



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar- EL OUED

كلية العلوم الطبيعية والحيوية

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Biodiversité et Environnement

THEME

**VALORISATION DE QUELQUES PRODUITS DE LA
RUCHE D'*APIS MELLIFERA* RECOLTES DANS LA
REGION D'EL OUED**

Présentation par les étudiantes :

- ❖ HEZLA Fatma
- ❖ Necira ouiem
- ❖ BEN AMAR Ichrak
- ❖ GUENANI Khaoula

Devant le jury composé de:

Promoteur : LAICHE Omar Tohami

Université d'El OUED

Co-promotrice : BEN AMOR Safia

Université d'El OUED

Année universitaire :2022.2023

RESUME

Malgré les contraintes naturelles dans les régions présahariennes ; l'apiculture a connu ces dernières années un grand essor. En effet, elle est actuellement considérée comme filière à part entière.

Les analyses physicochimiques montrent que tous les échantillons du miel et du pollen et de la propolis étudiés sont d'une bonne qualité et correspondent aux normes internationales. La couleur du miel varie de clair à foncé.

La teneur totale en phénols et la teneur en flavonoïdes varient considérablement entre les différents échantillons étudiés. Les niveaux d'antioxydants des échantillons de miel testés variaient de 0.600 ± 0.012 à 14.820 ± 0.050 mg/mL pour le test de DPPH, et de 0.514 ± 0.006 à 17.619 ± 1.09 mg/mL pour le FRAP et de 0.737 ± 0.062 et 7.428 ± 0.09 mg/mL pour le test β . Carotène ; dont le meilleur pouvoir antioxydant a été enregistré chez l'échantillon de la propolis. L'étude de l'activité anti-inflammatoire montre des bons résultats chez tous les produits testés.

Les données de l'activité antibactérienne montrent une sensibilité assez importante de la souche *S. aureus* contre tous les échantillons testés, tandis que *M. luteus* et *B. subtilis* n'ont été que modérément sensibles.

Mots clés : Miel, Pollen, Propolis, Caractéristiques physicochimiques, Activité antioxydante, Activité anti-inflammatoire, Activité antibactérienne.

ABSTRACT

Despite the natural constraints in the pre-Saharan regions, beekeeping has experienced a great expansion in recent years.

The physicochemical analyses show that all the honey samples studied are of good quality and correspond to the international standards. The color of honey varies from extra light to dark.

The total phenol content and flavonoid content varied considerably among the different honey samples. Antioxidant levels in the honey samples tested ranged from 0.600 ± 0.012 to 14.820 ± 0.050 mg/mL for the DPPH test, and from 0.514 ± 0.006 to 17.619 ± 1.09 mg/mL for FRAP and from 0.737 ± 0.062 and 7.428 ± 0.09 mg/mL for the β . Carotene; the best antioxidant power was recorded in the propolis sample. The study of anti-inflammatory activity showed good results for all products tested.

The antibacterial activity data show a fairly high sensitivity of the *S. aureus* strain against all samples of the tested honeys, while *M. luteus* and *B. subtilis* were only moderately sensitive.

Key words : Honey, Pollen, Propolis, Physicochemical characteristics, Antioxidant activity, Anti-inflammatory activity, Antibacterial activity.

المخلص

يُعتبر مجال تربئة النحل قطاعا في حد ذاته، إذ شهد تطورا ملحوظا في المناطق شبه الصحراوية في ألونة الأخيرة.

تظهر التحليلات الفيزيوكيميائية ان جميع عينات العسل وحبوب اللقاح والبروبوليس المدروسة ذات نوعية جيدة وتتوافق مع المعايير الدولية. كما سجل اختالف في درجة اللون عينات العسل من لون فاتح إلى داكن.

لحمية المركبات الفينولية والفلافونويدية تختلف بشكل كبير بين جميع العينات ونراحت مستويات مضادات الأكسدة في العينات المدروسة من 0.600 ± 0.12 إلى 14.820 ± 0.050 بالنسبة لاختبار DPPH، في حين سجلت نسبة 0.062 ± 0.737 إلى 0.09 ± 7.428 ملغ/م الاختبار FRAP اما بالنسبة لاختبار B. Carotène فالنتائج كانت متداولة بين العينات من $0.062 \pm$ إلى 0.09 ± 7.428 ملغ/م. كما اظهرت النتائج عينة بروبوليس هي الأكثر فعالية بالنسبة للنشاط مضادة لأكسدة.

ومن جهة اخرى بينت دراستنا ان جميع عينات المخمرة تملك نشاط فعال ضد اللبنةابات.

معطيات النشاط ضد البكتيري اظهرت وجود حساسية عالية لسلالة *Staphylococcus aureus* إنجاء جميع عينات العسل المخمرة. بينما السلالتين *Micrococcus lotus* و *Bacillus subtilis* ازل حساسية.

الكلمات المفتاحية: العسل، حبوب اللقاح والبروبوليس، الخصائص الفيزيوكيميائية، نشاط المضاد لأكسدة، المضادة لللبنةابات النشاط النشاط المضاد للبكتيريا.

REMERCIEMENTS

Ce travail de mémoire a été réalisé au Laboratoire pédagogique de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à EL Oued. D'autres parties des travaux ont été réalisées au niveau de l'hôpital du cancer à El Oued.

Les objectifs fixés par cette étude ont été atteints grâce à l'aide et l'encouragement de nombreux collaborateurs dont les mots ne suffisent pas pour les remercier.

*Nos vifs remerciements s'adressent à nos directeurs de mémoire Mr **LAICHE OMAR Tohami** et Mme **BEN AMOR Safia** pour tout le temps qu'ils ont consacré à notre travail et pour nos avoir fait confiance tout au long de ce parcours. Monsieur et Madame, vos conseils et orientations nous ont permis de mener à bien cette passionnante étude à vos côtés. Nous voudrions que vous acceptiez nos remerciements les plus sincères que nous voudrions formuler à votre endroit.*

Je remercie également :

***Monsieur** le président pour nos avoir fait l'honneur de présider mon jury de mémoire. Veuillez croire cher Monsieur à notre profond respect.*

*Mes remerciements vont aussi à **Monsieur**, d'avoir eu l'amabilité d'accepter de partager sa connaissance et de faire partie de mon Jury en qualité d'examineur.*

*Nos remerciements s'adressent à Mr le médecin **HAMIDATOU M**, médecin spécialiste en Anatomie général à L'hôpital du **BEN AMOR Djellani** pour son aide et sa patience avec Nous.*

*On a le plaisir de remercies également tout le staff de l'hôpital **REZGHI Bachir** du cancer par leur aide.*

*On désire aussi remercier les professeurs et le cadre administratif et les ingénieurs de laboratoires y compris **SANA** (responsable des laboratoires) **Bouchra, Salma, Omar, Afaf, Mouna, Sultane**, et **Latifa** de l'universite Echahid Hamma Lakhadar El oued, qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires.*

On tient à remercier vivement toutes les personnes qui ont participé au succès de notre stage et qui nous ont apportée lors de la rédaction de ce mémoire.

Enfin, on remercie tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

*J'ai tiré mon chapeau et ici se termine ma carrière universitaire. Merci et
louange à Dieu d'abord*

*ET n'oublions pas mon père, qui a été mon ami aimant, drôle et sage. Il m'a
guidé dans ce voyage fou. Que Dieu accorde la paix à son âme."***HEZLA
SAAD"**

*Je veux dédier mon diplôme à la femme qui m'a appris que l'amour n'a pas
d'âge et que donner n'a pas de limites. C'est la femme ultime, ma chère
maman. Que Dieu la bénisse "***HEZLA SAIDA "**

*Merci, j'aimerais que mon père soit là pour me voir diplômé. Ça me brise
Le cœur qu'il ne le soit pas. Bravo à mes frères et sœurs **Shaima,**
AbdelGhani, Fares et à notre petite sœur **Rehab** pour m'avoir toujours
soutenu.*

*Toutes les expressions de remerciement et le par-fleur des roses que
nous vous présentons, notre cher professeur, « **Ben Amor Safia** » votre
dame de crédit, votre rôle que nous ne pouvons pas oublier, nous ne pouvons
pas remplir votre dette à vous avec toute le respect et l'appréciation*

ET à tous ceux qui m'ont aidé, petits ou grands, je vous remercie.

FATMA



Dédicace

Loué soit Dieu, avec l'aide du quel les bonnes actions sont accomplies, et prières soient sur son sain saint message mon dieu, la nuit ne disparaît pas jusqu'à ce que je le remercie le jour ne devient doux que lorsque je lui obéis, et nous ne le faisons pas adoucir les moments jusqu'à ce que je me souviens de vous. Louange à vous, merci et louange.

*Consacrez-moi le battement de mon cœur et la possession de ma vie mon paradis est la fontaine de tendresse et la lumière de mon chemin, ma chère mère " **Necira salima** ", et à mon soutien et la lumière de mes espoirs, et la source de mon rayonnement mon cher père " **Necira Massoud** " et aide-moi dans tous les petits et grand et à mon soutien dans ma vie et ma consolation mes frères et sœurs " **Ibrahim, Zakaria, Abd-El Karim, khaoula, sondoes, Nour El islam** "*

*Je remercie le professeur " **BEN AMOR Safia** " pour sa tolérance avec nous, Effort, précieux conseils et orientation, et bonne écoute à nous, que dieu vous bénisse.*

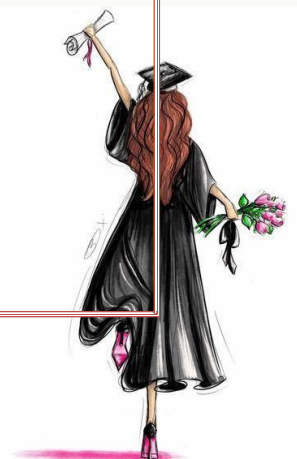
Et à ceux qui ont ouvert la voie à la connaissance et à la connaissance et n'ont pas hésité à m'apporter mon aide, mon honorable professeur "Que dieu leur accorde le succès et leur accorde le succès dans la diffusion de connaissance

A ceux qui ont eu le mérite après dieu de m'encourager et de me motiver et d'ôter le désespoir de mon cœur afin d'atteindre les buts souhaités et les aspirations légitimes.

A ceux que mon cœur ne peut supporter de les séparer, à mes chers amis

A tous ceux que mon cœur englobe mais que ma langue n'a pas mentionnés, et que mes expressions ne contenaient pas, je vous dédie ce travail.

ouiem



Dédicace

Du cœur et de l'âme, je recueille les plus douces et les plus belles expressions d'amour et de gratitude, et sélectionne les plus beaux mots, mots et phrases de la langue, même si je n'ai pas trouvé dans la langue des phrases qui remplissent leur droit

*Je dédie ma graduation à la lumière de celui qui a éclairé mon cœur et qui ne m'a pas pénétré avec son effort financier et moral pour éliminer toutes les luttes de la vie et que mon arme en elle est la connaissance et la connaissance de mon cher père "**EL HADI Guenani** "*

*Et à qui Dieu a choisi le ciel sous ses pieds, et elle m'a couvert d'amour et de tendresse, et m'a fait sentir mon bonheur et la sécurité de ma chère mère "**Fouzia**"*

Et aux chandelles de ma vie, mes frères et sœurs, ma ceinture dorsale, que Dieu vous garde pour moi

*Et à mes bras, mon soutien, mes yeux, mon premier sanctuaire, ou le meilleur "**Romdan**" et à ma famille, encore, à la généreuse famille de mon mari, et ceux qui ne sont chers, mes soutiens et soutiens à travers les bons et les mauvais moments, merci, puisses-tu toujours être avec moi.*

Je remercie les professeurs qui m'ont accompagné dans mon parcours académique

Je dédie mon diplôme à tous mes amis et petites amies bien-aimés. Tu es le sel de la vie, sans toi il n'y a ni goût ni goût

Et à tous ceux qui m'ont aidé et rendu heureux, je dédie ce travail

khaoula



Dédicace

En reconnaissance de la beauté, nous remercions Dieu Tout-Puissant et le remercions de nous avoir aidés à terminer ce travail.

*Je dédie cette graduation à celle qui m'a appris à donner et à celle dont je porte le nom avec fierté, et j'espère que Dieu prolongera votre vie afin que vous voyiez des fruits dans le temps est venu d'être récoltés après une longue attente mon cher père **"BEN AMAR ABD ELWAHD "***

*Et à mon ange dans la vie et au sourire de la vie et au sens de l'amour, if l'existence et à celui dont la supplication était le secret de ma réussite est mon bien-aimé le plus cher mon bien-aimé mère **MARIGA HAKIMA***

*Et à qui je suis plus âgé et dont je dépends, et à qui avec leur présence je gagne une force et un amour sans limites, et à ceux avec qui j'ai après les sons de la vie mes frères" **ELHADJ LABIDI, RIDA, AHMED, ARFAT, Saif Eddin***

A ma fiancée "Remha Bachir" je dédie cette recherche, en tant expression de mes remerciements à lui ; pour m'être tenu à mes côtés pour réaliser mon ambition scientifique

Et à la famille généreuse qui m'a soutenu et me soutient encore, des frères et sœurs aux compagnons de route qui ont partagé des moments avec moi, que Dieu les protège et leur accorde le succès.

*A tout Ceux qui m'ont enseigné une lettre, et à tous mes professeurs du collège des sciences naturelles, Département de la diversité environnement et à la famille, merci à ceux qui m'ont comblé d'amour d'appréciation, de conseils, et d'orientation et d'orientation, en particulier au **Dr MAHDA ISMAIL, Dr HACENE LAOUEDJ, Dr BEN AMOR Safia***

A tous ceux qui ont eu un impact sur ma vie et sur tous ceux qui aimaient mon cœur et les ont oubliés par mon stylo.

ICHRAK

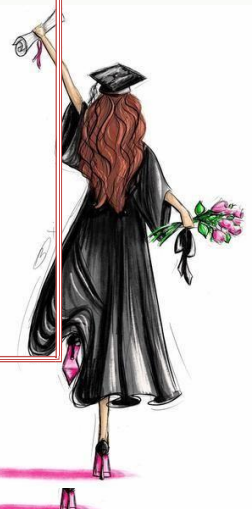


TABLE DES MATIERES

RESUME

ABSTRACT

ملخص

REMERCIEMENTS

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

PARTIE.1. Généralité sur l'abeille.....4

L'abeille mellifère « *Apis mellifera* ».....4

Les races d'abeille algériennes.....5

Apis mellifera intermissa5

Apis mellifera sahariensis.....5

Intérêt économique et écologique des abeilles.....6

La pollinisation des plantes et des cultures.....6

Les produits de la rucher.....6

Le miel6

Le pollen7

Gelée royale7

Propolis8

La cire8

Le venin9

PARTIE 2 : Les produits de la ruche 10

Le Miel..... 10

Définition du miel..... 10

Origine du miel..... 10

Du nectar 10

Le miellat 11

Les différents types du miel..... 11

Miel monofloral.....	11
Miel multifloral	11
Formation du miel	12
Composition du miel	13
Propriétés physico-chimiques de miels	14
Viscosité.....	14
L'acidité et pH.....	14
Teneur en eau	14
Conductivité électrique	15
Pouvoir rotatoire.....	15
Propriétés organoleptiques.....	15
La couleur	15
L'odeur et le gout	15
Propriétés nutritionnelles du miel.....	16
Propriétés biologiques.....	16
Activités antimicrobiennes du miel.....	16
Activité antioxydante du miel	16
Activité anti-inflammatoire du miel	17
Activité cicatrisante du miel	17
Pollen.....	18
Définition du pollen.....	18
Composition chimique du pollen	18
Propriétés biologiques.....	19
Activités antimicrobiennes de pollen	19
Activité antioxydante du pollen	19
Activité anti-inflammatoire du pollen	20
La propolis	20
Définition de la propolis	20
Composition chimique de la propolis	20
Propriétés biologiques.....	21
Activités antimicrobiennes de la propolis.....	21
2.2.3.2. Activité antioxydante de la propolis	21
Activité anti-inflammatoire de la propolis.....	22
Activité cicatrisante de la propolis	22

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

1. Rappel sur les objectifs de l'étude.....	24
2. Matériels utilisés	24
Matériel biologique.....	24
Les échantillons testés	24
Les souches bactériennes	25
2.3. Matériel non biologique	25
3. Méthodes.....	25
Partie 1. Les analyses physico-chimiques	25
La Teneur en eau	25
La conductivité électrique	25
Taux de cendre	26
Le pH	27
Détermination de la couleur	28
Teneur en Hydroxyméthylfulfural (HMF)	28
Partie 2 : Dosage des antioxydants.....	29
LE MIEL	29
Dosage des polyphénols totaux.....	29
Dosage des flavonoïdes.....	30
LE POLLEN.....	30
Extraction des polyphénols	30
Dosage des polyphénols totaux	30
Dosage des flavonoïdes.....	30
Propolis	31
Extraction des polyphénols	31
Dosage des polyphénols.....	31
Dosage des flavonoïdes.....	31
Partie 3 : Les activités biologiques.....	32
Activité antioxydante.....	32
Test de DPPH.....	32
Test de FRAP	33
β.carotène	33
Activité anti-inflammatoire in vitro.....	34
Activité antibactérienne	35

La préparation d'inoculum.....	36
L'évaluation du pouvoir antibactérien.....	36
4. Analyses statistiques.....	36

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats des analyses physico-chimiques des produits étudiés	37
Le miel.....	37
La Teneur en eau	37
Conductivité électrique	38
1.1.3. PH.....	39
Intensité de la couleur	40
Taux de cendre	41
Teneur en Hydroxyméthylfulfural (HMF)	41
Analyse de la corrélation entre les paramètres physicochimiques des miels	42
Le pollen et propolis	43
2. Résultats des antioxydants	44
Dosage des polyphénols	44
Teneur en flavonoïdes	46
Activité antioxydante.....	47
Test de DPPH.....	47
Test de FRAP	48
β. carotène	49
Analyse de la corrélation entre les paramètres antioxydants	50
Activité anti-inflammatoire.....	51
III.3. Activité antibactérienne	53
CONCLUSION GENERALE.....	56
ANNEXE.....	58
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	66

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Morphologie générale de l'abeille domestique	5
Figure I.2 : Origine du miel produit par <i>Apis mellifera</i>	12
Figure II.1 : Photo des produits testés.....	24
Figure II.2 : Photo de conductimètre	26
Figure II.3 : Photo des creusets dans un dessiccateur	27
Figure II.4: Photo de PH mètre.....	27
Figure II.5 : Dosage des polyphénols.....	29
Figure II.6 : Activité antioxydante par le test DPPH	32
Figure II.7 : Activité antioxydante par le test FRAP	33
Figure III.3 : Variation de pH et de l'acidité libre des miels.....	40
Figure III.4 : Taux de cendre des miels testés.....	41
Figure III.5 : Teneur en HMF des miels étudiés (mg/kg)	42
Figure III.6 : Teneur en polyphénols des produits testés	45
Figure III.7 : Teneur en flavonoïdes des produits testés	46
Figure III.8: Valeurs de IC50 des produits testés en comparant avec l'acide ascorbique	48
Figure III.9 : Valeurs de IC50 de test FRAP des produits testés.....	49
Figure III.10 : Valeurs de IC50 de test b. carotène des produits testés	50
Figure III.11 : EC50 da l'activité anti-inflammatoire des produits testés.....	52
Figure III.12 : Activité antibactérienne des produits testés contre des souches pathogènes	55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Principaux composants du miel.....	13
Tableau II.1 : Echelle (mm Pfund) établie par l'USDA, pour la détermination de la couleur	28
Tableau III.1 : Matrice des corrélations entre les paramètres physico-chimiques des échantillons du miel.....	43
Tableau III.2 : Résultats des paramètres physico-chimiques	44
Tableau III.3 : Matrice des corrélations entre les antioxydants et l'intensité de couleur des échantillons de miels étudiés	51

LISTE DES ABREVIATIONS

°C	Degré Celsius
DPPH	1,1- diphényl-2-picrylhydrazyle
IHC	International Honey Commission
MgCl₂	Chlorure de magnésium
mS /cm	Millisiemens /centimètre
mL	Millilitre
NI	Pollen indéterminé
pH	Potentiel Hydrogène
ppm	Partie par million
UE	Union Européenne
UFC	Unité Formant Colonie
UV	Ultra Violé
µg	Microgramme
HMF	Hydroxyméthylfurfural
ATCC	American Type Culture Collection
TCA	Acide trichloracétique

INTRODUCTION

Les insectes représentent plus de 50% des espèces actuellement connues. Ils sont essentiels à la plupart des écosystèmes terrestres mais également aquatiques. Parmi les insectes, l'un des plus grands groupes de pollinisateurs est représenté par la famille des Apidae. Cette famille est apparue au cours du Crétacé, il y a plus de 65 millions d'années et comprend quelques 20000 espèces (Michener, 2000). Les abeilles du genre *Apis* sont réparties dans le monde entier sous des climats très différents. L'aire de répartition du genre *Apis* s'étend jusqu'en Afrique sub-saharienne, le nord de l'Europe, et dont les écotypes se sont adaptés à leurs biotopes de façon remarquable (Le Conte and Navajas, 2008).

Les abeilles appartenant à la famille des Apidae subissent, comme l'ensemble de la biodiversité, un déclin de populations depuis les dernières décennies. Plusieurs facteurs ont été proposés pour expliquer ce déclin généralisé : la surexploitation, les changements climatiques, la pollution, les pesticides, l'introduction d'espèces invasives et certaines pratiques apicoles tel que la transhumance. L'abeille mellifère *Apis mellifera* comprend au moins 28 sous-espèces caractérisées selon des critères morphométriques et moléculaires (Sheppard and Meixner, 2003).

L'espèce *Apis mellifera* est l'un des plus importants pollinisateurs économiques des cultures dans le monde. Il est nécessaire de préserver sa biodiversité en pollinisant les grandes plantes qui ont besoin d'une pollinisation obligatoire pour être fécondées (Klein et al., 2007). En plus, son importance est due à sa capacité à récolter du pollen et de la propolis et aussi de produire de la gelée royale, de la cire et du miel (Crane, 1999; Ben Amor et al., 2022).

Le miel est un aliment naturel, le plus riche en sucre simple, directement assimilable. Il permet de couvrir les besoins énergétiques de l'organisme dans les conditions optimales. Il est ainsi associé dans la ration alimentaire des nourrissons, des jeunes enfants en pleine croissance, comme il est également recommandé pour les sportifs et les vieillards (Ouchemoukh et al., 2007).

Le miel, le pollen et la propolis contiennent plus de 180 substances, en l'occurrence, les acides aminés, les enzymes, les protéines, les vitamines, les minéraux, les cendres, les acides organiques et les composés phénoliques (Ferreira et al., 2009; Mayda et al., 2020; Vică et al., 2021) . Cette composition varie en fonction de la source florale utilisée par les abeilles, la période de la récolte et les conditions géo-climatiques des régions concernées (Bucekova et al., 2019).

Aujourd'hui, face à l'essor des médecines naturelles, les produits de l'abeille semblent revenir sur le devant de la scène en raison de l'image qu'il véhicule comme produit sain, diététique et curatif (Miguel et al., 2011).

Le champ d'application ces produits de la ruche y compris le miel ; le pollen et la propolis dans le domaine médical faites l'objet de plusieurs recherches. Récemment, leurs rôles dans le traitement des brûlures, des troubles gastro-intestinaux, des plaies infectées et chroniques, des ulcères de la peau et des affections oculaires a été mis en évidence (Anand et al., 2019).

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, antioxydante, anti-inflammatoire, antifongiques, gastro et hépato-protectrices (Anand et al., 2019).

L'apiculture est une pratique respectueuse de l'environnement, utile pour promouvoir l'économie locale dans les zones où l'eau est rare et pour faciliter les services de pollinisation dans des écosystèmes très appréciés (la phrase est floue est ce qu'on peut rajouter un complément pour clarifier). Comme dans de nombreuses régions du monde, en Algérie, les gens préfèrent l'apiculture locale et les consommateurs obtiennent leur produit directement auprès des apiculteurs, en leur faisant confiance pour la qualité et l'origine botanique du miel.

Les connaissances sur le secteur apicole de la région d'El Oued sont rudimentaires tant sur le plan écologique que sur le plan de l'exploitation et la valorisation du secteur lui-même (Rebiai et al., 2015). En ce qui concerne les régions présahariennes, où l'apiculture s'est implantée récemment, son succès est sans doute lié à la diversité et l'abondance des espèces végétales endémiques (Rebiai et al., 2015). Les informations disponibles sur la valeur apicole des plantes concordent avec les observations des apiculteurs de terrain.

Les caractéristiques des productions locales en miel des régions du sud d'Algérie sont néanmoins peu étudiées et la plupart des miels algériens sont mal étiquetés (Laallam et al., 2011).

Dans ce sens, nous nous sommes assignés différents objectifs dans cette étude. Le premier objectif a concerné à l'étude des paramètres physico-chimiques des produits testés pour évaluer leurs qualités nutritionnelles selon les normes proposés par le Codex Alimentarius.

En second lieu, une valorisation biologique de ces produits par différentes activités y compris ; l'activité antioxydante, l'activité anti-inflammatoire et l'activité antibactérienne contre des souches pathogènes a été menée.

Cette mémoire de fin d'étude est présentée sous forme de chapitres. Elle est composée d'une introduction générale suivie par trois chapitres et terminée par une conclusion générale.

Le premier chapitre est consacré à la revue bibliographique qui comporte deux parties afin d'avoir une vue générale sur le monde d'abeille mellifère ; leurs importances, caractéristiques et identifications, dans la deuxième partie une synthèse des travaux effectués sur les trois produits étudiés, leurs classifications, compositions et des propriétés physicochimiques, biologiques et palynologiques.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude expérimentale qui comporte les objectifs de notre projet de thèse, une présentation générale des sites d'étude et traite du matériel et des méthodes utilisés lors de cette étude, et le troisième présente les résultats et leur discussion en rapport avec des données bibliographiques en Algérie et à travers le monde.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

PARTIE.1. Généralité sur l'abeille

L'abeille mellifère « *Apis mellifera* »

L'abeille est un insecte social de la famille des Apidés vivant en colonies pouvant comprendre jusqu'à 50 000 individus. Celle-ci étant caractérisée par la division et la spécialisation du travail. Le rôle dans la pollinisation est d'une importance majeure pour l'agriculture : un tiers de la nourriture consommée dans le monde en 2005 dépendait de cette activité (Breeze et al., 2011). Elle contribuerait avec d'autres pollinisateurs, à plus de 80% des services de pollinisation de l'agriculture mondiale (Breeze et al., 2011; Carreck and Williams, 1998). La pollinisation des abeilles dans les cultures fruitières améliorerait le rendement en comparaison à la pollinisation par le vent, bien moins efficace (Klatt et al., 2014).

Deux espèces d'abeilles sont exploitées par l'homme pour la production de miel, dans des ruches modernes à cadres mobiles : l'abeille domestique *Apis mellifera*, et l'abeille orientale *Apis cerana*. Toutefois, l'abeille la plus intéressante d'un point de vue du rendement en miel est *Apis mellifera*. Absente naturellement du continent américain, de l'Est asiatique et en Océanie, elle y a été massivement importée et elle est maintenant présente sur quasiment toute la planète. Son aire d'expansion naturelle s'arrête à l'Europe du Nord (jusqu'à la Scandinavie incluse) (Winston, 1993).

L'abeille *Apis mellifera* (figure 01) est une espèce pollinisatrice distribuée mondialement ayant un rôle clé dans les écosystèmes terrestres. L'Homme porte également un intérêt tout particulier à l'abeille mellifère pour sa capacité à produire du miel, de la gelée royale, de la cire mais aussi de pouvoir récolter du pollen et de la propolis (Crane, 1999). Cette espèce aussi connue sous le nom d'abeille « domestique » est exploitée par l'Homme en apiculture depuis environ 7000 ans (Crane, 1990).

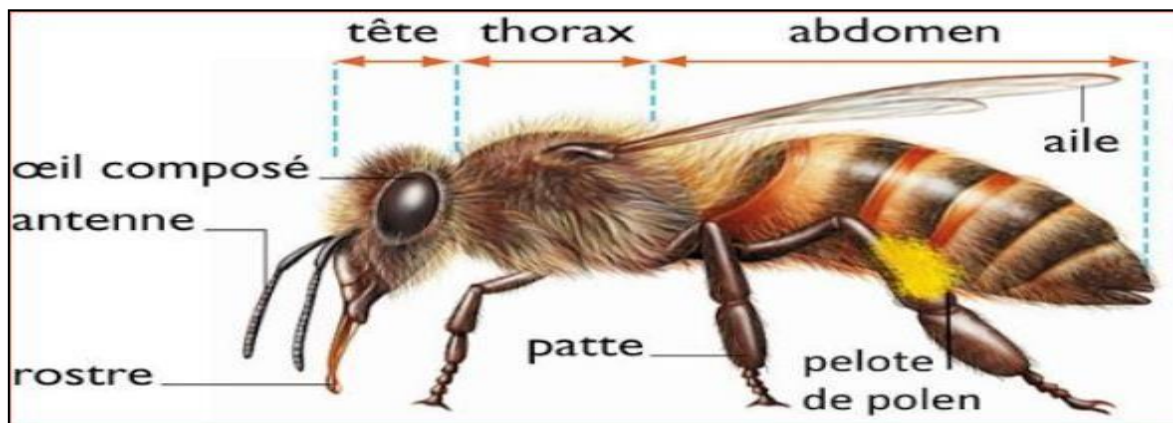


Figure I.1 : Morphologie générale de l'abeille domestique (Lequet, 2010)

Les races d'abeille algériennes

Apis mellifera intermissa

Dite aussi abeille tellienne, c'est une race d'abeilles mellifères assez grosses. Elle est très agressive, très nerveuse, mais aussi très féconde et très bonne récolteuse de pollen et de propolis (Winston, 1991). Les populations de cette race sont situées entre l'Atlas et la Méditerranée au nord, la côte atlantique à l'ouest. Elle est en position intermédiaire entre les abeilles tropicales africaines et les races européennes. Son exosquelette est d'un noir brillant et sa taille plus petite qu'*Apis mellifera mellifera* et *Apis mellifera carnica*. Généralement, plus de 100 cellules royales sont construites durant la période d'essaimage et plusieurs reines vierges peuvent coexister jusqu'à la fécondation de l'une d'elles, observation qui est faite dans d'autres races méditerranéennes (Ruttner, 1976).

L'origine de l'abeille tellienne *Apis mellifera intermissa* (Buttel-Reepen and Gerstaecker, 1906) est la Libye, la Tunisie, l'Algérie et le Maroc, mais elle est plus répandue en Algérie.

Apis mellifera sahariensis

La sous-espèce *A. mellifera sahariensis* ou abeille jaune, que l'on retrouve dans le Sud -ouest du pays (Bechar et Ain Sefra). Sa mise au rang de race a été contestée par Ruttner (1968) qui la considérait à l'époque comme une forme de transition entre *Apis mellifica intermissa* et *Apis mellifica adonsonii*.

Toutefois, selon Ruttner et ses collaborateurs (1978), *Apis mellifica sahariensis* est considérée comme une race à part entière. Dans l'absolu elle n'est plus représentée que dans quelques poches isolées géographiquement. Elle est pourtant plus rustique, et se caractérise par une résistance accrue aux fortes amplitudes de températures qui sévissent dans ses aires de répartition (Chefrour, 2007).

Intérêt économique et écologique des abeilles

La pollinisation des plantes et des cultures

Les abeilles et de manière plus générale les insectes pollinisateurs ont un rôle écologique de premier plan en réalisant la reproduction des plantes entomophiles et en favorisant le maintien de leur diversité (Ashman et al., 2004).

L'abeille joue un rôle économique important car 35% de la production agricole dépend des pollinisateurs et la pollinisation des plantes par l'abeille augmente les rendements agricoles (Klein et al., 2007) (Ricketts and Regetz, 2008). La pollinisation est à l'origine d'un chiffre d'affaires d'environ deux milliards d'euros, soit un montant dix fois supérieur à celui de la production apicole d'après les premières études de l'Institut Technique et Scientifique de l'Apiculture et de la Pollinisation (ITSAP). L'effet sur l'alimentation humaine serait ainsi considérable car 74% de la production globale de lipides est produite à partir de plantes pollinisées et 98% des vitamines solubles sont obtenues à partir de fruits et de plantes pollinisées (Eilers et al., 2011).

Les produits de la ruche

La production de la ruche ne se résume pas à la seule production de miel. Elle offre d'autres produits très intéressants comme la cire, le pollen, la propolis, la gelée royale et même le venin des ouvrières.

Le miel

Le miel est la substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes, ou des sécrétions provenant de parties vivantes des plantes, ou des excréments laissés sur celles-ci par des insectes suceurs, qu'elles butinent, transforment, en les combinant avec des matières spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. (Codex Alimentarius, 2001). Le mot « miel » ne peut être utilisé pour désigner des produits obtenus en nourrissant les abeilles avec du sucre industriel, pas plus qu'on ne peut en

faire usage pour désigner des produits sucrés provenant d'insectes autres que l'abeille mellifique (Marchenay, 1988).

Le miel est un produit 100% naturel ; l'homme n'intervient absolument pas dans sa fabrication. Le travail de l'apiculteur consiste à fournir aux abeilles des conditions favorables, puis à récolter le miel, à s'assurer qu'il soit de bonne qualité et qu'il se conserve correctement (Lequet, 2010).

Le pollen

IL est la seule source naturelle en matière azotée de la ruche. C'est le gamète mâle des plantes à fleurs, il va servir à féconder les ovules situés dans les ovaires de la plante. Un grain de pollen contrairement aux cellules, possède deux noyaux : un noyau végétatif et un noyau reproducteur. Le pollen se présente sous forme de graines microscopiques enfermées dans les anthères des étamines (Chefrour et al., 2009). Ils sont transportés sur d'autres fleurs, soit par le vent (pollen légers), soit par les insectes (pollen lourd).

Le pollen est récolté par les abeilles durant presque toute l'année (Prost and Le Conte, 2005). Les abeilles perdent une partie de leur récolte (10% environ) qui tombe dans un terroir où l'apiculteur la recueille. Dans la ruche, le pollen est stocké dans les alvéoles, comme le miel il ne subit pas des transformations même s'il est souvent mélangé au miel dans les mêmes alvéoles pour former ce que l'on appelle (pain d'abeille) (Goût and Jardel, 1998).

Gelée royale

La gelée royale a un aspect gélatineux, de couleur blanchâtre, fortement acide, sécrétée par les jeunes abeilles nourricières. Dans la ruche, ces abeilles produisent et distribuent la gelée royale toute leur vie, de l'éclosion jusqu'au stade nymphale (Jean-Prost, 1987). La gelée royale est une substance élaborée par des glandes spéciales qui l'ont trouvée par paires à droite et à gauche de la tête (Daniele and Casabianca, 2012).

Peu de recherches scientifiques ont mis en évidence les bienfaits de la gelée royale sur la santé humaine. Quoiqu'il en soit, quelques expérimentations in vitro et in vivo ont permis de constater que la gelée royale présentant des effets physiologiques et pharmacologiques chez les mammifères, y compris les activités vasodilatatrices, hypotensives, activité antihypercholestérolémique et des fonctions anti-inflammatoires (Fujii, 1995; Mateescu, 1999). En plus, d'après une étude clinique japonaise, compte tenu de l'action de la gelée royale sur la

production d'estrogène (Suzuki et al., 2008) chez les femmes ménopausées ce qui signifie qu'elle améliore les symptômes de la ménopause (Kushima, 1973; Narita et al., 2006).

Propolis

Le terme propolis vient de grec ; pro polis qui signifie « devant la ville » (Ravazzi et al., 2003).

La propolis est une substance résineuse collectée par les abeilles mellifères à partir des bourgeons et des exsudats des arbres et des plantes. Cette substance est ensuite mélangée avec du pollen et des enzymes secrétées par les abeilles (Lu et al., 2005).

La couleur de la propolis est variable selon la source florale et l'âge de la colonie. Elle peut être de couleur verte, rouge ou brune sombre (Marcucci, 1995; Sforcin, 2007).

Dans la ruche, elle a un rôle multifonctionnel en tant que matériau pour la construction, l'entretien, et la défense (Burdock, 1998). La propolis a un large spectre de propriétés biologiques et pharmacologiques qui ont été intensément étudiés dans des expériences cellulaires et sur les animaux et il peut donc être considéré comme un médicament de la ruche (Münstedt and Bogdanov, 2009). La Propolis a une puissante activité antibiotique. Elle est à la fois bactériostatique, bactéricide, fongicide et antivirale (Cedikova et al., 2014) par la présence en flavonoïdes et molécules aromatiques.

On utilise la propolis comme cicatrisant et anesthésiant local, pour soigner les rhumes et les maux de gorge, en stomatologie (aphtes en application locale, prévient caries et gingivites...).

Récemment, les chercheurs sont intéressés à étudier la propolis et le cancer (Chan et al., 2013). La propolis et ses composantes, à savoir, l'acide caféique, l'acide caféique phénéthyle ester (CAPE), l'acide 3,5-diprényle-4-hydroxycinnamique (artepillin C), et d'autres, sont fréquemment mentionnés dans la littérature comme substances antitumorale et agents immunomodulateurs (Watanabe et al., 2011; Chan et al., 2013).

La cire

La cire est la substance grasse secrétée par les glandes cirières des jeunes ouvrières. Elle se compose d'esters 71%, acides libres 40%, sures 12%, eau 3%, divers autre éléments (Kameda and Tamada, 2009).

Elle résiste parfaitement à l'hydrolyse et à l'oxydation naturelle et elle est totalement insoluble dans l'eau. Les acides et les sucs digestifs des animaux ne peuvent la détruire (Muller and Hepburn, 1994).

La Cire est très employée en cosmétologie, elle nettoie l'épiderme, nourrit et adoucit le derme. Elle a des vertus cicatrisante et anti-inflammatoire, utilisées dans le traitement de brûlures, crevasses, plaies et vergetures et favorise le transit intestinal. Elle est aussi employée dans les affections rhumatismales comme emplâtre et en dentisterie pour les empreintes et moulages des dents. Elle est très utile dans la formulation des suppositoires et donne un aspect lisse et brillant à certains comprimés (Fournier, 2009).

Le venin

C'est un produit mineur de la ruche. En effet, il faut environ 10 000 abeilles pour récolter 1 gramme de venin (Bradbear, 2010). Il est produit au niveau de la glande acide de l'appareil vulnérant. La glande alcaline ou glande de Dufour jouerait un rôle dans la production de venin (Jean-Prost et al., 2005). Pour rappel, les faux-bourçons ne sont pas munis de dard.

Le venin d'abeille est majoritairement constitué d'eau (85% environ). Il contient de nombreux autres composés dont certains sont volatils (phéromone d'alarme). Une piqûre d'abeille entraîne en général une atteinte locale : douleur, démangeaison, œdème local, et peut être à l'origine d'une toxicité générale, quelques heures à quelques mois après la piqûre. C'est donc une substance potentiellement dangereuse, notamment en cas de réaction allergique. Il est utilisé dans le traitement des rhumatismes, des arthrites et pour la désensibilisation des allergiques aux piqûres d'abeilles, il possède aussi une action antitumorale, antimicrobienne (Perumal Samy et al., 2006).

PARTIE 2 : Les produits de la ruche

Le Miel

Définition du miel

Le miel est une substance sucrée et visqueuse produite par les abeilles à partir du nectar des fleurs. Les abeilles récoltent le nectar des fleurs à l'aide de leur langue et le stockent dans leur estomac. Une fois dans l'estomac, les enzymes des abeilles transforment le nectar en miel. Les abeilles stockent ensuite le miel dans des rayons de cire pour nourrir la colonie tout au long de l'année. Le miel est composé principalement de glucose et de fructose, ainsi que de petites quantités d'autres sucres, de vitamines, de minéraux et d'antioxydants. Le miel a une texture épaisse et une saveur sucrée distinctive qui varie selon les types de fleurs à partir desquelles le nectar a été récolté. Le miel est souvent utilisé comme édulcorant naturel dans les aliments et les boissons, ainsi qu'à des fins médicinales (Codex Alimentarius, 2001).

Origine du miel

Le miel provient des plantes par l'intermédiaire des abeilles à partir du nectar recueilli dans la fleur ou de la sécrétion des parties vivantes des plantes ou des excréments d'insectes suceurs de plantes sur les parties vivantes des plantes (Buba, 2013).

Du nectar

Le miel est une substance sucrée produite par les abeilles à partir du nectar des fleurs. Les abeilles collectent le nectar avec leur langue et le stockent dans leur jabot, où il est mélangé avec des enzymes spéciales. Ensuite, les abeilles régurgitent le nectar dans les cellules de la ruche, où il est stocké jusqu'à ce que l'eau s'évapore et que le nectar se transforme en miel.

Le miel est utilisé comme édulcorant naturel dans les aliments et les boissons, ainsi que dans certains remèdes maison pour traiter les maux de gorge et les allergies saisonnières. Le miel est également utilisé dans les cosmétiques pour ses propriétés hydratantes et apaisantes pour la peau.

Il existe différents types de miel, en fonction de la plante dont le nectar a été collecté par les abeilles. Chaque type de miel a sa propre saveur et ses propriétés nutritionnelles spécifiques.

Le miellat

Le miel de miellat est un type de miel produit par les abeilles à partir du miellat. Le miellat est une substance sucrée produite par les insectes suceurs de sève, tels que les pucerons, lorsqu'ils se nourrissent de la sève des arbres ou des plantes. Les abeilles récoltent le miellat des feuilles et des branches des arbres et le transforment en miel dans leur ruche (Council, 2002).

Le miellat est une solution avec différentes concentrations en sucre (5-60%), contenant principalement du saccharose, outre les sucres supérieurs (oligosaccharides). Il existe également de plus petites quantités d'acides aminés, des protéines, des minéraux, des acides et des vitamines (Bentabol Manzanares et al., 2011). En outre, Le miel de miellat a une couleur plus foncée et une saveur plus forte que les autres types de miel, avec des notes de caramel, de malt et de réglisse. Il est également riche en antioxydants et en minéraux tels que le fer, le zinc et le magnésium. Le miel de miellat est considéré comme un produit de qualité supérieure en raison de sa rareté et de son goût unique. (Terrab et al., 2002) (Ouchemoukh et al., 2007). Pita-Calvo and Vázquez, 2018).

Les différents types du miel

La majorité des miels viennent d'une flore bien diversifiée. Ainsi, il est fréquent que l'ensemble des abeilles d'une même ruche visitent plusieurs espèces végétales différentes fleurissant dans leur secteur de butinage. Il résulte que les miels peuvent être définis, associés à des facteurs physico-chimiques ou organoleptiques

Miel monofloral

Le miel monofloral est souvent recherché pour ses propriétés gustatives et thérapeutiques uniques. En raison de sa production limitée, il peut être plus coûteux que les miels polyfloraux, qui sont produits à partir du nectar de plusieurs espèces de plantes.

Il est important de noter que, bien que le miel monofloral soit produit à partir d'une seule variété de fleurs, il peut y avoir des variations dans le goût et la texture du miel en fonction des conditions environnementales et des pratiques apicoles utilisées pour produire le miel.

Miel multifloral

Ces miels sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant de plusieurs espèces végétales. Pour valoriser leur spécificité et permettre au consommateur de reconnaître leur

caractère dominant, les apiculteurs indiquent leur origine géographique. Celle-ci indique soit l'aire de production) région, département, massif (Rossant, 2011).

Formation du miel

Une butineuse effectue entre 20 et 50 voyages par jour, chacun demandant environ 15 minutes. Le rayon d'action moyen se situe entre 500 mètres et 2 kilomètres, d'où l'importance, en plus des conditions climatiques et de la nature du sol. Elle prélève le nectar, sécrète par des glandes dites nectarifères, ou le miellat (Bhuiyan et al., 2002).

Que ce soit du nectar ou du miellat, les abeilles y ajoutent par un passage de jabot à jabot de la salive qui le rend fluide et surtout qui enrichit en enzymes et catalyseurs biochimiques à l'origine de la transformation des sucres dans le miel (Ouchemoukh, 2012).

En effet, une enzyme, l'invertase, est sécrétée dans le jabot de l'abeille s'ajoute au nectar, ce qui permet d'hydrolyser le saccharose en glucose et en fructose.

Une fois arrivée à la ruche, la butineuse transmet le nectar ingéré aux ouvrières, qui le régurgitent encore puis le passent à d'autres abeilles et ainsi de suite (phénomène de trophallaxie). La teneur en eau du liquide sucré s'abaisse progressivement jusqu'à atteindre environ 18 % et s'enrichit en même temps en sucres gastriques et en substances salivaires. Il est ensuite déposé dans des alvéoles qui seront operculées par une couche de cire afin d'assurer sa conservation (Hoyet, 2005; Alvarez, 2011) (Figure I.2).

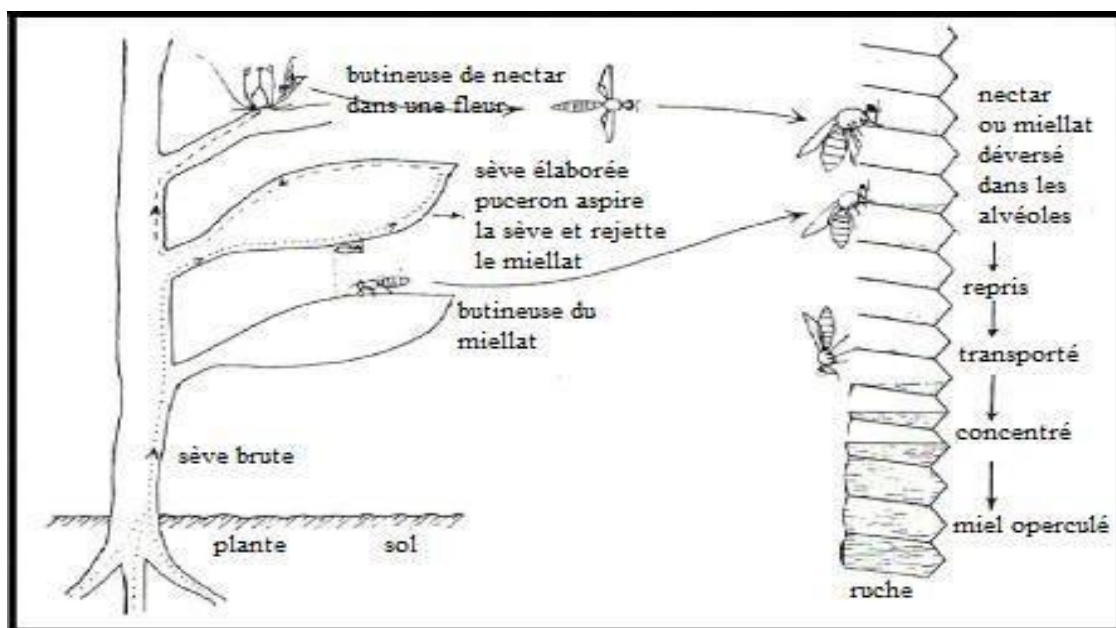


Figure I.2 : Origine du miel produit par *Apis mellifera* (Jean-Prost et al., 2005)

Composition du miel

Tableau I.1 : Principaux composants du miel (Terrab et al., 2002).

Composition	Pourcentage totale	Type de composés	Principaux composant
EAUX	15 à 20% (moyenne 17%)		
Glucides	75 à 80%	Monosaccharides	Glucose (33%) Fructose (39%)
		Disaccharides	Maltose (0,9%), Is maltose, Saccharose (2,3%)
		Polysaccharides	Erllose, Raffinose, mélézitose...
Substances diverses	1 à 5%	Acide organique (0,1 à 0,5)	Acide gluconique, succinique, citrique, formique...
		Protéines et acides aminés (0,2 à 2%)	Matières albuminoïdes ; matières Azotées Proline, tyrosine; leucine, aspartate, glutamate...
		Vitamines	B, C, A, D, K
		Enzymes provenant des glandes Hyopharyngiennes Enzymes provennt du nectar Minéraux	Amylases α et β , Invertase, glucose oxydase Catalase, phosphatase K, Ca, Na, Mg, Mn ,Fe, Cu, CO, P...
Pigments		Flavonoïdes	Catéchine ; quercétine
Lipides	trace	Acides gras	Acide palmitique, butyrique, caprique, caproïque, valérique

Propriétés physico-chimiques de miels

Viscosité

Elle varie en fonction de la température, de la teneur en eau et de la composition chimique du miel. Par ailleurs, les sucres contenus dans le miel peuvent cristalliser en partie sous l'influence de certains facteurs (température, agitation, composition chimique), entraînant alors une modification complète de son aspect, mais sans modifier sa composition (Hoyet, 2005).

La viscosité est l'une des caractéristiques physiques la plus significatives car elle affecte la qualité du produit. La majorité des miels ont une viscosité normale, ils suivent les lois de Newton sur l'écoulement des fluides (Louveaux et al., 1978).

L'acidité et pH

L'acidité est un critère de qualité, le pH de miel va de 3,2 à 5,5. Il est généralement inférieur à 4 dans les miels de nectar et supérieur à 5 dans les miels du miellat (Bogdanov et al., 2004)

L'acidité du miel est due à la présence des acides organiques ainsi que d'ions inorganiques (Terrab et al., 2002). Cette acidité contribue à la saveur du miel et aux activités antibactériennes et antioxydantes. Sa variation peut être due aux types floraux des plantes (Echigo and Takenaka, 1974).

L'acide principal est l'acide gluconique, on trouve aussi les acides suivants : acide formique, tartrique, malique, citrique, succinique, butyrique, lactique et oxalique de même que différents acides aromatiques. La quantité limite admise pour les acides s'élève à 40 milliéquivalents/kg de miel (Bogdanov et al., 1995).

Teneur en eau

Celle-ci se situe dans la plupart des cas entre 15-20g/100g de miel. Les miels de bruyère en particulier sont très riches en eau et peuvent en contenir jusqu'à 23 g/100g de miel. Pour des raisons de conservation, la teneur en eau ne devrait pas dépasser 19g/100g de miel, étant donné que dans le cas contraire il existe un risque de fermentation à la surface. Les teneurs en eau élevées sont à mettre au compte d'une récolte trop précoce et d'un climat humide. Il existe un lien entre la teneur en eau et la teneur en levures (Stephen, 1946).

Selon cet auteur, la teneur en levures augmente de 5 fois dans le cas d'un accroissement de la teneur en eau de 1g/100g. En dessous de la teneur en eau de 17g/100g, le nombre de levures est si faible qu'il n'existe qu'un très faible danger de fermentation (Bogdanov et al., 1995).

Conductivité électrique

La conductivité électrique est considérée comme l'un des meilleurs paramètres utilisés pour la différenciation entre les miels floraux et ceux du miellat. La conductivité électrique du miel est étroitement liée à la concentration des sels minéraux, en acides organiques et en protéines (Bogdanov et al., 2004) (Terrab and Heredia, 2004) (Ouchemoukh et al., 2007).

Pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire est la caractéristique optique que possèdent les sucres de dévier le plan de la lumière polarisée. La mesure de ce pouvoir permet de distinguer entre les miels de nectar et ceux du miellat. Ces derniers généralement ont des valeurs positives «dextrogyres» tandis que les miels de nectar ont des valeurs négatives «lévogyres»

Propriétés organoleptiques

La couleur

La couleur du miel se diffère d'un échantillon à l'autre en fonction de ses origines florales, géographiques et de ses compositions, elle va du jaune très pâle (presque blanc) au brun très foncé en passant par toutes les gammes de jaunes, d'oranges, de marrons et même parfois de verts. Si le nectar ou le miellat n'ont pas de pigments, les miels liquides seront incolores et les miels cristallisés seront blancs (exemple du miel de colza) (Lazaridou et al., 2004).

L'odeur et le goût

L'odeur du miel varie considérablement mais s'évaporent très rapidement. Elles sont végétales, florales ou fruitées, puissantes ou non, fines, lourdes, vulgaires (Blanc, 2010).

L'arôme et le goût du miel dépendent des plantes où les abeilles ont récolté le nectar. Les tournesols, par exemple, donne un miel jaune d'or ; le trèfle donne un miel sucré et blanc. Le miel foncé a généralement un goût plus prononcé et sa teneur en sels minéraux est élevée ; le miel clair a une saveur plus délicate (Bradbear, 2005).

Propriétés nutritionnelles du miel

La consommation de miel est un très bon complément à la ration alimentaire habituelle. Elle assure un meilleur équilibre en éléments vitaux indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Il permet de couvrir les besoins énergétiques de l'organisme dans les conditions optimales, nous pouvons donc l'associer dans la ration alimentaire des nourrissons, des jeunes enfants en plein croissance. Il est également recommandé pour les sportifs et les vieillards (Rossant, 2011).

Propriétés biologiques

Activités antimicrobiennes du miel

Le miel possède des activités antibactérienne et antifongique. En raison de sa forte osmolarité, Il empêche le développement des bactéries et régénère le tissu cutané afin d'avoir une bonne cicatrisation (B Benhanifia et al., 2011). L'effet antimicrobien du miel est dû à différentes substances et dépend de son origine botanique, l'emplacement géographique de la source florale, l'âge et la santé de la colonie [200-201]. Les propriétés antibiotiques du miel le protègent contre toutes contaminations microbiennes. Ces propriétés sont attribuées à son acidité, à sa pression osmotique élevée et à la faible activité de l'eau. Cependant, le facteur antibactérien du miel le plus important reste le peroxyde d'hydrogène, produit par la glucose-oxydase [202,204]. L'activité antibactérienne du miel de nectar est plus influencée par la chaleur, de la lumière et le stockage que le miel de miellat (Bogdanov, 1997).

Activité antioxydante du miel

Les antioxydants sont des substances endogènes ou exogènes qui neutralisent ou réduisent les dommages causés par les radicaux libres qui sont responsables de nombreuses maladies telles que le cancer, la cataracte, le diabète, les maladies cardiovasculaires et les différents processus inflammatoires dans l'organisme. Le corps produit des antioxydants, et on les trouve également dans de nombreux aliments. Les antioxydants aident à garantir que nos aliments conservent longtemps, leur couleur, leur goût et leurs propriétés comestibles (Meda et al., 2005).

Le miel est riche en antioxydants surtout, les acides phénoliques, les flavonoïdes, l'acide ascorbique, les enzymes (la catalase et la peroxydase), les peptides, les caroténoïdes, les acides organiques et les produits de la réaction du Maillard (Bertoncelj et al., 2007). Les composés

phénoliques du miel contribuent de manière significative à son pouvoir antioxydant. Les variations du pouvoir antioxydant dans le miel pourraient être dues en partie à la nature qualitative et quantitative des polyphénols qui y sont présents (Paramás et al., 2006). Cette activité est variable d'un miel à un autre selon la source botanique et la présence de différents composés antioxydants (Beretta et al., 2005).

Activité anti-inflammatoire du miel

Le miel contient des composés tels que des antioxydants, des acides phénoliques et des flavonoïdes, qui ont été associés à une réduction de l'inflammation. Ces composés peuvent agir en inhibant la production de cytokines pro-inflammatoires et en réduisant l'activité des enzymes qui dégradent le collagène et l'élastine dans les tissus. De plus, le miel a des propriétés hydratantes et apaisantes qui peuvent aider à réduire l'inflammation de la peau. Il peut être appliqué directement sur la peau en tant que traitement topique pour les brûlures, les coupures, les éruptions cutanées et les piqûres d'insectes (Subrahmanyam, 1998).

Certaines études ont également suggéré que le miel peut aider à réduire l'inflammation dans le corps lorsqu'il est consommé par voie orale. Cependant, davantage de recherches sont nécessaires pour confirmer ces effets et déterminer les quantités optimales de miel à consommer pour bénéficier de ses propriétés anti-inflammatoires (B Benhanifia et al., 2011).

Activité cicatrisante du miel

Le miel est un produit naturel qui possède des propriétés antibactériennes, antifongiques et anti-inflammatoires. Ces propriétés en font un traitement efficace pour favoriser la cicatrisation des plaies et des brûlures.

Le miel est riche en sucres, en enzymes et en acides aminés, qui nourrissent les cellules de la peau et favorisent leur régénération. Il contient également des composés phénoliques, tels que les flavonoïdes et les acides phénoliques, qui possèdent des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. En appliquant du miel sur une plaie ou une brûlure, il crée un environnement humide qui favorise la cicatrisation. Le miel peut également réduire l'inflammation et la douleur associées à une blessure (M. Afonso et al., 2020).

Plusieurs études ont montré que le miel peut être efficace pour traiter une variété de plaies, y compris les ulcères de pression, les plaies chroniques et les plaies post-opératoires. Cependant, il est important de noter que toutes les variétés de miel ne sont pas égales en termes de propriétés

cicatrisantes. Le miel de Manuka, en particulier, est connu pour être particulièrement efficace en raison de sa teneur élevée en méthylglyoxal (MGO), un composé antiseptique (Oryan et al., 2016).

Pollen

Définition du pollen

Le pollen est une fine poudre produite par les organes reproducteurs mâles des fleurs, appelés étamines. Il contient les cellules reproductrices mâles des plantes et est utilisé pour la pollinisation, le processus de transfert du pollen des étamines vers le pistil des fleurs pour féconder les ovules et produire des graines. Le pollen est transporté par divers vecteurs, notamment les insectes, le vent, les oiseaux et les animaux, et est essentiel à la reproduction des plantes à fleurs. Le pollen est également une source de nourriture pour de nombreux animaux, notamment les abeilles, les papillons et les oiseaux (Feás et al., 2012).

Composition chimique du pollen

Le pollen est une substance naturelle produite par les plantes à fleurs et est constitué d'un mélange complexe de molécules organiques et inorganiques, telles que des protéines, des lipides, des glucides, des vitamines, des minéraux, des pigments et des antioxydants. La composition chimique précise du pollen peut varier considérablement en fonction de l'espèce de plante, de la région géographique, des conditions météorologiques et des pratiques agricoles.

En général, le pollen contient des protéines de haute qualité, dont certaines sont des enzymes, des acides aminés essentiels, des acides gras insaturés, des glucides sous forme de fructose et de glucose, des vitamines B, des minéraux tels que le calcium, le potassium, le magnésium, le fer et le zinc, des pigments tels que la chlorophylle, la xanthophylle et le caroténoïde, ainsi que des antioxydants tels que les flavonoïdes et les phénols (Bogdanov, 2011).

En raison de sa riche composition en nutriments, le pollen est souvent considéré comme un superaliment et est utilisé à des fins thérapeutiques dans diverses cultures traditionnelles depuis des siècles. Cependant, il peut également provoquer des réactions allergiques chez certaines personnes sensibles au pollen, il est donc important de prendre des précautions appropriées si vous souhaitez consommer du pollen (Komosinska-Vassev et al., 2015).

Propriétés biologiques

Activités antimicrobiennes de pollen

Le pollen est connu pour avoir des propriétés antimicrobiennes. Il contient une variété de composés bioactifs tels que des flavonoïdes, des acides phénoliques, des acides gras et des protéines qui peuvent aider à lutter contre les infections bactériennes et fongiques.

Plusieurs études ont été menées pour évaluer l'activité antimicrobienne du pollen dont ils ont montré que le pollen de châtaignier avait une forte activité antimicrobienne contre les bactéries gram-positives telles que *Staphylococcus aureus* et *Streptococcus pyogenes* (Bridi et al., 2019).

D'autre part, le pollen de palmier dattier avait une activité antimicrobienne contre les bactéries gram-positives et gram-négatives, ainsi que contre les champignons *Candida albicans* et *Aspergillus niger* (Kacániová et al., 2012).

Cependant, il est important de noter que la qualité et la quantité des composés bioactifs présents dans le pollen peuvent varier en fonction de la source et de la saison de récolte. De plus, la sensibilité des micro-organismes aux propriétés antimicrobiennes du pollen peut également varier (Gercek et al., 2022).

Activité antioxydante du pollen

Le pollen est une source riche d'antioxydants, notamment des composés phénoliques tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques et les anthocyanes. Ces antioxydants protègent les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres, qui sont des molécules instables produites lors de processus métaboliques normaux dans le corps et qui peuvent endommager les cellules (Saral et al., 2019).

Plusieurs études ont démontré que le pollen d'abeille avait une forte activité antioxydante ainsi qu'une capacité à protéger les lipides contre l'oxydation grâce à sa teneur élevée en flavonoïdes.

Cependant, il est important de noter que l'activité antioxydante du pollen peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que l'espèce végétale dont il provient, le moment de la récolte, le traitement post-récolte, etc. Par conséquent, les résultats des différentes études peuvent varier en fonction de ces facteurs (Aylanc et al., 2021).

Activité anti-inflammatoire du pollen

Le pollen pourrait avoir des propriétés anti-inflammatoires, il est important de noter que les résultats ne sont pas concluants et que davantage de recherches sont nécessaires pour confirmer ces effets.

Certaines études ont montré que certains types de pollen, tels que le pollen de ciste et le pollen de châtaignier, peuvent réduire l'inflammation dans des conditions telles que l'arthrite (Rzepecka-Stojko et al., 2015). Cependant, d'autres études n'ont pas réussi à trouver des effets anti-inflammatoires significatifs du pollen. Il convient également de noter que le pollen peut provoquer des réactions allergiques chez certaines personnes. Si vous avez des allergies ou des sensibilités alimentaires, il est important de consulter un professionnel de la santé avant de consommer du pollen ou tout autre complément alimentaire (Pascoal et al., 2014).

La propolis

Définition de la propolis

La propolis est une substance résineuse que les abeilles collectent à partir de diverses sources botaniques, telles que les bourgeons, l'écorce et les feuilles de certains arbres. Les abeilles utilisent la propolis pour sceller les fissures dans leur ruche, pour protéger la colonie contre les infections et les prédateurs, et pour momifier les cadavres d'insectes étrangers à la ruche (Przybyłek and Karpiński, 2019).

La propolis est utilisée depuis des siècles dans les médecines traditionnelles pour traiter une variété d'affections, telles que les infections, les blessures et les problèmes de peau. Elle est également utilisée dans des produits de soins personnels, des compléments alimentaires et des produits de santé naturels (Ghisalberti, 1979).

Composition chimique de la propolis

La propolis est une substance produite par les abeilles à partir de la résine des arbres et des plantes. Sa composition chimique peut varier en fonction de la source de la résine et de la région géographique où les abeilles ont collecté la résine. Cependant, en général, la propolis est composée de : Résines : 50 %, Cires : 30 %, Huiles essentielles : 10 %, Pollen : 5 %, Matières organiques diverses : 5 % (Ristivojević et al., 2015)

La propolis contient également une variété de composés bioactifs, tels que des flavonoïdes, des acides phénoliques, des terpènes et des alcools. Ces composés sont responsables de la plupart des propriétés bénéfiques de la propolis, telles que ses effets antioxydants, anti-inflammatoires et antibactériens (Sahinler and Kaftanoglu, 2005).

Propriétés biologiques

Activités antimicrobiennes de la propolis

La propolis est une substance résineuse recueillie par les abeilles à partir de différentes sources végétales. Elle est utilisée par les abeilles pour protéger leur ruche contre les infections bactériennes, fongiques et virales. Les propriétés antimicrobiennes de la propolis ont été étudiées depuis de nombreuses années, et de nombreuses études ont montré son efficacité contre diverses souches bactériennes et fongiques.

La propolis contient de nombreux composés actifs, tels que des flavonoïdes, des acides phénoliques et des esters aromatiques, qui sont responsables de son activité antimicrobienne. Ces composés ont été montrés pour inhiber la croissance de bactéries pathogènes telles que *Staphylococcus aureus* (Bouchelaghem, 2022), *Escherichia coli* (Rzepecka-Stojko et al., 2015), et *Salmonella typhi* (Orsi et al., 2006), ainsi que certains champignons tels que *Candida albicans* (SFORCIN et al., 2001).

Il convient de noter que les études sur l'activité antimicrobienne de la propolis ont été principalement menées in vitro, c'est-à-dire en laboratoire et dans des conditions contrôlées. Des études in vivo, c'est-à-dire sur des animaux ou des humains, sont nécessaires pour déterminer l'efficacité de la propolis dans la prévention et le traitement des infections dans des conditions réelles (Pobiega et al., 2019).

2.2.3.2. Activité antioxydante de la propolis

L'activité antioxydante de la propolis est largement reconnue. Les antioxydants sont des composés qui protègent les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres, des molécules instables produites lors du métabolisme normal de l'organisme et en réponse à des facteurs environnementaux tels que la pollution, le tabagisme et les rayons UV (Mouhoubi-Tafinine et al., 2016).

Les flavonoïdes présents dans la propolis ont des propriétés antioxydantes, en neutralisant les radicaux libres et en prévenant les dommages oxydatifs. Des études ont

également montré que la propolis peut augmenter les niveaux d'enzymes antioxydantes dans le corps, renforçant ainsi les défenses antioxydantes de l'organisme (Zhao et al., 2009).

Activité anti-inflammatoire de la propolis

Plusieurs études ont montré que la propolis a des effets anti-inflammatoires en inhibant la production de cytokines pro-inflammatoires telles que l'interleukine-1 (IL-1), l'interleukine-6 (IL-6) et le facteur de nécrose tumorale-alpha (TNF- α). Ces cytokines sont impliquées dans la réponse inflammatoire et peuvent causer des dommages tissulaires si leur production est excessive ou chronique.

De plus, la propolis contient des flavonoïdes, des acides phénoliques et d'autres composés qui ont des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. Ces composés peuvent aider à réduire les dommages causés par les radicaux libres, qui sont impliqués dans les maladies inflammatoires (De Almeida and Menezes, 2002).

Cependant, il convient de noter que les études sur l'activité anti-inflammatoire de la propolis ont été principalement menées sur des modèles animaux ou in vitro, et que les résultats peuvent ne pas s'appliquer directement à l'être humain. De plus, la propolis peut provoquer des réactions allergiques chez certaines personnes, il est donc important de consulter un professionnel de santé avant de l'utiliser comme complément alimentaire ou médicament (Calegari et al., 2017).

Activité cicatrisante de la propolis

La propolis est une substance produite par les abeilles à partir de la résine d'arbres et d'autres végétaux. Elle est utilisée par les abeilles pour protéger leur ruche des infections et des bactéries. La propolis est également connue pour ses propriétés antimicrobiennes et anti-inflammatoires, ce qui en fait un ingrédient populaire dans les produits de santé naturels.

En ce qui concerne l'activité cicatrisante de la propolis, des études ont montré qu'elle peut aider à accélérer le processus de guérison des plaies. Les composants actifs de la propolis, tels que les flavonoïdes et les acides phénoliques, ont été trouvés pour stimuler la croissance des cellules de la peau et favoriser la régénération des tissus (Oryan et al., 2018).

En outre, la propolis peut également aider à réduire l'inflammation et à prévenir l'infection dans la zone de la plaie, ce qui peut contribuer à accélérer le processus de guérison. Cependant, il convient de noter que la recherche sur les effets de la propolis sur la cicatrisation des plaies est

encore limitée, et des études supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces résultats (Ramos and Miranda, 2007).

Elle peut avoir une activité cicatrisante en raison de ses propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et stimulantes de la croissance cellulaire. Cependant, il est important de consulter un professionnel de la santé avant d'utiliser des produits à base de propolis pour traiter des plaies ou d'autres problèmes de la santé.

1. Rappel sur les objectifs de l'étude

Notre étude qui a été réalisée au niveau des laboratoires pédagogiques de la faculté de Sciences de la nature et de la vie de l'université Echahid Hamma Lakhdar de El Oued et d'autre partie a été effectuée dans l'hôpital du cancer à El Oued, a pour objectif principal de valoriser le domaine apicole dans la région d'El Oued. Trois produits de la ruche ont été valorisés en étudiant leurs caractéristiques physicochimiques, Les composés phénoliques ont été étudiés quantitativement par des dosages chimiques.

En raison de l'importance des propriétés biologiques attribuées aux produits de l'abeille, une évaluation des pouvoirs antioxydant a été réalisée par trois tests, activité anti-inflammatoire, activité anti-diabétique et l'étude de l'effet antibactérien contre des souches pathogènes.

2. Matériels utilisés

Matériel biologique

Les échantillons testés

Les trois produits ; trois types du miel ; H01 miel avec dominance de l'espèce *Genista saharea*, H02 miel polyfloral et H03 avec une dominance de l'espèce *Limoniastrum guyonianum*, et un échantillon de la propolis et un échantillon du pollen (figure II.1) ont été récoltés d'une même ruche de l'abeille mellifère *Apis mellifera* dans la région d'El Oued.

Les échantillons ont été collectés à la fin du mois de mai 2022, et tous les échantillons ont été conservés à 4 °C jusqu'à l'analyse.

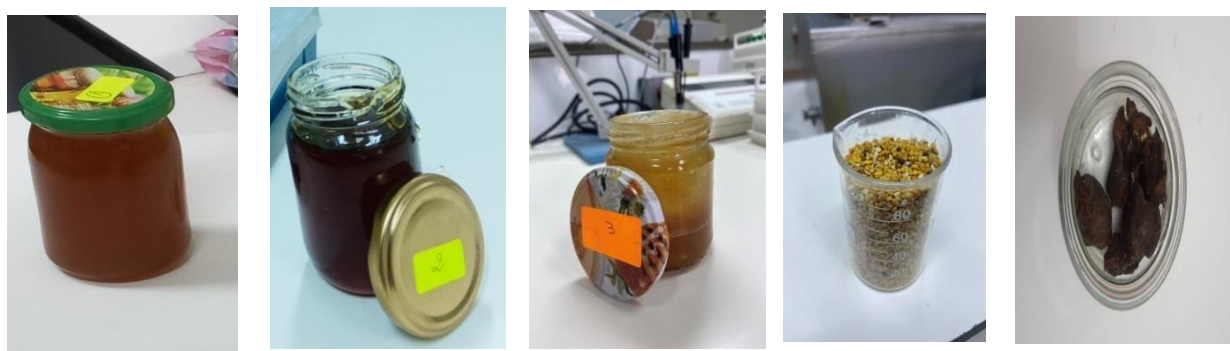


Figure II.1 : Photo des produits testés (originale, 2023)

Les souches bactériennes

Toutes les souches bactériennes utilisées dans cette étude sont de référence American Type Culture Collection (ATCC). Au total, cinq bactéries pathogènes ont été testées dont quatre bactéries à Gram-positifs (*Micrococcus luteus* ATCC 9314, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCCN 6538, *Listeria innocua* CLIP 7491) et une bactérie à Gram-négatif (*Escherichia coli* ATCC 8737). Toutes les souches ont été cultivées sur Gélose nutritif (GN) à 37°C pendant 24h avant tout test antibactérien.

2.3. Matériel non biologique

Tous le matériel et les instruments et produits chimiques utilisés dans ce travail ont été mentionnés dans l'annexe 1.

3. Méthodes

Partie 1. Les analyses physico-chimiques

La Teneur en eau

L'humidité est un critère de qualité qui nous renseigne sur la stabilité du produit de la ruche par rapport à la fermentation et à la cristallisation. La teneur en eau a été déterminée à partir de l'indice de réfraction du miel liquéfié, selon la méthode harmonisée par la commission internationale du miel (Bogdanov et al., 1997).

À l'aide d'une spatule, une goutte de miel a été déposée sur la platine du prisme du réfractomètre et répartie en couche mince. La valeur de réfraction a été lue à 20°C. La lecture doit être corrigée pour ramener l'indice de réfraction à zéro. Dans le cas où la mesure est effectuée à une autre température, la lecture doit être corrigée. La correction est additive si la mesure est faite au-dessus de 20°C, soustractive dans le cas contraire, le coefficient de correction étant de 0,00023 par degré Celsius. Les résultats obtenus ont été convertis en pourcentage d'eau selon le tableau de Chataway (Chataway, 1932) (Annexe 2).

La conductivité électrique

La conductivité électrique indique la concentration des sels ionisés solubles présents, les mesures sont effectuées à 20°C dans une solution aqueuse à 20% (m/v) par rapport à la matière sèche du miel (Bogdanov et al., 1997).

Peser 10g de produit dans un bécher de 50ml puis le dissoudre avec un peu d'eau distillée.

Transférer le produit dans une fiole jaugée de 50ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. La solution est ensuite transférée dans un autre bécher placé dans un bain marie à 20°C. 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 bécher pour la mesure de la conductivité électrique.

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).

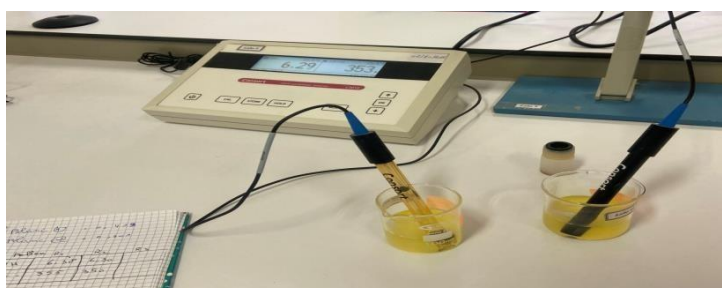


Figure II.2 : Photo de conductimètre (originale, 2023)

Taux de cendre

La teneur en cendres du miel / pollen / propolis désigne le résidu qui est l'ensemble des produits fixes de l'incinération du miel conduite de façon à obtenir la totalité des cations (ammonium exclu) sous forme de carbonates et d'autres sels minéraux anhydres et qui exprimée en pourcentage de poids.

Mettre les creusets vides dans l'incinérateur à 625 °C pendant quelques minutes, puis dans un dessiccateur jusqu'au refroidissement total.

Peser les creusets vides puis après avoir taré la balance, peser une masse M0 de miel / pollen / propolis voisine de 5g à 0,01g près.

Porter à l'incinérateur pendant 40 minutes à 625°C jusqu'à obtention de cendres.

La calcination sera poursuivie jusqu'à ce que la différence entre deux pesées consécutives faites à 30 minutes d'intervalle n'excède pas 1mg.

Peser après refroidissement dans un dessiccateur pendant 20 minutes.

$$Teneurencendres (g/(100 g \text{ de produit})) = \frac{M2 - M1}{M0} * 100$$

*M0 : Prise d'essai

* M1 : Poids de la capsule vide avant incinération

*M2 : Poids de la capsule avec les cendres après incinération



Figure II.3 : Photo des creusets dans un dessiccateur

Le pH

La mesure du potentiel hydrogène d'une solution de différent produit se fait à l'aide d'un pH mètre. La même solution préparée préalablement a été utilisée pour la détermination du pH. La mesure a été effectuée après la stabilisation de la valeur du pH, sur la solution à 20°C.

On pèse 5g de miel/ pollen/ propolis qu'on va dissoudre dans de l'eau distillée puis verser dans une fiole jaugée de 50ml et compléter jusqu'au trait de jauge. On verse la solution de miel/ pollen/ propolis dans un bécher propre. Le pH est mesuré à 20 °C en plongeant l'électrode du pH-mètre dans la solution de miel.

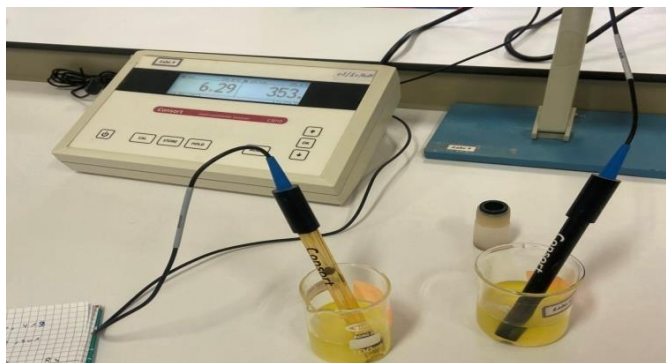


Figure II.4: Photo de PH mètre (originale, 2023)

Détermination de la couleur

Pour déterminer la couleur du miel, une solution de 50% a été chauffée à 50 degrés jusqu'à ce que les sucres soient complètement dissous. L'absorbance a été mesurée à 635 nm et les valeurs d'absorbance ont été classées selon l'échelle de Pfund (White et al., 1984).

Tableau II.1: Echelle (mm Pfund) établie par l'USDA, pour la détermination de la couleur

Couleur	Unité PFUND en mm
Blanc eau	0 - 8mm
Extra blanc	8 - 16mm
Blanc	16 - 34mm
Ambré extra clair	35 - 50mm
Ambré clair	51 - 84mm
Ambré	85 - 114mm
Foncé	115 - 140mm

Teneur en Hydroxyméthyl-furfural (HMF)

L'hydroxyméthylfurfural est un bon indicateur de la fraîcheur et du surchauffage d'un miel. Ce composé se produit suite à la transformation des hexoses et plus particulièrement le fructose en HMF. Dont le principe de prendre une quantité de 5 g de miel est dissout dans 25 ml de l'eau distillée. Un volume de 1 ml d'hexacyanoferrate II de potassium (Carrez I à 15 %) et 1 ml d'acétate de zinc (Carrez II à 30 %) y sont ajoutés. Puis, le volume est ajusté jusqu'à 50 ml avec l'eau distillée et les premiers 10 ml de filtrat sont éliminés. La solution de référence contient 5 ml du filtrat obtenu et 5 ml de sodium bisulfate; en revanche, la solution échantillon à tester renferme 5 ml du filtrat avec 5 ml d'eau distillée. La lecture se fait à l'aide d'un spectrophotomètre UV à 284nm puis à 336 nm. La teneur en HMF est déterminée par l'équation suivante :

$$HMFmg/100g := (A1 - A2) \times f \times 5 / P$$

A1 : Absorbance mesurée à 284nm.

A2 : absorbance mesurée à 336nm.

P : poids de l'échantillon en g.

f : 14,97 à exprimer en mg/100 g

Partie 2 : Dosage des antioxydants

LE MIEL

Dosage des polyphénols totaux

Les teneurs en composés phénoliques totaux ont été évaluées suivant la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu avec quelques modifications (Pontis et al., 2014). C'est une méthode spectrophotométrique basée sur l'oxydation des composés phénoliques par le réactif de Folin-Ciocalteu qui est un mélange de complexe d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) de couleur jaune, formant un nouveau complexe molybdène-tungstène de couleur bleu.

Une quantité de 5g de miel a été diluée dans 50 ml d'eau distillée, et le mélange a été filtré à l'aide d'un papier Watman n°1. Un volume de 0.5 ml de la solution obtenue (0.1g/1ml) a été mélangé avec 2.5 ml de réactif de Folin–Ciocalteu (0.2 N) et incubé pendant 5 min à 22°C. Ensuite, un volume de 2 ml de carbonate de sodium 75 g/l (Na_2CO_3) a été ajouté au mélange. L'absorbance a été mesurée au spectrophotomètre à 760 nm après une incubation à une température ambiante pendant 2 h à l'obscurité. La teneur des polyphénols totaux en miel est exprimée en mg d'équivalent d'acide gallique par 100 grammes de miel (mg GAE/ 100 g), en utilisant l'équation de la droite de régression linéaire de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (0–200 mg/l) (Meda et al., 2005) (Annexe 3).

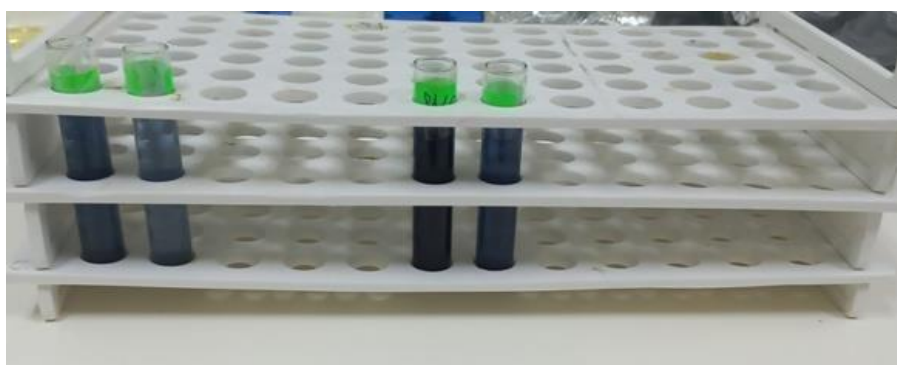


Figure II.5 : Dosage des polyphénols (originale, 2023)

Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes totaux a été mesurée par spectrophotométrie. Cette méthode est basée sur la formation du complexe flavonoïde-aluminium, en utilisant la quercétine comme standard de référence (Djeridane et al., 2006).

Un volume de 5 ml de la solution de miel (0,01g/1ml) a été ajouté avec le un même volume d'une solution de chlorure d'aluminium à 2% diluée dans le méthanol. Le mélange a été incubé à une température ambiante pendant 30 min. L'absorbance est mesurée à 415 nm avec un spectrophotomètre UV-VIS de marque.

La concentration des flavonoïdes a été déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage linéaire de quercétine (0–50 mg/l), les résultats sont exprimés en mg d'équivalent quercétine/100 g du miel (Özkök et al., 2010) (Annexe 04).

LE POLLEN**Extraction des polyphénols**

Peser précisément 1g de pollen, le transvaser dans un tube à vis et ajouter 10ml d'éthanol.

Fermer le tube, agiter vigoureusement et placer dans un bain à ultrasons pendant 30min.

Centrifuger à 14000 tr/min et filtrer avec un papier filtre. Stocker au frais jusqu'à analyse (Mayda et al., 2020).

Dosage des polyphénols totaux

Dans un tube en verre, mettre 0,5ml de la solution à doser. Y ajouter 2ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué au 10ème et 2ml de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 4% m/m. Mélanger au vortex et incubé 2h dans le noir à température ambiante. Lire l'absorbance à 740nm.

Une gamme étalon de 5 points est réalisée à partir d'une solution mère d'acide gallique à 1mg/ml (25mg d'acide gallique dans 25ml d'eau distillée) (Magalhães et al., 2010).

Dosage des flavonoïdes

1ml d'extrait de chaque échantillon est mélangé avec 1ml de la solution de chlorure d'aluminium (AlCl_3) à (2 %). Après 30 min d'incubation, l'absorbance est mesurée à

une longueur d'onde de 415 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalents quercétine/100gd'échantillons (mg EQ/100g) (Magalhães et al., 2010).

Propolis

Extraction des polyphénols

Le polyphénol a été extrait en mélangeant 5g de la poudre de la propolis avec 100 ml du méthanol (70%), le mélange a été soumis à une agitation continue pendant trois jours.

La solution a été centrifugée à 3000 tours pendant dix minutes, le surnageant a été filtrer avec un papier filtre, le filtrat a été évaporé à l'aide d'un rotavapor sous vide à 40°C \$*

L'extrait méthanolique de la propolis a été conservé à – 4°C à l'obscurité jusqu'à le jour d'utilisation (Choudhari et al., 2012).

Dosage des polyphénols

Une prise de 125 µl de l'extrait dilué (selon le solvant et l'organe) est mélangée avec 500µl d'eau distillée et 125 µl de réactif de Folin-Ciocalteu. Après une agitation vigoureuse du mélange suivie d'un repos de 3 minutes, une prise de 1250 µl de CO₃(Na)₂ à 7 % est additionnée.

Après un repos de 90 minutes à l'obscurité, la lecture de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 760 nm, La gamme étalon est préparée avec de l'acide gallique à des concentrations variables de 10, 20, 30, 60, 130, 250 µg/ml. Les teneurs en polyphénols sont exprimées en mg d'équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/mg MS) (Choudhari et al., 2013).

Dosage des flavonoïdes

Une prise de 500 µl d'extrait convenablement dilué est mise dans un tube en présence de 2 ml d'eau distillée additionnée de 150 µl d'une solution de nitrite de sodium (NaNO₂, 5%).

Après 6 mn d'incubation à température ambiante, 150 µl d'une solution fraîchement préparée de chlorure d'aluminium (AlCl₃, 10%) sont ajoutés au mélange. On apporte à ce dernier 2 ml d'une solution de soude (NaOH, 4%) après 6 mn de repos puis on ajuste le volume final à 5 ml avec de l'eau distillée. L'intensité de la couleur jaune est mesurée à 510 nm après 15 min d'incubation.

La teneur en flavonoïdes totaux des extraits est alors exprimée en mg d'équivalents quercétine par milligramme de matière végétale sèche (mg EC/mg MS)(Choudhari et al., 2013).

Partie 3 : Les activités biologiques**Activité antioxydante****Test de DPPH**

La capacité de piégeage des radicaux du produits échantillonnés a été mesurée selon la méthode décrite par (Ferreira et al., 2009).

1 ml de la solution méthanolique de DPPH (0.024mg/ml) est mélangé avec 1 ml de la solution du produit testé à différentes concentrations. Le mélange obtenu a été agité à l'aide d'un vortex et ensuite gardé à l'abri de la lumière à une température ambiante pendant 60 mn, un blanc est composé de la solution de DPPH. L'absorbance ensuite a été mesurée à 517 nm. Les données ont été fournies sous forme de pourcentage d'inhibition du radical DPPH. L'inhibition du radical DPPH a été estimée à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{Pourcentage d'inhibition (\%)} = 100 * [(\text{absorbance du blanc} - \text{absorbance de l'échantillon}) / \text{absorbance du blanc}].$$

Le IC50 qui est la concentration de la solution en mg/ml, requise pour réduire de 50% l'activité du DPPH (couleur), ou encore, la concentration de l'échantillon exigée pour donner une diminution de 50% de l'absorbance de la solution contrôle constituée de méthanol et de DPPH et a été calculée par l'utilisation d'une courbe linéaire en comparant avec le standard de l'acide ascorbique (Annexe 5).

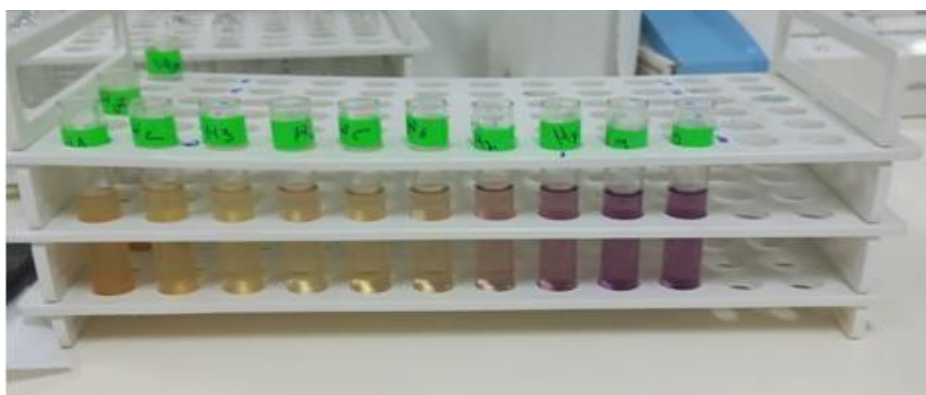


Figure II.6 : Activité antioxydante par le test DPPH (Originale, 2023)

Test de FRAP

Le pouvoir réducteur des produits de la ruche a été déterminé selon le protocole décrit par Hasim et al. (Hasim et al., 2020) avec légères modifications. Le tampon phosphate (0,2 M, pH = 6,6) a été préparé en mélangeant Na_2HPO_4 et NaH_2PO_4 dans un rapport approprié. 1 mL de chaque échantillon de différentes concentrations (20, 30, 40 et 50 mg/mL) a été mélangé avec 1 mL de tampon phosphate et 1 mL de 1% de ferrocyanure de potassium $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$. Le mélange obtenu a été incubé à 50°C pendant 20 minutes. Après l'incubation, 1 mL d'acide trichloracétique (TCA) à 10 % a été ajouté au mélange, suivi d'une centrifugation à 3000 rpm pendant 10 minutes. Le surnageant a ensuite été mélangé avec 1,5 mL d'eau distillée et 150 μL de FeCl_3 à 0,1 %. L'absorbance a été mesurée à 700 nm et comparée à celle du BHA, utilisé comme référence. Une valeur plus élevée de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur. Le pouvoir antioxydant a été exprimé en valeur IC_{50} (mg/mL). Les tests ont été réalisés en trois exemplaires.

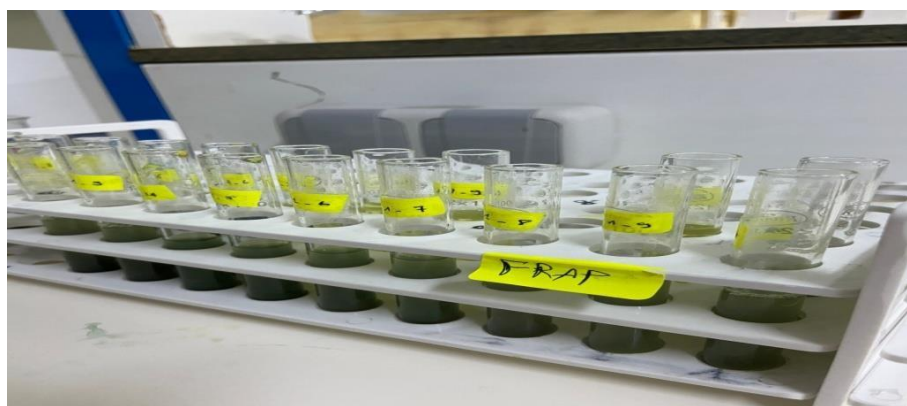


Figure II.7 : Activité antioxydante par le test FRAP

β .carotène

La capacité anti-péroxydation lipidique a été déterminée par l'essai acide linoléique/ β -carotène comme décrit par Rajić et al. (Rajić et al., 2010) avec de légères modifications. Une solution de β -carotène et d'acide linoléique a été préparée comme suit : 0,5 mg de β -carotène a été dissous dans 1 mL de chloroforme, 25 μL d'acide linoléique et 200 mg de Tween 40 ont été ajoutés.

Le chloroforme a été évaporé. Ensuite, 100 mL d'eau distillée ont été ajoutés. Ensuite, une aliquote de 2,5 mL de ce mélange réactionnel a été distribuée dans des tubes à essai, et 350 μL des échantillons préparés à différentes concentrations.

La même procédure a été répétée avec le butylhydroxyanisole (BHA) comme étalon et avec un blanc (sans BHA).

Après incubation des solutions à 50 °C pendant 60 minutes, l'absorbance est mesurée immédiatement à 470 nm.

L'antioxydant a été exprimé en pourcentage d'inhibition de la dégradation du β -carotène à l'aide de la formule suivante :

$$(\text{Absorbance du produit à T 0} - \text{Absorbance du produit à T60min}) / \text{Absorbance du contrôle à T 0} - \text{Absorbance du contrôle à T60min}) \times 100.$$

Activité anti-inflammatoire in vitro

Selon Chandra et al.(Chandra et al., 2012), nous avons choisi la méthode de dénaturation de l'albumine d'œuf avec quelques modifications pour tester l'effet anti-inflammatoire avec quelques modifications. Nous avons mélangé 0,4 ml d'albumine d'œuf (provenant d'œufs de poule frais) avec 0,8 ml de PBS (solution saline tamponnée au phosphate, pH6,4) et 2 ml de chaque produit à différentes concentrations, et le même volume d'eau distillée comme contrôle.

Le mélange a ensuite été incubé à 37 °C pendant 15 minutes et placé immédiatement dans un bain-marie à 70 °C pendant cinq minutes. Après refroidissement, il a été centrifugé à 3000 rpm pendant 10 minutes.

L'absorbance a été mesurée à 660 nm. L'acide acétylsalicylique a été utilisé comme médicament de référence.

L'acide acétylsalicylique a été utilisé comme médicament de référence, et pour calculer le pourcentage d'inhibition de la dénaturation des protéines, nous utilisons la formule suivante

Pour calculer le pourcentage d'inhibition de la dénaturation des protéines, nous utilisons la formule suivante :

$$\% \text{Inhibition} = ((\text{Absorbance de contrôle} - \text{Absorbance de solution}) / \text{Absorbance de contrôle}) \times 100$$

Activité antibactérienne

L'activité antibactérienne des échantillons du miel étudiés est déterminée selon la méthode décrite par Baydar et al. (Baydar et al., 2004). Ce test est effectué par la méthode de diffusion de disque stériles dans la gélose nutritive.

La préparation d'inoculum

A l'aide d'une anse de platine, quelques colonies de souches cibles, bien isolées, ont été prélevées à partir d'une culture fraîche de 18 à 24 heures sur milieu gélosé (GN), puis déchargées dans de l'eau physiologique et homogénéisées à l'aide d'un vortex. La suspension bactérienne a été ensuite standardisée à 0,5 Mc Ferland (EQ105UFC/mL).

L'évaluation du pouvoir antibactérien

Un volume de 1ml de chaque souche a été ensemencé par inondation dans les boîtes de pétri coulées de milieu gélosé Muller Hinton à une épaisseur de 4mm. L'excès est récupéré à l'aide d'une micropipette, et les boîtes sont mises à sécher pendant 15 minutes. Des disques en papier wattman, (5 mm de diamètre) stériles seront imprégnés avec un volume de 20µl de chaque échantillon et les disques témoins seront imprégnés dans l'eau distillée représentant les témoins négatifs.

A l'aide d'une pince les disques sont déposés à la surface d'un milieu ensemencé (étalée) par une suspension microbienne d'une densité optique de 0,5 Mc Ferland.

Les boîtes de Pétri sont mises au réfrigérateur à 4 °C pendant trois heures pour une pré diffusion. Après 18 à 24 heures d'incubation, le diamètre de chaque zone d'inhibition sera mesuré en mm et noté. Les mesures peuvent être prises avec une règle sur le fond de la boîte sans enlever le couvercle. Plus la zone d'inhibition est grande, plus le germe est sensible.



Figure II.8 : Activité antibactérienne (Originale, 2023)

4. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées par le logiciel Graph Pad Prism Version 5.00. Pour toutes les méthodes, trois répétitions ont été effectuées et les résultats ont été représentés par leur moyenne $\pm$ standard déviation (SD). L'analyse statistique a été effectuée par One-way ANOVA, suivi du test de Tukey's pour les comparaisons multiples et pour la détermination des différences significatives entre les groupes ($p < 0,05$) en utilisant le logiciel Graph Pad Prism Version 5.00.

1. Résultats des analyses physico-chimiques des produits étudiés

Les résultats globaux des paramètres physicochimiques des miels, du pollen et de la propolis étudiés sont illustrés dans l'annexe 06.

Le miel

La Teneur en eau

L'eau est le deuxième composant après le sucre le plus abondant dans le miel (Lobreau-Callen, 1994). La teneur en eau affecte la couleur, la viscosité, la saveur, la densité et l'indice de réfraction du miel. En général, c'est le paramètre physicochimique le plus important pour étudier la conservation et la stabilité des aliments (Mehryar et al., 2013).

La teneur en eau des échantillons testés varie entre $14.20 \pm 0.03 \%$ et $17.800 \pm 0.002 \%$ avec une moyenne de $16.20 \pm 0.014\%$ (Figure III.1). Les teneurs en eau des miels étudiés sont conformes à la norme proposée par le codex alimentaire ce qui conclut que les trois échantillons du miel sont murs ($< 20 \%$) (Codex Alimentarius, 2001). Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Ben Amor et al. (Ben Amor et al., 2022) avec des teneurs comprises entre $14.2 \pm 0.002\%$ et $19.8 \pm 0.001\%$ dans les miels produits dans la même région d'étude, et ceux trouvés par Ouchemoukh et al. (Ouchemoukh et al., 2007) de 14.64 à 19.04% dans les miels de la région de Bejaia caractérisé par un climat subhumide.

La teneur en eau la plus faible a été enregistrée pour le miel de H 01 (miel avec dominance de l'espèce *Genista saharea*). Par contre, la teneur la plus élevée $17.800 \pm 0.002 \%$ a été trouvée dans le miel polyfloral H 02.

Elle varie en fonction de la température et le taux d'humidité qui règne dans la ruche lors de l'élaboration du miel par les abeilles (El Sohaimy et al., 2015).

De même, l'humidité relative de la saison de récolte, le niveau de maturité atteint dans la ruche, les conditions de stockage et les procédures de traitement influent sur la teneur finale en eau du miel (Nanda et al., 2003).

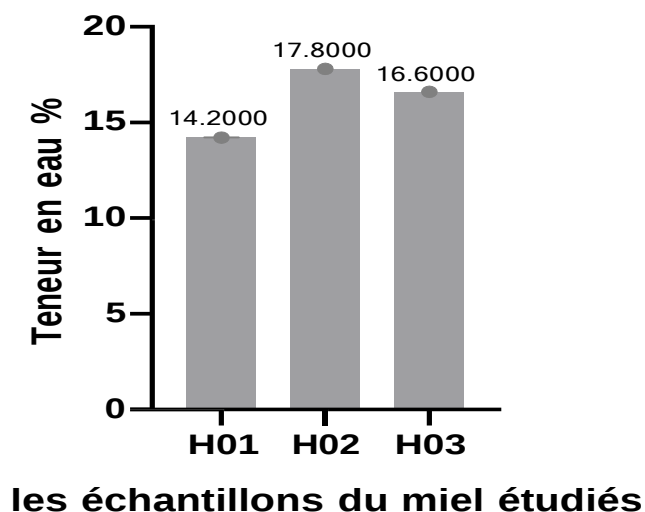


Figure III.1 : Variation de la teneur en eau des miels étudiés.

Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) est liée à la concentration en protéines, acides organiques, en minéraux ou en cendres totales et à la salinité. C'est une caractéristique très variable selon l'origine florale du miel (Almasi and Sekarappa, 2019). Les valeurs de conductivité électrique doivent être inférieures à 0.8 mS/ cm pour les miels floraux (du nectar), tandis que ceux du miellat doivent être supérieures à 0.8 mS/ cm (Bettar et al., 2019).

D'après l'analyse de la conductivité électrique, les résultats des miels testés se situent entre 0.116 ± 0.03 et 0.5403 ± 0.03 mS/cm, avec une moyenne de 0.306 ± 0.04 mS/cm ce qui nous laisse conclure que tous les échantillons ont d'origine du nectar. Ces résultats sont inférieurs à ceux trouvées par Ghorab et al. (Ghorab et al., 2021) (0.29 à 1.35 mS/cm) et par Bettar et al. (Bettar et al., 2019) (0.22 à 0.87 mS/cm).

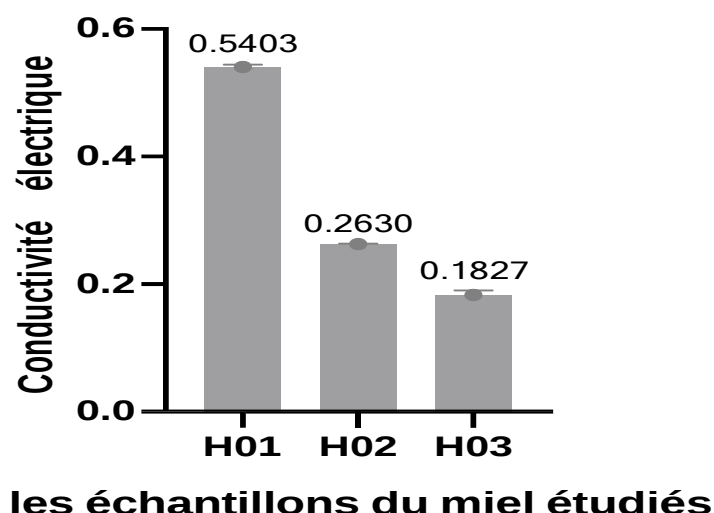


Figure III.2 : Variation de la conductivité électrique des miels étudiés

PH

Le miel est une solution naturellement acide, mais la fermentation et le vieillissement augmentent également son acidité. La présence de certains acides dans ces miels peut être due au nectar ou miellat, mais leur principale source se trouve dans les sécrétions salivaires des abeilles et dans les processus enzymatiques et fermentaires (Louveaux et al., 1978). L'acidité du miel est principalement due à la présence d'acides organiques tels que l'acide gluconique, l'acide malique, l'acide citrique et l'acide oxalique. Ces acides organiques sont produits par les abeilles lorsqu'elles convertissent les sucres présents dans le nectar en miel (Ojeda de Rodriguez et al., 2004).

Nos résultats du pH indiquent des valeurs différentes allant de 4.51 ± 0.015 à 5.726 ± 0.011 avec une moyenne de 4.58 ± 0.127 . En effet, le pH moyen des miels issus du nectar est proche de celui du miellat de l'ordre de 3.884 ± 0.015 . Des valeurs similaires ont été rapportées par d'autres auteurs respectivement pour les miels algériens, tunisiens ; oscillant entre 3.33 ± 0.25 à 4.6 ± 0.03 et 3.67 ± 0.01 à 4.11 ± 0.02 (Amri, 2013; Boussaid et al., 2018).

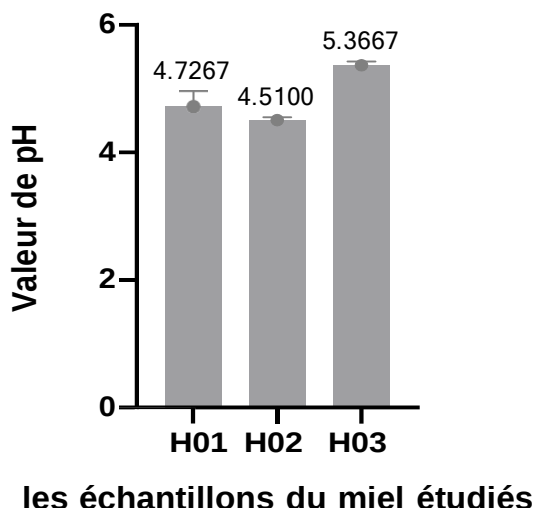


Figure III.3 : Variation de pH et de l'acidité libre des miels

Intensité de la couleur

Le miel existe dans une variété de couleurs, allant du jaune pâle à l'ambre, à l'ambre foncé et à l'ambre foncé jusqu'au noir, avec quelques rares nuances de vert et de rouge dans des situations graves, ou même simplement la couleur rouge (Nanda et al., 2003).

Selon l'Indice de Pfund, les valeurs obtenues de la couleur des miels étudiés se situent entre 47.462 ± 0.0302 mm et 129.911 ± 0.0031 mm, avec une moyenne de 82.744 ± 38.84 mm. Des travaux antérieurs portant sur les miels algériens rapportent que l'intervalle de couleur Pfund est situé dans la gamme comprise entre 18 et 119 mm (Mondragón-Cortez et al., 2013; Rebiai et al., 2015).

La couleur des miels étudiés est variable entre deux couleurs : H01 et H03 sont de couleur ambre clair, l'échantillon H02 est de couleur foncée.

le miel s'assombrit généralement avec l'âge, mais aussi avec l'utilisation de vieux rayons, le contact avec des métaux, l'exposition à la lumière, les différentes méthodes de conservation, la teneur en grains de pollen et la teneur en sucres (Rodríguez-Flores et al., 2019). En raison de la réaction Maillard qui brise le fructose du miel lors d'un processus de caramélisation, le miel devient plus foncé avec le temps ainsi que lors d'entreposage à des températures plus élevées (González-Miret et al., 2005).

Taux de cendre

La teneur en matières minérales des miels est pratiquement faible, elle varie de 0.1 ± 0.002 à 0.32 ± 0.0005 % avec une moyenne de 0.18 ± 0.0028 %. La teneur la plus élevée a été enregistrée chez l'échantillon H03 le miel à dominance de *Limoniastrum guyonianum*.

Selon le Codex Alimentarius la teneur en sels minéraux du miel s'étend de 0.02 à 1.028%, on conclut que nos échantillons sont conformes à ces normes.

Plusieurs travaux ont confirmé l'existence d'une relation entre la couleur des miels et leur teneur en cendres. Tandis que, les miels clairs sont nettement moins riches en cendres que les miels foncés (White and Subers, 1964; Louveaux et al., 1978).

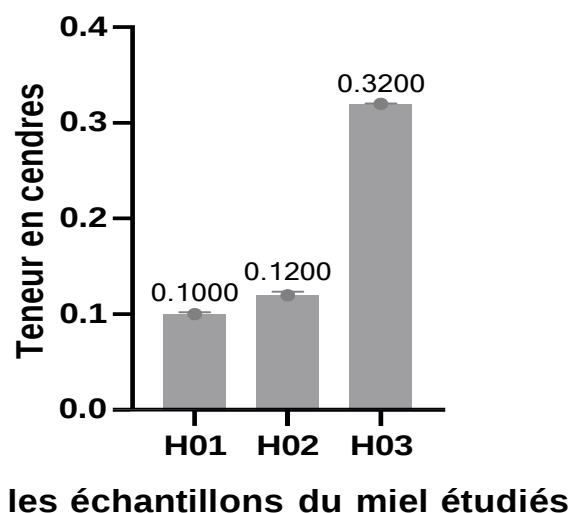


Figure III.4 : Taux de cendre des miels testés

Teneur en Hydroxyméthyl-fulfural (HMF)

HMF est un composé naturellement présent dans tous les échantillons du miel à la récolte en petite quantité (1 à 3mg/kg). Son taux augmente lentement et naturellement avec le temps lors du stockage, cependant un traitement thermique accélère sa formation (Makhloufi et al., 2010). Plusieurs d'autres facteurs influent sur les niveaux de HMF, tels que les conditions de stockage, le pH et la source florale, ce qui fournit une indication de surchauffe et de stockage dans de mauvaises conditions (Achouri et al., 2015).

L'HMF des échantillons varie entre 4.9401 ± 0.005 et 16.452 ± 2.02 mg/kg avec une moyenne de l'ordre de 10.608 ± 16.4 mg/kg (figure III.5).

Ces résultats ont révélé que tous avaient des niveaux inférieurs aux limites HMF (40 mg / kg) proposée par la Commission européenne du miel (Codex Alimentarius, 2001). Ce sont donc de très bonne qualité et correspondent aux normes de qualité optimale du miel.

L'analyse des miels algériens (04 échantillons) a permis d'obtenir des valeurs variables allant de 15.23 ± 0.14 à 24.21 ± 0.16 (mg/kg) (Khalil et al., 2012).

En outre, Gomes et *al.*(Gomes et al., 2010) signalent des teneurs de HMF très variables dans les miels du Portugal comprise entre 18.0 ± 3.0 et 94.0 ± 8 (mg/kg).

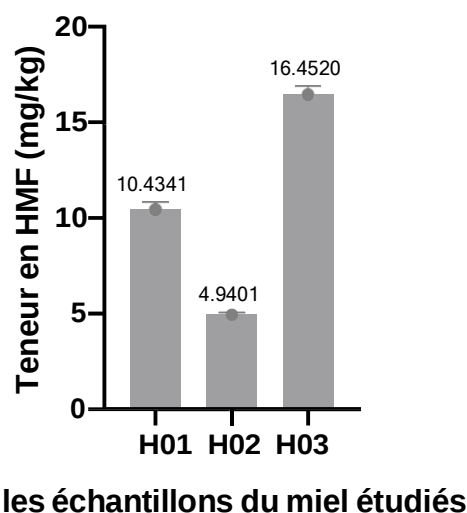


Figure III.5 : Teneur en HMF des miels étudiés (mg/kg)

Analyse de la corrélation entre les paramètres physicochimiques des miels

L'étude de relations entre les caractéristiques physico-chimiques des miels étudiés, a révélé l'existence de certaines corrélations linéaires entre elles (tableau III.1).

Tableau III.1. Matrice des corrélations entre les paramètres physico-chimiques des échantillons du miel

Variables	C. électrique	T. en eau	T. en cendre	HMF	pH
C. électrique	1				
T. en eau	0,159 ^{ns}	1			
T. en cendre	0,9649 **	-0,9686 ^{ns}	1		
HMF	-0,9796 **	0,9766 ****	-0,8925 **	1	
pH	0,9947 **	-0,9961 **	0,9867 ****	-0,9538****	1

ns : différence n'est pas significative, ** : différence hautement significative, **** : différence très hautement significative.

D'après nos résultats, une corrélation positive très élevée a été établie entre la conductivité électrique et la teneur en cendre ($r = 0,9649$; $p < 0,0001$), et entre la conductivité électrique et le pH ($r = 0,9947$; $p < 0,0001$). Cela concorde avec les travaux de Laouar et al. (Laouar and Tahar, 2017).

Une corrélation très hautement significative est enregistrée aussi entre la teneur en eau et la teneur en hydroxyméthylfurfural ($r = 0,9766$; $p < 0,0001$), ce qui est en accord avec les conclusions d'autres auteurs Djossou et al. (Djossou et al., 2013) qui ont également constaté une forte relation entre ces derniers.

Cependant une corrélation négative a été enregistrée entre la teneur en HMF et les deux paramètres le pH et le taux de cendre ($r = -0,9538$, $r = -0,8925$) (Tableau III.1). Une augmentation de l'HMF du miel conduit alors à une réduction du taux d'acidité et de la teneur en sucre totaux. Cela s'explique par le fait que l'HMF est un produit de la dégradation du fructose et du glucose par déshydratation intramoléculaire. C'est un processus naturel parce que les miels sont acides (Djossou et al., 2013). Aucune corrélation a été enregistrée entre la teneur en et la conductivité électrique ($r = 0,159$; $p > 0.05$).

Le pollen et propolis

Les résultats des analyses physico-chimiques du pollen et de la propolis sont mentionnés dans le tableau III.2

Tableau III.2 : Résultats des paramètres physico-chimiques

Produit	pH	Conductivité électrique (mS/ cm)	Taux de cendre (%)
Pollen	$6.31 \pm 0,046$	0.335 ± 0.019	0.5 ± 0.001
Propolis	$5.366 \pm 0,062$	0.1826 ± 0.007	1.60 ± 0.19

Le résultat de la conductivité électrique montre que notre échantillon de la propolis est d'origine nectar avec une valeur de 0.1826 ± 0.007 (mS/cm). Des valeurs supérieures allant de 1.2 ± 0.1 à 2.4 ± 0.3 (mS/cm) ont été enregistrés dans plusieurs échantillons de la propolis récoltés dans la région du Portugal (Dias et al., 2012). Tandis que le pollen a une conductivité électrique 0.335 ± 0.019 (mS/cm).

L'échantillon de propolis a montré un pH de notre échantillon de la propolis 5.366 ± 0.062 , notre résultat concorde à celui de Aboulghazi et al. sur les échantillons de la propolis marocains (4.80 ± 0.03 à 5.90 ± 0.03) (Aboulghazi et al., 2022). Cependant, le pollen a un pH moins acide que celui de la propolis égale 6.31 ± 0.046 . Ces données sont supérieures à celui trouvés pour le pollen européen (pH = 4.30) (Adaškevičiūtė et al., 2019).

Le taux de cendre de la propolis est 1.60 ± 0.19 % qui est supérieur à celui du pollen de la même ruche 0.5 ± 0.001 %.

2. Résultats des antioxydants

Dosage des polyphénols

Les antioxydants jouent un rôle vital dans la destruction des radicaux libres dans le corps et dans la prévention de la dégradation oxydative et inhibent également la formation d'espèces réactives de l'oxygène catalysées par des ions métalliques tels que le fer et le cuivre qui sont encagés par les flavonoïdes et autres composés polyphénoliques présents dans les produits de la ruche (Selvaraju et al., 2019; Ben Amor et al., 2022).

Les polyphénols peuvent être divisées en deux groupes, le premier est le groupe des acides phénoliques et les coumarines, le deuxième est celui des flavonoïdes avec les anthocyanes, flavones, flavonones, flavonols (Escriche et al., 2016). Les polyphénols sont des constituants

actifs de nombreuses plantes médicinales, et ils ont la capacité de moduler l'activité de nombreuses enzymes et de certains récepteurs cellulaires (Ben Amor et al., 2022).

Les résultats obtenus pour les échantillons du miel indiquent des teneurs variables en polyphénols totaux allant de 44.186 ± 0.0069 à 381.1456 ± 0.006 mg EAG/100 g et une moyenne égale à 182.0729 ± 0.044 mg EAG/100 g pour le miel. Rebiai et al. (Rebiai et al., 2015) ; Khalil et al. (Khalil et al., 2012) et Džugan et al. (Džugan et al., 2018) ont trouvé des teneurs supérieures à celles obtenues dans cette étude avec des valeurs respectives de 697.22 ± 651.53 42 mg EAG/100 g à El Oued ; 166.97 à 876.58 mg EAG/100 g dans des miels de Malaisie et 205.41 à 1353.66 mg EAG/100 g dans des miels polonais.

La teneur des polyphénols du pollen est égale 95.23 ± 0.054 mg EAG/100 g. Cette teneur en polyphénols est supérieure à celles obtenues sur des échantillons de miels récoltés dans des régions américaines allant de 15.91 ± 0.05 de 34.85 ± 0.08 mg EAG/100 g (LeBlanc et al., 2009).

L'échantillon de la propolis possède une teneur en polyphénols égale 102.72 ± 0.06 mg EAG/100g. notre résultat est inférieur à celui trouvé dans la propolis du Portugal avec une teneur égale 329.00 mg/100g (Moreira et al., 2008).

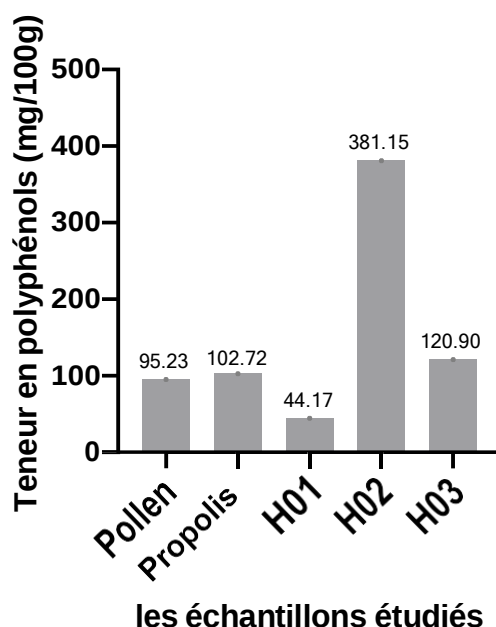


Figure III.6 : Teneur en polyphénols des produits testés

2.2. Teneur en flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des substances chimiques phénoliques de faible poids moléculaire qui confèrent au miel son parfum et ses propriétés antioxydantes. Ils sont reconnus comme des piègeurs de radicaux libres en raison de leur activité pharmacologique élevée, dans les maladies coronariennes et le cancer (Rodríguez-Flores et al., 2019; Ben Amor et al., 2022).

La concentration en flavonoïdes de chaque miel, exprimée en milligrammes d'équivalents de quercétine pour 100 grammes de miel (mg EQ/100 g) a été calculée à partir de la courbe standard illustrée dans l'annexe 5.

La teneur moyenne obtenue en flavonoïdes totaux (Figure III.7), est de 46.967 ± 0.800 mg EQ/100 g, avec une teneur minimale de 20.444 ± 0.012 mg EQ/100 g pour le miel H1 et une teneur maximale de 74.888 ± 0.132 mg EQ/100g enregistrée pour le miel multifloral H2.

Les teneurs en flavonoïdes des miels étudiés sont supérieures à celles de miels de Kabylie qui varient de 3,2 à 8,7 mg EQ/100 g de miel (Ghorab et al., 2021), à celles des miels tunisiens (9,58 à 22,45 mg EQ/100 g de miel) (Boussaid et al., 2018), ainsi qu'à celles de miels d'Italie (5,09 et 14,05 mg EQ/100 g de miel) (Escuredo and Seijo, 2019).

Cependant, la propolis a une teneur en flavonoïdes égale 66.321 ± 0.89 mg EQ/100g est supérieur à celui de 52.08 ± 0.6 mg EQ/100g. Ces données sont inférieures de celui de Portugal (Moreira et al., 2008; Dias et al., 2012)

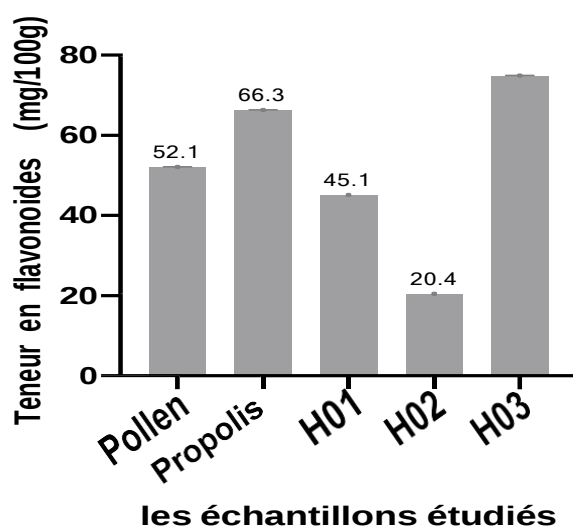


Figure III.7 : Teneur en flavonoïdes des produits testés

Partie 3 : Résultats des activités biologiques**Activité antioxydante****Test de DPPH**

L'activité antioxydante d'un composé correspond à sa capacité à résister à l'oxydation. Les antioxydants les plus connus sont le β -carotène (provitamine A), l'acide ascorbique (vitamine C), le tocophérol (vitamine E) ainsi que les composés phénoliques. En effet, la plupart des antioxydants de synthèse ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structures. Les propriétés antioxydantes sont attribuées en partie, à la capacité de ces composés naturels à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles ($\text{OH}\bullet$) et superoxydes ($\text{O}_2\bullet$) (Vasić et al., 2019).

Dans la présente étude, les valeurs du test DPPH des échantillons de miels testés variaient de $2,721 \pm 0,090$ à $14,820 \pm 0,050$ mg/mL (Figure III.8) et étaient inférieures à celles de l'acide ascorbique ($1,166 \mu\text{g/mL}$). La valeur d'IC₅₀ la plus élevée ($14,820 \pm 0,050$ mg/mL) a été obtenue pour l'échantillon de miel H01 indiquant qu'il possède une activité antioxydante faible comparé au reste des échantillons de miel étudiés. Nos données de IC 50 sont inférieures à ceux obtenus par Boussaid et al. (Boussaid et al., 2018), pour plusieurs échantillons du miel récoltés dans la quelque régions tunisiennes ($11,08 \pm 0,32$ à $93,26 \pm 0,37$ mg/mL).

La différence de l'activité antioxydante du miel constaté entre les types de miel varie fortement en fonction de plusieurs facteurs, tels que la saison et l'environnement, ainsi que de la méthode de traitement utilisée (Gül and Pehlivan, 2018).

Dans cette étude, la propolis est l'échantillon ayant la plus forte activité antiradicalaire enregistre $0,600 \pm 0,012$ mg/mL.

Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Piccinelli et al. (Piccinelli et al., 2013) ($0,043$ à $0,62$ mg/mL) de plusieurs échantillons des propolis récoltés dans quelque régions desn le nord algérien.

Concernent le pollen le IC 50 est de l'ordre $0,9 \pm 0,08$ mg/mL. Cette valeur est plus forte que celui trouvé par Mayda et al. (Mayda et al., 2020) avec des valeurs allant de $1,293 \pm 0,031$ à $3,85 \pm 0,030$ mg/ mL.

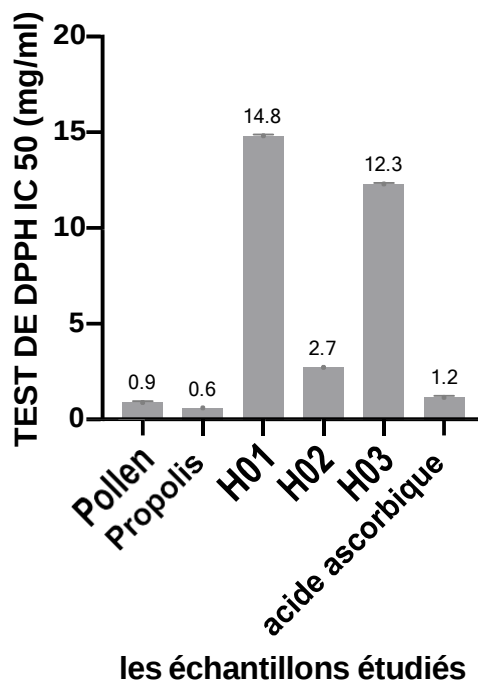


Figure III.8: Valeurs de IC50 des produits testés en comparant avec l'acide ascorbique

Test de FRAP

Pour déterminer la capacité antioxydante, nous avons utilisé le test FRAP (pouvoir réducteur/antioxydant ferrique), un test direct simple qui est largement utilisé pour la détermination de l'activité antioxydante dans de nombreux échantillons différents, y compris le miel, le pollen et la propolis (Bertoncelj et al., 2007).

Les résultats obtenus indiquent des valeurs variables du FRAP pour les échantillons du miel allant de 3.242 ± 0.08 au 17.619 ± 1.09 mg/mL avec une moyenne de 9.372 ± 0.83 mg/mL. La meilleur EC 0.5 de cette activité a été observée dans l'échantillon de la propolis avec une valeur égale 0.514 ± 0.006 mg/mL. L'échantillon du pollen a une teneur du FRAP égale 2.252 ± 0.04 mg/Ml (Figure III.9). Ces données sont inférieurs à celui trouvé dans quelque échantillons du miel récoltés dans le nord algérien (Khiati, 2014).

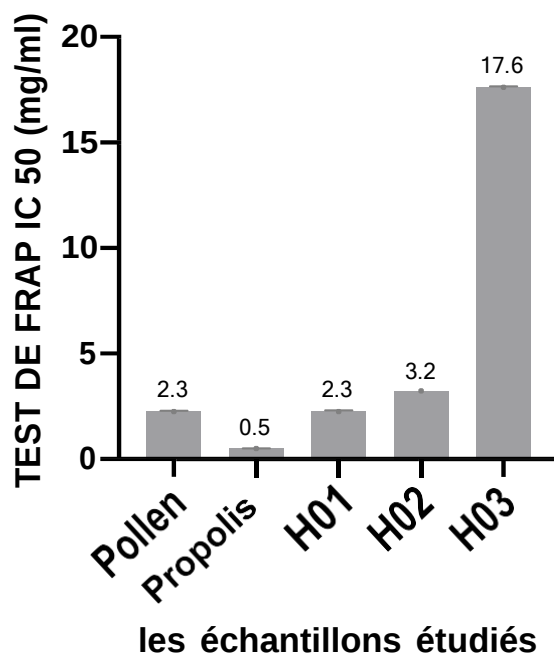


Figure III.9 : Valeurs de IC₅₀ de test FRAP des produits testés

β. carotène

L'activité antioxydante affecte par de nombreux facteurs, tels que la structure du composé phénolique, en particulier le degré et la position du groupe hydroxyle sur le noyau aromatique de la molécule (Can et al., 2015; Grecka et al., 2018).

Les résultats de l'activité antioxydante par le test β. Carotène montrent un taux de IC 50 varie entre 0.737 ± 0.062 et 7.428 ± 0.09 mg/mL, dont la meilleure activité a été enregistrée dans l'échantillon de la propolis (Figure III.10).

Nos observations se concordent bien avec les travaux de Boussaid et al. (Boussaid et al., 2018) avec un intervalle allant de 1.16 ± 0.02 à 4.72 ± 0.03 mg/mL sur six échantillons du miel produits dans plusieurs régions tunisiennes.

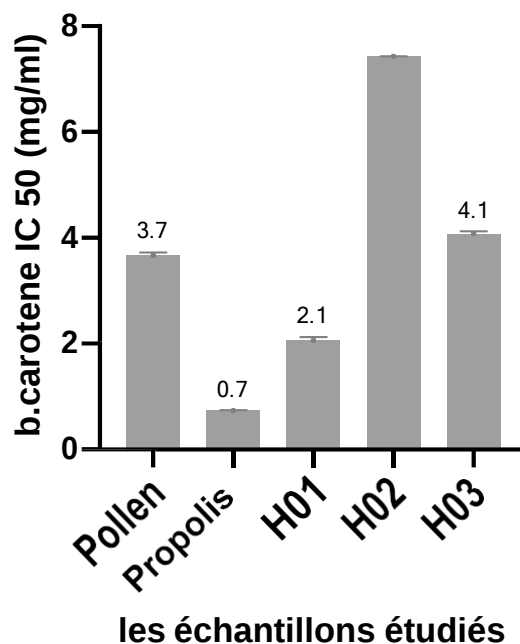


Figure III.10 : Valeurs de IC₅₀ de test b. carotene des produits testés

Analyse de la corrélation entre les paramètres antioxydants

Le taux de piégeage des radicaux libres est fortement lié à la teneur en composés phénoliques totaux des miels étudiés (Tableau III.3). Une corrélation négative très élevée a été établie entre les polyphénols et le test DPPH ($r = -0,999$; $p < 0,0001$). Nos résultats ont été également trouvés par Meda et al. (Meda et al., 2005), Boussaid et al. (Boussaid et al., 2018) et Homrani et al. (Homrani et al., 2020).

Cependant aucune corrélation a été enregistrée entre les flavonoïdes et les deux tests de l'activité antioxydante ($p = 0,491$) (Tableau III.3). Ces résultats montrent que les polyphénols totaux sont les principales molécules antioxydantes bioactives présentes dans le miel. Gheldof et al. (Gheldof and Engeseth, 2002) a signalé que les composés phénoliques contribuent de manière significative à l'activité antioxydante du miel, mais malgré cela, il semble que l'activité antioxydante soit le résultat de l'activité combinée des composés phénoliques du miel avec d'autres molécules.

Dans notre étude, l'intensité de la couleur a également montré une bonne corrélation positive avec les composés phénoliques, et négative avec les tests DPPH et FRAP ($r = 0,998$; $p < 0,0001$,

$r = -0,996$; $p = 0,0005$, $r = -0,907$; $p = 0,0003$ respectivement). Beretta et al. (Beretta et al., 2005) ont constaté que les miels de couleur foncée ont une teneur élevée en composés phénoliques totaux et par conséquent une capacité antioxydante élevée.

Une corrélation négative significative est enregistrée aussi entre les polyphénols et le test FRAP ($r = -0,881$; $p < 0,001$), ce qui est en accord avec les conclusions d'autres auteurs (Beretta et al., 2005; Bertonecelj et al., 2007) qui ont également constaté une forte relation entre la capacité antioxydante déterminée par le test FRAP et le contenu phénolique du miel.

Tableau.III.3 : Matrice des corrélations entre les antioxydants et l'intensité de couleur des échantillons de miels étudiés.

Variables	Polyphénols	Flavonoïdes	DPPH	FRAP	Couleur
Polyphénols	1				
Flavonoïdes	0,695*	1			
DPPH	-0,999****	0,311 ^{ns}	1		
FRAP	-0,881**	0,273 ^{ns}	0,870**	1	
Couleur	0,998****	0,259 ^{ns}	-0,996****	-0,907****	1

ns : différence n'est pas significative, ** : différence hautement significative, **** : différence très hautement significative.

Activité anti-inflammatoire

La dénaturation des protéines est un processus dans lequel les protéines perdent leurs structures tertiaire et secondaire par l'application d'un stress externe ou d'un composé tel que l'acide fort ou la base, d'une concentration en sel inorganique, un solvant organique ou par la chaleur dont la plupart des protéines perdent leur fonction biologique lorsqu'elles sont dénaturées (Ferrerres et al., 2018).

L'inflammation est induite par la libération de médiateurs chimiques par les tissus endommagés et par les migrateurs et des cellules migratrices. Les médiateurs identifiés dans le processus inflammatoire comprennent les amines vasoactives (histamine et sérotonine), les eicosanoïdes (métabolites de l'acide arachidonique, prostaglandines et leucotriènes), les facteurs d'agrégation plaquettaire, cytokines (interleukines et facteur de nécrose TNF), les kinines (bradykinine) et les radicaux libres d'oxygène, entre autres (Araujo et al., 2012).

Les résultats de l'activité anti-inflammatoire in vitro des échantillons testés montrent des bonnes valeurs chez la propolis avec une concentration inhibitrice égale 1.024 ± 0.03 mg/mL, suivi par le pollen avec une EC50 de l'ordre de 1.924 ± 0.024 mg/mL.

L'activité anti-inflammatoire de la propolis semble être associée à la présence de flavonoïdes, notamment la galantine et la quercétine. Il a été démontré que ces flavonoïdes inhiber l'activité de la cyclooxygénase et de la lipoxygénase et de la lipoxygénase et de réduire les niveaux de PGE2 ainsi que la libération et l'expression de l'isoforme induite cyclooxygénase-2 (COX-2) (Raso et al., 2001).

Les données enregistrées chez les échantillons du miel allant de 2.30 à 9.70 ± 0.03 mg/mL, avec une moyenne égale 5.41 ± 0.5 mg/mL. Une forte activité a été mentionnée au niveau de l'échantillon H02 (miel polyfloral).

D'après El-Seed et al. (El-Seedi et al., 2022) le miel, la propolis, la gelée royale, le pollen d'abeille, le pain d'abeille, le venin et la cire sont tous des produits fabriqués par les abeilles. Les valeurs sanitaires, nutritives et médicinales des produits de l'abeille ont été démontrées par les Égyptiens, Grecs et Chinois de l'Antiquité.

Les produits de l'abeille possèdent diverses propriétés biologiques telles que des activités antimicrobiennes, anti-inflammatoires, anticancéreuses et antioxydantes (Ranneh et al., 2021).

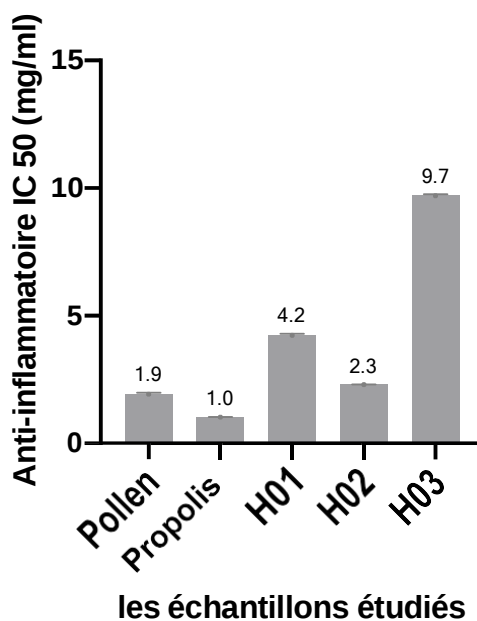


Figure III.11 : EC50 de l'activité anti-inflammatoire des produits testés

III.3. Activité antibactérienne

Grace aux caractéristiques pharmacologiques et les bienfaits pour la santé les produits de la ruche ont été largement utilisés dans les domaines de la thérapie moderne et traditionnelle, compte tenu de leur efficacité dans de nombreuses pathologies, pour développer des aliments nutraceutiques et fonctionnels (Vică et al., 2021).

Les composants naturels de ces produits ont une variété de propriétés antimicrobiennes contre diverses bactéries, champignons et levures pathogènes et non pathogènes multirésistants. On pense que leur action antibactérienne est influencée par le pâturage où les abeilles ont été élevées, les circonstances climatiques et la composition naturelle du nectar des fleurs (Popova et al., 2005; Feás et al., 2012; Sharaf et al., 2021).

Nos résultats montrent que tous les types de miel étudiés et les échantillons de la propolis et du pollen ont été efficaces contre *Staphylococcus aureus*, toutes les concentrations de ces produits enregistrent un effet antibactérien contre cette espèce ; ce qui nous laisse conclure que cette souche est la plus sensible. Les échantillons H03, Propolis et H01 sont les plus inhibiteurs de *S. aureus* avec des zones d'inhibition allant de 21 mm à 26 mm (Figure III.3).

Tandis que la souche *M. luteus* est moins sensible que *S. aureus*, elle n'a pas été inhibée par les échantillons de la propolis et du pollen, avec des zones importantes ont été enregistrées chez les trois échantillons du miel (14 mm à 12 mm) (Figure III.3).

Aucune inhibition contre la souche *B. subtilis* a été enregistrée pour l'échantillon du pollen, tandis que la meilleure zone a été observée chez la propolis suivi par l'échantillon H02 avec des valeurs 17 mm et 14 mm successivement (Figure III.3).

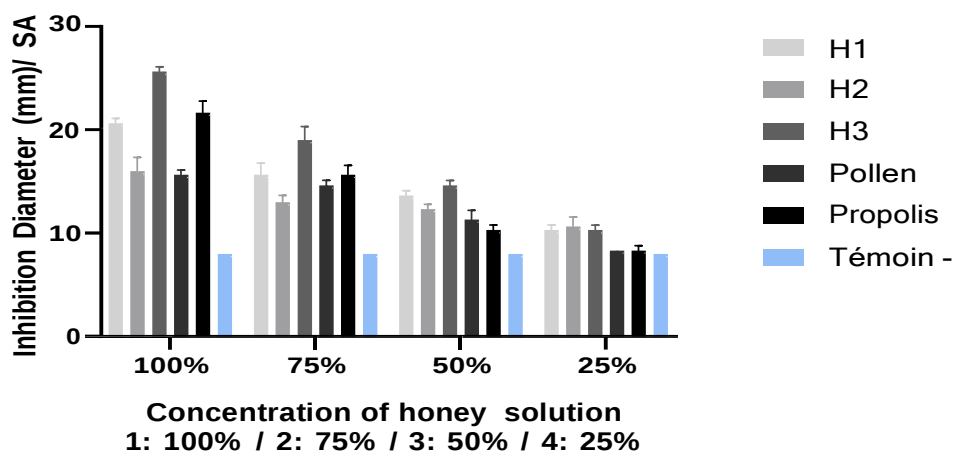
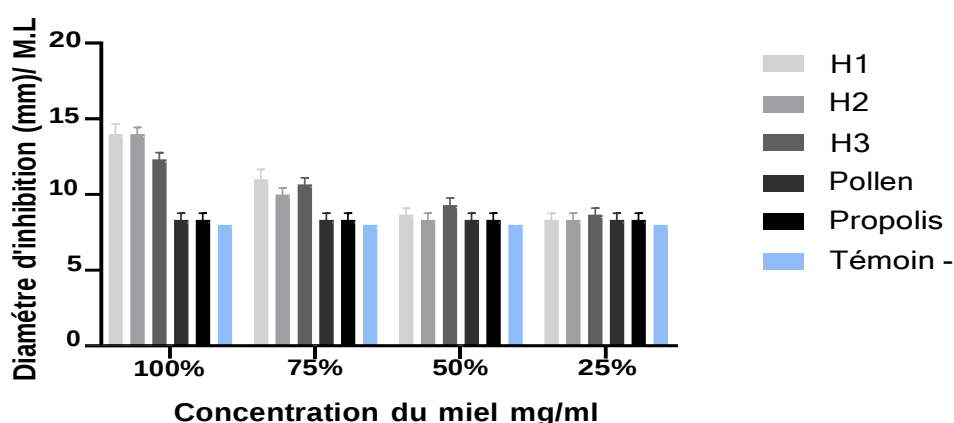
A l'exception de l'échantillon H02, tous les produits inhibent la croissance de la bactérie *E. coli* et la meilleure efficacité a été enregistrée au niveau de l'échantillon du pollen avec un diamètre égale 16 mm.

Aucune activité a été observée chez les trois types du miel contre la bactérie *L. innocua*, tandis qu'une forte activité a été mentionnée dans l'échantillon de la propolis avec une zone arrivant jusqu'à 20 mm, suivi par une efficacité modérée observé chez le pollen (14 mm).

D'après Mohapatra et al. (Mohapatra et al., 2011) ; une efficacité très importante du miel a été enregistrée contre les bactéries Gram positif (*S. aureus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, et *Micrococcus luteus*) que contre les bactéries Gram-négatif (*Escherichia coli*, *P. aeruginosa* et *Salmonella typhi*).

L'activité antibactérienne est due à l'osmolarité élevée, à l'acidité, au peroxyde d'hydrogène, aux flavonoïdes et substances caroténoïdes, à l'acide phénolique et gluconique, aux acides ascorbiques et à d'autres substances phytochimiques non peroxydées contenants dans ces produits (Mohapatra et al., 2011; Roshan et al., 2017; Bartkiene et al., 2020).

Cette variation de l'activité entre les souches peut être causée par des différences dans la flore mellifère, le traitement de la ruche, la composition du sol et les conditions climatiques de la zone dans laquelle les échantillons de miel ont été collectés (Price and Morgan, 2006).



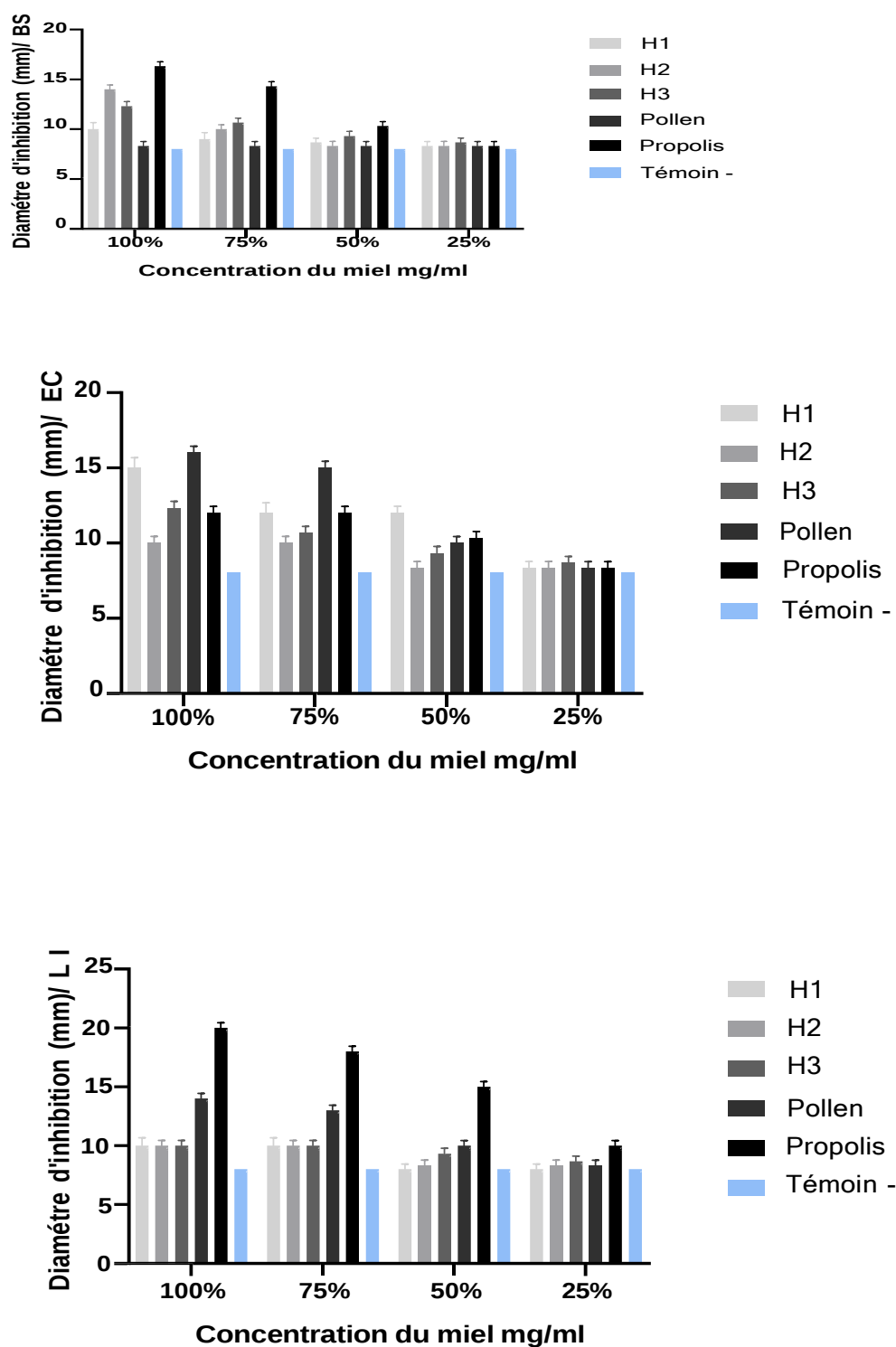


Figure III.12 : Activité antibactérienne des produits testés contre des souches pathogènes

(SA : *Staphylococcus aureus* / EC : *Escherichia coli* / BS : *Bacillus subtilis* / ML : *Micrococcus luteus* / LI : *Listeria innocua*)

CONCLUSION GENERALE

Comme nous l'avons vu tout au long de cette mémoire, les produits de la ruche sont des composés biologiques très complexes dont la composition dépend de nombreux facteurs tels que la race des abeilles, l'état physiologique de la colonie, les conditions météorologiques lors de la miellée, la nature de la flore visitée et du sol et les processus de récolte et de conditionnement. Les abeilles sont un composant essentiel de notre écosystème terrestre, c'est pourquoi leur préservation et leur conservation sont indispensables, que cela soit pour des raisons écologiques, économiques ou anthropomorphiques.

L'étude des paramètres physico-chimiques permet de révéler la qualité des produits, souvent utilisée dans le contrôle de routine. Les caractéristiques physico-chimiques du miel et du pollen et de la propolis de la région d'El Oued sont conformes aux normes proposées par la commission du Codex Alimentarius.

L'étude de la nature des antioxydants des produits et leur activité biologique révèle une différence hautement significative enregistrée entre les différents échantillons en fonction de leurs origines florales. Une corrélation significative a été trouvée entre les teneurs en polyphénols, l'intensité de la couleur des miels et leur activité antioxydante. Nos échantillons testés ont aussi un pouvoir antibactérien assez important contre les souches pathogènes ; y compris les souches de gram positif dont la souche *Staphylococcus aureus* qui a manifesté une sensibilité plus élevée que pour les autres bactéries testées.

Il nous a été permis d'identifier les miels étudiés, de déterminer leurs origines, leurs qualités et de leur donner une appellation finale en tant que miels monofloraux ou en tant que miels polyfloraux représentés majoritairement. Cependant, un miel cher n'est pas nécessairement de bonne qualité, car le prix n'est pas un indicateur fiable de la qualité du miel.

Les résultats de la présente étude permettent d'ouvrir la voie vers d'autres investigations afin de développer l'apiculture saharienne et de diminuer l'importation des miels. Nous proposons comme perspectives :

i) d'intensifier la pratique de l'apiculture dans le Sud du pays comme pour les autres étages bioclimatiques. L'apiculture pourrait au même titre que les autres actions de lutte contre la désertification, s'insérer dans le cadre d'une politique de développement et de préservation.

ii) de réaliser un audit de territoire avant l'implantation de ruchers sédentaires.

iii) de créer des habitats favorables aux abeilles pour éviter la transhumance afin de préserver la diversité génétique locale des abeilles, en développant des méthodes de gestion adaptées aux conditions locales.

Pour cela, l'étude de la diversité culturale avec des espèces qui présentent un intérêt pour l'abeille et ne nécessitant pas de traitements phytosanitaires semble pertinente.

v) Il serait également intéressant d'évaluer les résidus des pesticides et produits phytosanitaires dans les miels.

vi) Etudier par ailleurs les facteurs climatiques et les plantes mellifères de la région tout en procédant à la création d'un calendrier floral. Ceci permettrait de renforcer les connaissances sur la gestion de l'apiculture et promouvoir la formation professionnelle des apiculteurs pour mieux gérer la ruche et améliorer la qualité et la quantité de miel, en adoptant une stratégie visant à trouver un marché national et international stable vers lequel le miel algérien puisse être expédié régulièrement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Abdulrhman, M.M., El-Hefnawy, M.H., Aly, R.H., Shatla, R.H., Mamdouh, R.M., Mahmoud, D.M., Mohamed, W.S., 2013. Metabolic effects of honey in type 1 diabetes mellitus: a randomized crossover pilot study. *Journal of medicinal food* 16, 66–72.
- [2] Aboulghazi, A., Touzani, S., Fadil, M., Lyoussi, B., 2022. Physicochemical characterization and in vitro evaluation of the antioxidant and anticandidal activities of Moroccan propolis. *Veterinary World* 15, 341.
- [3] 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, 184–191.
- [4] Adaškevičiūtė, V., Kaškonienė, V., Kaškonas, P., Barčauskaitė, K., Maruška, A., 2019. Comparison of physicochemical properties of bee pollen with other bee products. *Biomolecules* 9, 819.
- [5] Allen, K.L., Molan, P.C., Reid, G.M., 2011. A Survey of the Antibacterial Activity of Some New Zealand Honeys. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 43, 817–822. <https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.1991.tb03186.x>
- [6] Almasi, R., Sekarappa, B., 2019. ANALYSIS OF UNIFLORAL AND MULTIFLORAL HONEY FOR PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES IN SOUTHERN KARNATAKA, INDIA.
- [7] Alvarez, L.M., 2011. Honey proteins and their interaction with polyphenols.
- [8] Amri, A., 2013. Physicochemical characterization of some multifloral honeys from honeybees *Apis mellifera* collected in the Algerian northeast. *Afr. J. Food Sci.* 7, 168–173. <https://doi.org/10.5897/AJFS13.0986>
- [9] Mechanisms of action underlying the anti-inflammatory and immunomodulatory effects of propolis: a brief review. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 22, 208–219.
- [10] Tomás, A., Russo-Almeida, P., Falcão, S.I., Vilas-Boas, M., 2021. Assessment of bioactive compounds under simulated gastrointestinal digestion of bee pollen and bee bread: Bioaccessibility and antioxidant activity. *Antioxidants* 10, 651.
- [11] B Benhanifia, M., Boukraâ, L., M Hammoudi, S., A Sulaiman, S., Manivannan, L., 2011. Recent patents on topical application of honey in wound and burn management. *Recent Patents on Inflammation & Allergy Drug Discovery* 5, 81–86.

- [12] Bartkiene, E., Lele, V., Sakiene, V., Zavistanaviciute, P., Zokaityte, E., Dauksiene, A., Jagminas, P., Klupsaite, D., Bliznikas, S., Ruzauskas, M., 2020. Variations of the antimicrobial, antioxidant, sensory attributes and biogenic amines content in Lithuania-derived bee products. *LWT* 118, 108793. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108793>
- [13] Baydar, N.G., Özkan, G., Sağdıç, O., 2004. Total phenolic contents and antibacterial activities of grape (*Vitis vinifera* L.) extracts. *Food Control* 15, 335–339. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00083-5](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00083-5)
- [14] Ben Amor, S., Mekious, S., Allal Benfekih, L., Abdellattif, M.H., Boussebaa, W., Almalki, F.A., Ben Hadda, T., Kawsar, S.M., 2022. Phytochemical Characterization and Bioactivity of Different Honey Samples Collected in the Pre-Saharan Region in Algeria. *Life* 12, 927.
- [15] García, Z.H., Galdón, B.R., Rodríguez, E.R., Romero, C.D., 2011. Differentiation of blossom and honeydew honeys using multivariate analysis on the physicochemical parameters and sugar composition. *Food Chemistry* 126, 664–672. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.003>
- [16] Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M., Maffei Facino, R., 2005. Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta* 533, 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2004.11.010>
- [17] Bertonecelj, J., Dobersek, U., Jamnik, M., Golob, T., 2007. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry* 105, 822–828. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.060>
- [18] 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, 2052–2060.
- [19] Bhuiyan, K.H., Hossain, M.M., Bari, M.N., Khanam, M.R., 2002. Identification of bee plants and analysis of honey collected from different plant sources. *Pak. J. Biol. Sci* 5, 1199–1201.
- [20] Bogdanov, S., 2011. The bee pollen book. Bulgaria: Bee Product Science.
- [21] Bogdanov, S., 1997. Nature and Origin of the Antibacterial Substances in Honey. *LWT - Food Science and Technology* 30, 748–753. <https://doi.org/10.1006/fstl.1997.0259>

- [23] Bogdanov, S., Martin, P., Luellmann, C., 1997. Harmonised methods of the European Honey Commission. Apidologie (France).
- [24] Bouchelaghem, S., 2022. Propolis characterization and antimicrobial activities against *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*: A review. Saudi journal of biological sciences 29, 1936–1946.
- [25] Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsì, 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, 265–274. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.08.011>
- [26] Bradbear, N., 2010. rôle des abeilles dans le développement rural. Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles. FAO.
- [27] Breeze, T.D., Bailey, A.P., Balcombe, K.G., Potts, S.G., 2011. Pollination services in the UK: How important are honeybees? Agriculture, Ecosystems & Environment 142, 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.020>
- [28] Bridi, R., Atala, E., Pizarro, P.N., Montenegro, G., 2019. Honeybee pollen load: phenolic composition and antimicrobial activity and antioxidant capacity. Journal of natural products 82, 559–565.
- [29] Buba, F., 2013. Physicochemical and Microbiological Properties of Honey from North East Nigeria. Biochem Anal Biochem 02. <https://doi.org/10.4172/2161-1009.1000142>
- [30] Burdock, G.A., 1998. Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis). Food and Chemical toxicology 36, 347–363.
- [31] Calegari, M.A., Prasniewski, A., Silva, C.D., Sado, R.Y., Maia, F., Tonial, L., Oldoni, T.L., 2017. Propolis from Southwest of Parana produced by selected bees: Influence of seasonality and food supplementation on antioxidant activity and phenolic profile. Anais da Academia Brasileira de Ciências 89, 45–55.
- [32] Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Akyuz Turumtay, E., Silici, S., Kolayli, S., 2015. An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. Food Chemistry 180, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.024>
- [33] Cedikova, M., Miklikova, M., Stachova, L., Grundmanova, M., Tuma, Z., Vetvicka, V., Zech, N., Kralickova, M., Kuncova, J., 2014. Effects of the czech propolis on sperm

- mitochondrial function. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2014.
- [34] Chan, G.C.-F., Cheung, K.-W., Sze, D.M.-Y., 2013. The immunomodulatory and anticancer properties of propolis. *Clinical reviews in allergy & immunology* 44, 262–273.
- [35] Chandra, S., Chatterjee, P., Dey, P., Bhattacharya, S., 2012. Evaluation of in vitro anti-inflammatory activity of coffee against the denaturation of protein. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2, S178–S180.
- [36] Chataway, H.D., 1932. THE DETERMINATION OF MOISTURE IN HONEY. *Can. J. Res.* 6, 532–547. <https://doi.org/10.1139/cjr32-041>
- [37] Chefrour, C., Draiaia, R., Tahar, A., Kaki, Y.A., Bennadja, S., Battesti, M.J., 2009. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some north-east Algerian honeys. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 9.
- [38] Choudhari, M.K., Haghniaz, R., Rajwade, J.M., Paknikar, K.M., 2013. Anticancer activity of Indian stingless bee propolis: an in vitro study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2013.
- [39] Choudhari, M.K., Punekar, S.A., Ranade, R.V., Paknikar, K.M., 2012. Antimicrobial activity of stingless bee (*Trigona* sp.) propolis used in the folk medicine of Western Maharashtra, India. *Journal of ethnopharmacology* 141, 363–367.
- [40] Codex Alimentarius, 2001. CODEX ALIMENTARIUS 2001: Revised standard for honey. Codex Standard 12-1981. Rev 1 (1987), Rev 2 (2001), Rome: FAO [WWW Document]. URL (accessed 12.1.21).
- [41] Council, E.U., 2002. Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey. *Official Journal of the European Communities* L 10, 47–52.
- [42] Daniele, G., Casabianca, H., 2012. Sugar composition of French royal jelly for comparison with commercial and artificial sugar samples. *Food Chemistry* 134, 1025–1029.
- [43] De Almeida, E.C., Menezes, H., 2002. Anti-inflammatory activity of propolis extracts: a review. *Journal of Venomous Animals and Toxins* 8, 191–212.
- [45] 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, 4246–4253.

- [46] Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Maamri, S., Djireb, F., Stocker, P., 2006. Phenolic extracts from various Algerian plants as strong inhibitors of porcine liver carboxylesterase. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry* 21, 719–726. <https://doi.org/10.1080/14756360600810399>
- [47] Djossou, J.A., Tchobo, F.P., Yédomonhan, H., Alitonou, A.G., Soumanou, M.M., 2013. Evaluation des caractéristiques physico-chimiques des miels commercialisés à Cotonou. *Tropicultura* 31.
- [48] Dżugan, M., Tomczyk, M., Sowa, P., Grabek-Lejko, D., 2018. Antioxidant Activity as Biomarker of Honey Variety. *Molecules* 23, 2069. <https://doi.org/10.3390/molecules23082069>
- [49] El Sohaimy, S.A., Masry, S.H.D., Shehata, M.G., 2015. Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences* 60, 279–287. <https://doi.org/10.1016/j.aoad.2015.10.015>
- [50] El-Seedi, H.R., Eid, N., Abd El-Wahed, A.A., Rateb, M.E., Afifi, H.S., Algethami, A.F., Zhao, C., Al Naggari, Y., Alsharif, S.M., Tahir, H.E., 2022. Honey bee products: Preclinical and clinical studies of their anti-inflammatory and immunomodulatory properties. *Frontiers in Nutrition* 8, 761267.
- [51] Escriche, I., Oroian, M., Visquert, M., Gras, M.L., Vidal, D., 2016. Rheological properties of honey from burkina faso: loss modulus and complex viscosity modeling. *International Journal of Food Properties* 19, 2575–2586.
- [52] Escuredo, O., Seijo, M.C., 2019. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Foods*.
- [53] 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, 8359–8377.
- [54] Ferreira, I.C.F.R., Aires, E., Barreira, J.C.M., Estevinho, L.M., 2009. Antioxidant activity of Portuguese honey samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry* 114, 1438–1443. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.028>
- [55] Ferreres, F., Gomes, N.G., Valentão, P., Pereira, D.M., Gil-Izquierdo, A., Araújo, L., Silva, T.C., Andrade, P.B., 2018. Leaves and stem bark from *Allophylus africanus* P. Beauv.: An approach to anti-inflammatory properties and characterization of their flavonoid profile. *Food and Chemical Toxicology* 118, 430–438.
- [56] Fournier, R., 2009. ABC de l'Apithérapie. GRANCHER, Paris.

- [57] Fujii, A., 1995. Pharmacological effect of royal jelly. *Honeybee Science* 16, 97–104.
- [58] Gercek, Y.C., Celik, S., Bayram, S., 2022. Screening of plant pollen sources, polyphenolic compounds, fatty acids and antioxidant/antimicrobial activity from bee pollen. *Molecules* 27, 117.
- [59] Gheldof, N., Engeseth, N.J., 2002. Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. *Journal of agricultural and food chemistry* 50, 3050–3055.
- [60] Ghisalberti, E.L., 1979. Propolis: a review. *Bee world* 60, 59–84.
- [61] Ghorab, A., Rodríguez-Flores, M.S., Nakib, R., Escuredo, O., Haderbache, L., Bekdouche, F., Seijo, M.C., 2021. Sensorial, Melissopalynological and Physico-Chemical Characteristics of Honey from Babors Kabylia's Region (Algeria). *Foods* 10, 225. <https://doi.org/10.3390/foods10020225>
- [63] 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, 544–548 <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.11.029>
- [64] González-Miret, M.L., Terrab, A., Hernanz, D., Fernández-Recamales, M.Á., Heredia, F.J., 2005. Multivariate correlation between color and mineral composition of honeys and by their botanical origin. *Journal of agricultural and food chemistry* 53, 2574–2580.
- [65] Goût, J., Jardel, C., 1998. *monde du miel et des abeilles*. Delachaux et Niestlé.
- [66] Grecka, K., Kuś, P., Worobo, R., Szweda, P., 2018. Study of the Anti-Staphylococcal Potential of Honeys Produced in Northern Poland. *Molecules* 23, 260. <https://doi.org/10.3390/molecules23020260>
- [67] Gül, A., Pehlivan, T., 2018. Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Turkey. *Saudi Journal of Biological Sciences* 25, 1056–1065. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.02.011>
- [68] Hasim, H., Rao, P.V., Sekhar, A.C., Muthuraju, S., Asari, M.A., Sirajudeen, K.N.S., 2020. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using Tualang honey and evaluation of their antioxidant activities. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology* 11, 025010.
- [69] Homrani, M., Escuredo, O., Rodríguez-Flores, M.S., Fatiha, D., Mohammed, B., Homrani, A., Seijo, M.C., 2020. Botanical Origin, Pollen Profile, and

- Physicochemical Properties of Algerian Honey from Different Bioclimatic Areas. *Foods* 9, 938. <https://doi.org/10.3390/foods9070938>
- [70] Hoyet, C., 2005. Le miel: de la source à la thérapeutique (PhD Thesis). UHP-Université Henri Poincaré.
- [71] Jean-Prost, P., 1987. Apiculture; connaître l'abeille, conduire le rucher.
- [72] Jean-Prost, P., Médori, P., Le Conte, Y., 2005. l'apiculture, connaître l'abeille. Conduire le rucher. 7^{ème} édition Lavoisier. 682p.
- [73] Kacániová, M., Vuković, N., Chlebo, R., Haščík, P., Rovna, K., Cubon, J., Džugan, M., Pasternakiewicz, A., 2012. The antimicrobial activity of honey, bee pollen loads and beeswax from Slovakia. *Archives of biological sciences* 64, 927–934.
- [74] 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, 64–69.
- [75] Khalil, Md.I., Moniruzzaman, M., Boukraâ, L., Benhanifia, M., Islam, Md.A., Islam, Md.N., Sulaiman, S.A., Gan, S.H., 2012. Physicochemical and Antioxidant Properties of Algerian Honey. *Molecules* 17, 11199–11215. <https://doi.org/10.3390/molecules170911199>
- [76] Khiati, B., 2014. Evaluation of Physicochemical and Antioxidant Properties of Raw Honey from Algeria. *J Microb Biochem Technol* s1. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.S4-006>
- [77] 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.
- [78] Kushima, K., 1973. Effects of royal jelly on autonomic imbalance in menopausal women. *World Obstet. Gynecol.* 25, 439–443.
- [79] Laouar, H., Tahar, A., 2017. Physicochemical analysis of some honeys from humid regions in North East Algeria 10, 5.
- [80] Le Blanc, B.W., Davis, O.K., Boue, S., DeLucca, A., Deeby, T., 2009. Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food chemistry* 115, 1299–1305.
- [81] Lequet, L., 2010. Du nectar a un miel de qualité: Contrôles analytiques du miel et conseils Pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur (PhD Thesis). thèse de Doctorat en vétérinaire, numéro de thèse 085. Université de Claude
- [82] Lobreau-Callen, D., 1994. Introduction. *Grana* 33, 181–183. <https://doi.org/10.1080/00173139409428998>

- [83] Louveaux, J., Maurizio, A., Vorwohl, G., 1978. Methods of Melissopalynology. *Bee World* 59, 139–157. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1978.11097714>
- [84] Lu, L.-C., Chen, Y.-W., Chou, C.-C., 2005. Antibacterial activity of propolis against *Staphylococcus aureus*. *International journal of food microbiology* 102, 213–220.
- [85] Afonso, A., Gonçalves, J., Luís, Â., Gallardo, E., Duarte, A.P., 2020. Evaluation of the in vitro wound-healing activity and phytochemical characterization of propolis and honey. *Applied Sciences* 10, 1845.
- [86] Magalhães, L.M., Santos, F., Segundo, M.A., Reis, S., Lima, J.L., 2010. Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity. *Talanta* 83, 441–447.
- [87] Makhloufi, C., Kerkvliet, J.D., D'albore, G.R., Choukri, A., Samar, R., 2010. Characterization of Algerian honeys by palynological and physico-chemical methods. *Apidologie* 41, 509–521. <https://doi.org/10.1051/apido/2010002>
- [88] Marchenay, P., 1988. Miels, miellats, miellées. *jatba* 35, 121–146. <https://doi.org/10.3406/jatba.1988.6682>
- [89] Marcucci, M.C., 1995. Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutic activity. *Apidologie* 26, 83–99.
- [90] Mateescu, C., 1999. Enhanced nutritive, functional and therapeutic action of combined bee products in complex food supplements. *Roumanian Biotechnology Letter* 4, 163–172.
- [91] Mayda, N., Özkök, A., Ecem Bayram, N., Gerçek, Y.C., Sorkun, K., 2020. Bee bread and bee pollen of different plant sources: Determination of phenolic content, antioxidant activity, fatty acid and element profiles. *Journal of Food Measurement and Characterization* 14, 1795–1809.
- [92] Meda, A., Lamien, C.E., Romito, M., Millogo, J., Nacoulma, O.G., 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry* 91, 571–577. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>
- [93] 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. *Environ. Sci.* 14.
- [94] Mohapatra, D.P., Thakur, V., Brar, S.K., 2011. Antibacterial Efficacy of Raw and Processed Honey. *Biotechnology Research International* 2011, 1–6. <https://doi.org/10.4061/2011/917505>

- [95] Molan, P.C., 1992. The antibacterial nature of honey: 1. The nature of the antibacterial activity. *Bee World* 73, 5–28.
- [96] Mondragón-Cortez, P., Ulloa, J.A., Rosas-Ulloa, P., Rodríguez-Rodríguez, R., Resendiz Vázquez, J.A., 2013. Physicochemical characterization of honey from the West region of México. *CyTA - Journal of Food* 11, 7–13. <https://doi.org/10.1080/19476337.2012.673175>
- [97] Moreira, L., Dias, L.G., Pereira, J.A., Estevinho, L., 2008. Antioxidant properties, total phenols and pollen analysis of propolis samples from Portugal. *Food and Chemical Toxicology* 46, 3482–3485. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.08.025>
- [98] Mouhoubi-Tafnine, Z., Ouchemoukh, S., Tamendjari, A., 2016. Antioxydant activity of some algerian honey and propolis. *Industrial Crops and Products* 88, 85–90.
- [99] Muller, W.J., Hepburn, H.R., 1994. Juvenile hormone III and wax secretion in honeybees (*Apis mellifera capensis*). *Journal of Insect Physiology* 40, 873–881.
- [100] Münstedt, K., Bogdanov, S., 2009. Bee products and their potential use in modern medicine. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science* 1, 57–63.
- [101] Nanda, V., Sarkar, B.C., Sharma, H.K., Bawa, A.S., 2003. Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis* 16, 613–619. [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(03\)00062-0](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(03)00062-0)
- [102] Narita, Y., Nomura, J., Ohta, S., Inoh, Y., Suzuki, K.-M., Araki, Y., Okada, S., Matsumoto, I., Isohama, Y., Abe, K., 2006. Royal jelly stimulates bone formation: physiologic and nutrigenomic studies with mice and cell lines. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry* 70, 2508–2514.
- [103] Nzeako, B.C., Hamdi, J., 2000. Antimicrobial potential of honey on some microbial isolates. *Sultan Qaboos University Medical Journal [SQUMJ]* 2, 75–79.
- [104] Ojeda de Rodriguez, G., Sulbarán de Ferrer, B., Ferrer, A., Rodriguez, B., 2004. Characterization of honey produced in Venezuela. *Food Chemistry* 84, 499–502. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00517-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00517-4)
- [105] Orsi, R. de O., Sforcin, J.M., Funari, S.R.C., Fernandes Junior, A., Bankova, V., 2006. Synergistic effect of propolis and antibiotics on the *Salmonella typhi*. *Brazilian Journal of Microbiology* 37, 108–112.
- [106] Oryan, A., Alemzadeh, E., Moshiri, A., 2018. Potential role of propolis in wound healing: Biological properties and therapeutic activities. *Biomedicine & pharmacotherapy* 98, 469–483.

- [107] Oryan, A., Alemzadeh, E., Moshiri, A., 2016. Biological properties and therapeutic activities of honey in wound healing: A narrative review and meta-analysis. *Journal of tissue viability* 25, 98–118.
- [108] Ouchemoukh, S., 2012. Caractérisation physicochimique, profils polliniques, glucidiques et phénoliques et activités antioxydantes de miels Algériens (PhD Thesis). Thèse de Doctorat de Biologie en Biochimie. Université Abderrahmane Mira
- [109] Ouchemoukh, S., Louaileche, H., Schweitzer, P., 2007. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control* 18, 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.08.007>
- [110] Özkök, A., D'arcy, B., Sorkun, K., 2010. Total Phenolic Acid and Total Flavonoid Content of Turkish Pine Honeydew Honey. *J. of ApiProd ApiMed Sci* 2, 65–71. <https://doi.org/10.3896/IBRA.4.02.2.01>
- [111] Paramás, A.M.G., Bárez, J.A.G., Marcos, C.C., García-Villanova, R.J., Sánchez, J.S., 2006. HPLC-fluorimetric method for analysis of amino acids in products of the hive (honey and bee-pollen). *Food Chemistry* 95, 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.008>
- [112] Pascoal, A., Rodrigues, S., Teixeira, A., Feás, X., Estevinho, L.M., 2014. Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology* 63, 233–239.
- [113] Perumal Samy, R., Pachiappan, A., Gopalakrishnakone, P., Thwin, M.M., Hian, Y.E., Chow, V.T., Bow, H., Weng, J.T., 2006. In vitro antimicrobial activity of natural toxins and animal venoms tested against *Burkholderia pseudomallei*. *BMC infectious diseases* 6, 1–16.
- [114] Piccinelli, A.L., Mencherini, T., Celano, R., Mouhoubi, Z., Tamendjari, A., Aquino, R.P., Rastrelli, L., 2013. Chemical composition and antioxidant activity of Algerian propolis. *Journal of agricultural and food chemistry* 61, 5080–5088.
- [115] Pita-Calvo, C., Vázquez, M., 2018. Honeydew Honeys: A Review on the Characterization and Authentication of Botanical and Geographical Origins. *J. Agric. Food Chem.* 66, 2523–2537. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05807>
- [116] Pobiega, K., Kraśniewska, K., Gniewosz, M., 2019. Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality—A review. *Trends in food science & technology* 83, 53–62.

- [117] Pontis, J.A., Costa, L.A.M.A. da, Silva, S.J.R. da, Flach, A., 2014. Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. *Food Sci. Technol* 34, 69–73. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612014005000015>
- [118] Popova, M., Silici, S., Kaftanoglu, O., Bankova, V., 2005. Antibacterial activity of Turkish propolis and its qualitative and quantitative chemical composition. *Phytomedicine* 12, 221–228. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2003.09.007>
- [119] Price, J.N., Morgan, J.W., 2006. Variability in plant fitness influences range expansion of *Leptospermum scoparium*. *Ecography* 29, 623–631.
- [120] Prost, P.J., Le Conte, Y., 2005. *Apiculture: connaître l'abeille, conduire le rucher*. Lavoisier, Paris 382.
- [121] Przybyłek, I., Karpiński, T.M., 2019. Antibacterial properties of propolis. *Molecules* 24, 2047.
- [122] Zovko Končić, M., Miloloža, K., Perković, I., Butula, I., Bucar, F., Zorc, B., 2010. Primaquine-NSAID twin drugs: Synthesis, radical scavenging, antioxidant and Fe²⁺-chelating activity. *Acta Pharmaceutica* 60, 325–337.
- [123] Ramos, A.F.N., Miranda, J. de, 2007. Propolis: a review of its anti-inflammatory and healing actions. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases* 13, 697–710.
- [124] Ranneh, Y., Akim, A.M., Hamid, H.A., Khazaai, H., Fadel, A., Zakaria, Z.A., Albujja, M., Bakar, M.F.A., 2021. Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC complementary medicine and therapies* 21, 1–17.
- [125] Raso, G.M., Meli, R., Di Carlo, G., Pacilio, M., Di Carlo, R., 2001. Inhibition of inducible nitric oxide synthase and cyclooxygenase-2 expression by flavonoids in macrophage J774A. 1. *Life sciences* 68, 921–931.
- [126] Ravazzi, G., Breffort, C., Vielfaure, C., 2003. *Abeilles et apiculture, Nouv éd rev. et augm édition*. ed. De Vecchi.
- [127] Rebiai, A., Lanez, T., Chouikh, A., 2015. PHYSICOCHEMICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF HONEY BEE PRODUCTS IN SOUTH ALGERIA 11.
- [128] Ristivojević, P., Trifković, J., Andrić, F., Milojković-Opsenica, D., 2015. Poplar-type propolis: Chemical composition, botanical origin and biological activity. *Natural product communications* 10, 1934578X1501001117.

- [129] Rodríguez-Flores, M.S., Escuredo, O., Míguez, M., Seijo, M.C., 2019. Differentiation of oak honeydew and chestnut honeys from the same geographical origin using chemometric methods. *Food chemistry* 297, 124979.
- [130] Roshan, N., Rippers, T., Locher, C., Hammer, K.A., 2017. Antibacterial activity and chemical characteristics of several Western Australian honeys compared to manuka honey and pasture honey. *Archives of Microbiology* 199, 347–355.
- [131] Rossant, A., 2011. Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes [Thèse]. Limoges: Université de Limoges.
- [132] Rzepecka-Stojko, A., Stojko, J., Kurek-Górecka, A., Górecki, M., Kabałła-Dzik, A., Kubina, R., Moździerz, A., Buszman, E., 2015. Polyphenols from bee pollen: structure, absorption, metabolism and biological activity. *Molecules* 20, 21732–21749.
- [133] Sahinler, N., Kaftanoglu, O., 2005. Natural product propolis: chemical composition. *Natural Product Research* 19, 183–188.
- [134] Saral, Ö., Kilicarslan, M., ŞAHİN, H., Yildiz, O., Dincer, B., 2019. Evaluation of antioxidant activity of bee products of different bee races in Turkey. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences* 43, 441–447.
- [135] Selvaraju, K., Vikram, P., Soon, J.M., Krishnan, K.T., Mohammed, A., 2019. Melissopalynological, physicochemical and antioxidant properties of honey from West Coast of Malaysia. *Journal of food science and technology* 56, 2508–2521.
- [136] Sforcin, J.M., 2007. Propolis and the immune system: a review. *Journal of ethnopharmacology* 113, 1–14.
- [137] SFORCIN, J.M., Fernandes Júnior, A., Lopes, C.A.M., Funari, S.R.C., Bankova, V., 2001. Seasonal effect of Brazilian propolis on *Candida albicans* and *Candida tropicalis*. *Journal of Venomous Animals and Toxins* 7, 139–144.
- [138] Sharaf, M., Hamouda, H.I., Shabana, S., Khan, S., Arif, M., E. Rozan, Hussein., Abdalla, M., Chi, Z., Liu, C., 2021. Design of lipid-based nanocarrier for drug delivery has a double therapy for six common pathogens eradication. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 625, 126662. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.126662>
- [139] Subrahmanyam, M., 1998. A prospective randomised clinical and histological study of superficial burn wound healing with honey and silver sulfadiazine. *Burns* 24, 157–161.

- [140] Suzuki, K.-M., Isohama, Y., Maruyama, H., Yamada, Y., Narita, Y., Ohta, S., Araki, Y., Miyata, T., Mishima, S., 2008. Estrogenic activities of fatty acids and a sterol isolated from royal jelly. *Evidence-based complementary and alternative medicine* 5, 295–302.
- [141] Terrab, A., Díez, M.J., Heredia, F.J., 2002. Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry* 79, 373–379. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00189-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00189-9)
- [142] Vasić, V., Gašić, U., Stanković, D., Lušić, D., Vukić-Lušić, D., Milojković-Opsenica, D., Tešić, Ž., Trifković, J., 2019. Towards better quality criteria of European honeydew honey: Phenolic profile and antioxidant capacity. *Food Chemistry* 274, 629–641. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.045>
- [143] Vică, M.L., Glevitzky, M., Tit, D.M., Behl, T., Heghedüş-Mîndru, R.C., Zaha, D.C., Ursu, F., Popa, M., Glevitzky, I., Bungău, S., 2021. The antimicrobial activity of honey and propolis extracts from the central region of Romania. *Food Bioscience* 41, 101014. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101014>
- [144] Watanabe, M.A.E., Amarante, M.K., Conti, B.J., Sforcin, J.M., 2011. Cytotoxic constituents of propolis inducing anticancer effects: a review. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 63, 1378–1386.
- [145] White Jr, J.W., 1957. The composition of honey. *Bee World* 38, 57–66.
- [146] White, J.W., Collaborators:, Beaty, M.R., Eaton, W.G., Hart, B., Huser, W., Killion, E., Lamssies, R.R., Lee, T., Moen, W.E., Nelson, S.L., O’Neal, R., Probst, J., Shepard, G.H., Stevenson, W.V., Teas, J., 1984. Instrumental Color Classification of Honey: Collaborative Study. *Journal of AOAC INTERNATIONAL* 67, 1129–1131. <https://doi.org/10.1093/jaoac/67.6.1129>
- [147] White, J.W., Subers, M.H., 1964. Studies on Honey Inhibine. 3. Effect of Heat. *Journal of Apicultural Research* 3, 45–50. <https://doi.org/10.1080/00218839.1964.11100082>
- [148] Zhao, J.-Q., Wen, Y.-F., Bhadauria, M., Nirala, S.K., Sharma, A., Shrivastava, S., Shukla, S., Agrawal, O.P., Mathur, R., 2009. Protective effects of propolis on inorganic mercury induced oxidative stress in mice.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 01 : liste des appareils utilisés au laboratoire

Le nom de l'appareil	La photo de l'appareil	La marque de l'appareil
pH mètre / conductimètre		Consort multi-parameter analyser
Etuve		SMCLAB QUIMICA Espana
Balance de précision		KERN-PCB-M-Memory

Spectrophotometrie		RAY LEIGH VIS -723N
Centrifugeuse		Benchmark LC-8 series
Bain marie		Memmert
Vortex		IKA MS3control

Four à moufle		Nabertherm
Autoclave		
rotuvapure		BUCHI Heating Bath B-491

Bain ultra son		ULTRASONIC CLEANER
Agitateur magnétique		DIAB MS-H-S
Hotte microbiologique		BIOBASE
Instrument en verre		/

Micropipette		YL225AP002490
Houne		/
Spatule		/
Boite pétie		

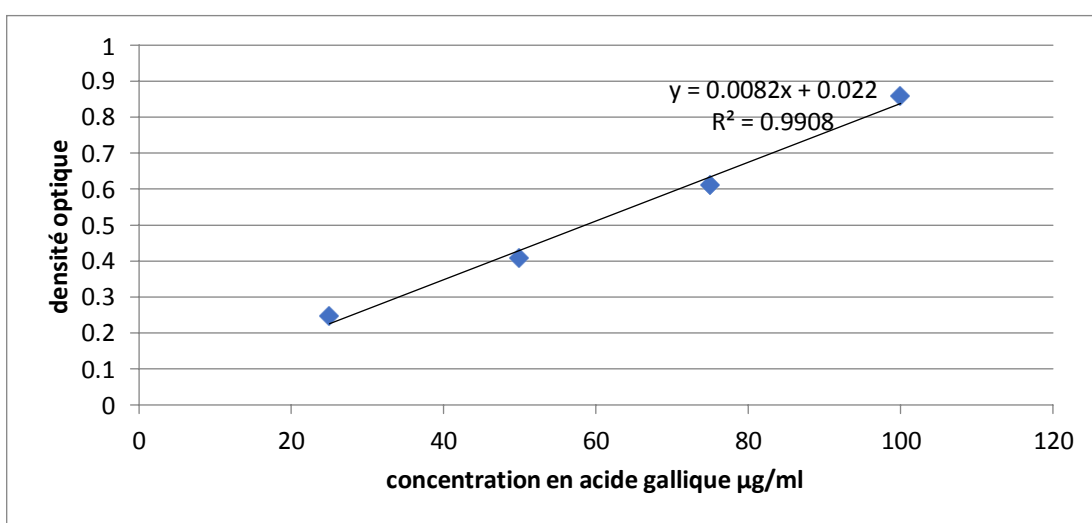
Annexe 02 : Tableau de Chataway

Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau %	Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau %
1,5041	13,0	1,4910	18,2
1,5035	13,2	1,4905	18,4
1,5030	13,4	1,4900	18,6
1,5025	13,6	1,4895	18,8
1,5020	13,8	1,4890	19,0
1,5015	14,0	1,4885	19,2
1,5010	14,2	1,4880	19,4
1,5005	14,4	1,4876	19,6
1,5000	14,6	1,4871	19,8
1,4995	14,8	1,4866	20,0
1,4990	15,0	1,4862	20,2
1,4985	15,2	1,4858	20,4
1,4980	15,4	1,4853	20,6
1,4975	15,6	1,4849	20,8
1,4970	15,8	1,4844	21,0
1,4965	16,0	1,4828	21,5
1,4960	16,2	1,4815	22,0
1,4955	16,4	1,4802	22,5
1,4950	16,6	1,4789	23,0
1,4945	16,8	1,4777	23,5
1,4940	17,0	1,4764	24,0
1,4935	17,2	1,4752	24,5
1,4930	17,4	1,4739	25,0
1,4925	17,6	1,4726	25,5
1,4920	17,8	1,4714	26,0
1,4915	18,0	1,4702	26,5

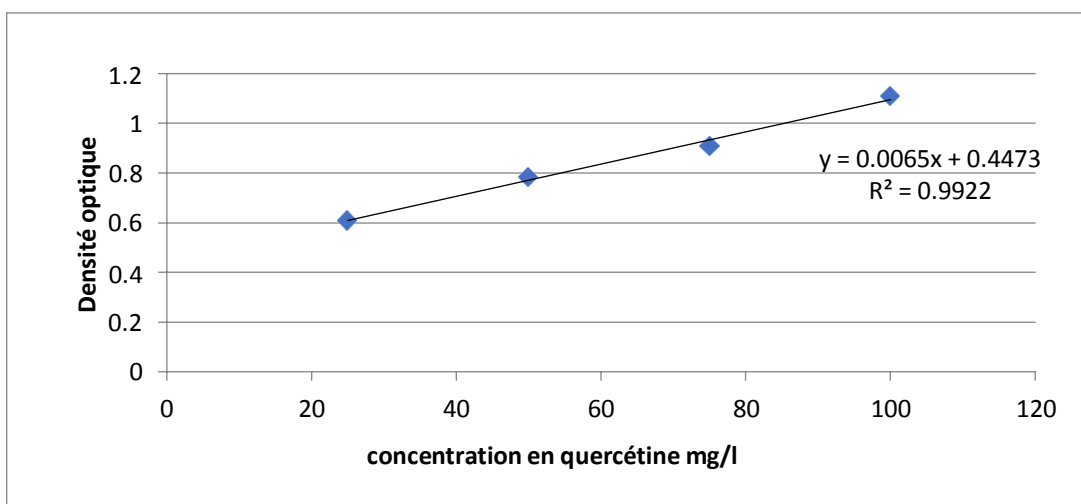
Annexe 03 : Couleur du miel exprimé en absorbance et l'échelle Pfund

Couleur du miel	Absorbance	L'échelle Pfund
Blanc transparent (Water white)	0.104–0.125	< 8
Extra blanc (Extra white)	0.125–0.148	9–17
Blanc (White)	0.148–0.195	18–34
Ambre extra clair (Extra light amber)	0.195–0.238	35–50
Ambre clair (Light amber)	0.238–0.333	51–85
Ambre (Amber)	0.333–0.411	86–114
Ambre sombre (Dark amber)	> 0.411	> 114

Annexe 04 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique



Annexe 05 : Courbe d'étalonnage de quercétine



Annexe 06 : Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique

