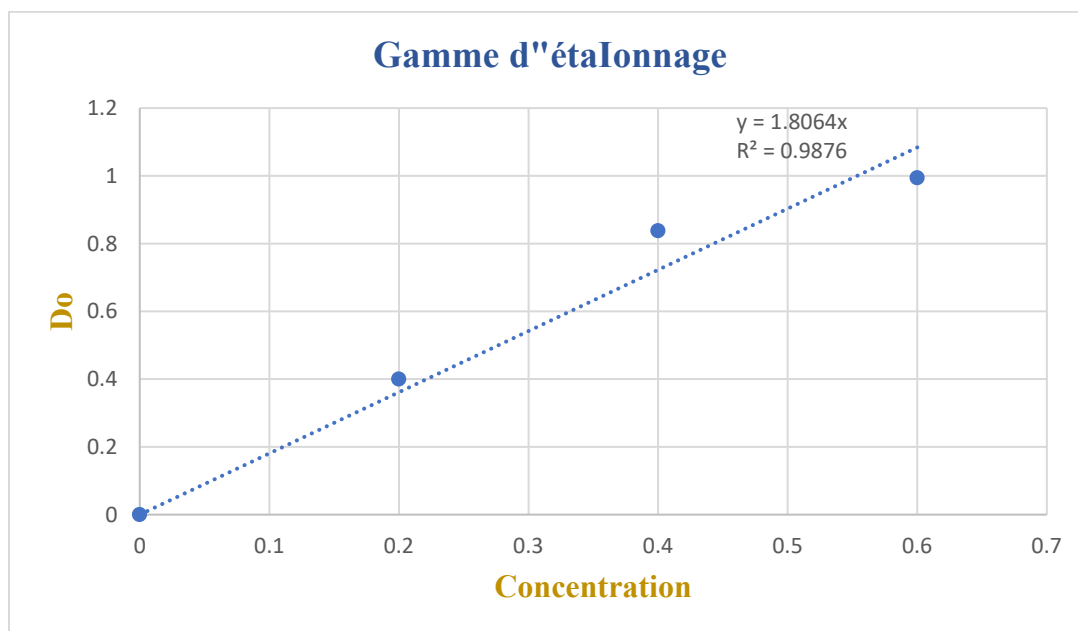
	E0	E1	E2	E3	E4	E5
VOLUME DE LA SOLUTION MERE ML	0	1	2	3	4	5
VOLUME D'EAU DISTILLÉE (ML)	5	4	3	2	1	0
CONCENTRATION (MG/ML)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1





Annexe6-

Gamme d'étalonnage de dosage du sucre





Annexe 7-

Diamètres en mm de zones d'inhibition

	MIEL 1				MIEL 2			
	Zone d'inhibition (mm)							
	100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
EC	9.3±2.3	7 ±0	7±1	6.67±1.15	23.33±0	18.33±8	20±5.2	13.33±6
BS	13±1	6.57±0.6	10±2.6	0±0	12.67±1	14.33±1	9±1.7	6±0
SA	20±4	7.33±1.1	7.3±0.6	7.67±0.6	23.67±1	22.33±3	14.33±3	20.33±2.5
PA	0±0	0±0	0±0	0±0	6.67±1.5	7.33±1	0	0
LM	25±7	16.67±6	14.67±2.5	10.33±1.5	35.67±1	31.33±1	31±1	26.33±1.5

	POLL EN				PROPOLIS				CIRE			
Zone d'inhibition (mm)												
	100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%	10 0%	75 %	50 %	25%
EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BS	14±1	8±1	6±0	6±0	0	0	0	0	0	0	0	0
SA	20±1	6±0	6±0	6±0	0	0	0	0	0	0	0	0
PA	14.67±1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LM	19.67±1	7.67±2	0	0	11±1	10.33±0.6	8.67±0.6	6.33±0.6	0	0	0	0





Annexe 8-
Poids corporels des lapins

	MIEL 1	MIEL 2	POLLEN	PROPOLIS	CIRE
	Poids des lapins en				
	g				
J 0	544,71	422,13	465,15	326,12	566,07
J 3	580,44	453,09	576,75	336,12	533
J 6	588,02	437,41	477,66	354,80	518,16
J 9	640,53	454,33	408,75	373,41	500,37
J 12	679,65	500,80	417,62	418,18	550,25
J 15	751,14	522,40	444,17	452,40	580,78
J 18	780,22	560,38	476,64	470,88	540,22

