



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCCEN

MEMOIRE

Présenté à :

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE CHIMIE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN CHIMIE

Spécialité : Chimie des Produits Naturels

Par :

Mlle EL OUCHDI Ghita & Mlle GHAF FOUR Hadjer Chaimae

Sur le thème

Valorisation des Miels d'*Eucalyptus globulus*

Labill. de l'Ouest Algérien

Soutenu publiquement le 31 mai 2023 à Tlemcen devant le jury composé de :

Mr	Chaouki SELLES	Professeur	Université de Tlemcen	Président
Mr	Hocine ALLALI	Professeur	Université de Tlemcen	Encadrant
Mme	Asma CHOUKCHOU BRAHAM	Professeur	Université de Tlemcen	Examinatrice
Mme	Faiza BOUKLI-HACENE	MC « B »	Université de Tlemcen	Co-encadrante

Année Universitaire : 2022 ~ 2023

Remerciements

Avant d'entamer notre projet, nous tenons à exprimer notre gratitude envers Dieu qui nous a donné la force et la patience nécessaires pour mener à bien nos années d'études.

Nous souhaitons exprimer notre sincère reconnaissance envers notre encadrant, Professeur ALLALI Hocine, pour sa contribution inestimable et son soutien constant tout au long de la réalisation de notre mémoire. Grâce à son expertise, sa patience et son dévouement, nous avons pu mener à bien notre recherche en toute confiance, en collaboration avec notre co-encadrante, Mme BOUKLI-HACENE Faiza.

Nous exprimons notre sincère gratitude aux Professeurs SELLES Chaouki et CHOUKCHOU Braham Esma pour avoir accepté de consacrer leur temps à l'évaluation de notre travail.

Nous sommes également reconnaissants envers les ingénieurs de laboratoire, M. KHALDI Boumediène, M. KHALDI Omar, M. MEBITIL Mourad et Mme BOUNACEUR Amaria, pour leur expertise technique et leur disponibilité constante. Leur contribution en fournissant les équipements et les matériaux nécessaires a été cruciale pour la réussite de nos expériences.

Nous remercions également les doctorantes Mme BEREKSI Dalila et Mlle KAZI TANI Nesrine, qui ont enrichi nos connaissances et nos compétences grâce à leurs discussions et leurs échanges d'idées.

Enfin, nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance envers nos amis, Mlle GOUAL Faiza, Mlle BELGACEM Nassima, Mlle FRITEL Kenza et M. HADANI Mohamed, pour leur compréhension tout au long de ce parcours. Nous sommes reconnaissantes d'avoir pu partager cette expérience avec eux.

Nous aimerions également remercier tous les étudiants et enseignants de la spécialité Master Chimie des Produits Naturels pour leur aide et leur soutien. Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à notre projet.

Dédicaces

Je dédie ce travail

À la mémoire de mon père, qu'Allah lui accorde sa miséricorde et sa lumière, pour m'avoir inculqué les valeurs de la persévérance et de l'excellence.

À ma mère, qui a toujours été ma plus grande source d'inspiration et de soutien inconditionnel, qui a cru en moi sans relâche et m'a encouragé à poursuivre mes rêves.

À mes frères, pour leurs soutiens et leurs encouragements constants.

À toute ma famille pour leur amour et leur bienveillance.

Enfin, je dédie ce mémoire à mes amis les plus proches qui se reconnaîtront aisément, dont la présence et le soutien durant les moments de doutes et de stress ont été inestimables.

Ghita

Dédicaces

À mes chers parents, vous êtes mes premiers enseignants, mes guides dans la vie. Votre dévouement inconditionnel et vos sacrifices ont été le moteur de ma réussite. Vos valeurs, votre sagesse et votre soutien constant m'ont façonné en tant qu'individu et m'ont permis de poursuivre mes rêves.

À mes chers frères et ma sœur, vous êtes mes complices, mes amis et mes confidents. Votre présence et votre amour indéfectibles ont illuminé chaque étape de ma vie.

Ma belle-sœur qui a apporté de la joie à notre famille.

Je remercie mon époux qui m'a encouragé à terminer mes études.

Hadjer Chaimae

Résumé

Cette étude examine les caractéristiques physico-chimiques, les activités antimicrobiennes et les composés bioactifs des échantillons de miel d'eucalyptus collectés dans quelques régions de l'Algérie, notamment à Tlemcen, Tiaret, Mostaganem et Ain-Defla. Les tests physico-chimiques permettent d'évaluer plusieurs paramètres, tels que le pH, qui a été mesuré à 4,58, la conductivité électrique qui s'élève à 0,83 mS.cm⁻¹ et la teneur en cendres qui atteint 0,09%. Les activités antimicrobiennes des échantillons de miel sont évaluées en utilisant la méthode des disques et en testant leur effet sur un panel de micro-organismes. Par ailleurs, la présence de composés bioactifs, tels que les composés phénoliques et les flavonoïdes, est analysée au moyen de techniques spectrophotométriques. Les résultats des tests physico-chimiques révèlent des variations dans les propriétés du miel d'eucalyptus provenant des différentes régions étudiées. Cependant, les activités antimicrobiennes ne démontrent pas de manière cohérente le potentiel du miel d'eucalyptus à inhiber la croissance des micro-organismes testés. Des clarifications supplémentaires sont nécessaires pour comprendre pleinement les effets antimicrobiens du miel d'eucalyptus dans cette étude.

Mots-clés : Eucalyptus, miel, Ouest algérien, paramètres physico-chimiques, activité antimicrobienne.

Abstract

This study examines the physicochemical characteristics, antimicrobial activities, and bioactive compounds of eucalyptus honey samples collected from various regions of Algeria, including Tlemcen, Tiaret, Mostaganem, and Ain-Defla. The physicochemical tests assess several parameters such as pH, which was measured at 4.58, electrical conductivity measuring 0.83 mS.cm⁻¹, and ash content reaching 0.09%. The antimicrobial activities of the honey samples are evaluated using the disc diffusion method and testing their effects on a panel of microorganisms. Additionally, the presence of bioactive compounds such as phenolic compounds and flavonoids is analyzed using spectrophotometric techniques. The results of the physicochemical tests reveal variations in the properties of eucalyptus honey from different studied regions. However, the antimicrobial activities do not consistently demonstrate the potential of eucalyptus honey to inhibit the growth of tested microorganisms. Further clarifications are needed to fully understand the antimicrobial effects of eucalyptus honey in this study.

Keywords : Eucalyptus, honey, Western Algeria, physicochemical parameters, microbial activity.

ملخص

هذه الدراسة تفحص الخصائص الفيزيوكيميائية والنشاطات المضادة للميكروبات والمركبات الحيوية لعينات عسل الأوكالبتوس المجموعة من مناطق مختلفة في الجزائر، بما في ذلك تلمسان وتيارت ومستغانم وعين الدفلى. تُستخدم الاختبارات الفيزيوكيميائية لتقييم العديد من المعايير مثل الرقم الهيدروجيني الذي قد تم قياسه بقيمة 4.58 والتوصيل الكهربائي الذي بلغت قيمته 0.83 ملي سيمنز للسنتيمتر ومحتوى الرماد الذي وصل إلى 0.09%. يتم تقييم النشاط المضاد للميكروبات لعينات العسل باستخدام طريقة الأقراص واختبار تأثيرها على مجموعة من الكائنات الدقيقة. علاوة على ذلك، يتم تحليل وجود المركبات الحيوية مثل المركبات الفينولية والفلافونويدات باستخدام تقنيات الطيف المرئي. تكشف نتائج الاختبارات الفيزيوكيميائية عن تباينات في خصائص عسل الأوكالبتوس من المناطق المدروسة المختلفة. ومع ذلك، لا تظهر النشاطات المضادة للميكروبات بشكل منسجم إمكانية عسل الأوكالبتوس في تثبيط نمو الكائنات الدقيقة المختبرة. يتطلب توضيحات إضافية لفهم تأثيرات عسل الأوكالبتوس المضادة للميكروبات في هذه الدراسة.

الكلمات المفتاحية : الأوكالبتوس، العسل، غرب الجزائر، المعايير الفيزيوكيميائية، النشاط المضاد للميكروبات.

Table des matières

LISTE DES FIGURES.....	I
LISTE DES TABLEAUX	II
LISTE DES ANNEXES	III
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I. GENERALITES SUR LE MIEL	3
I. DEFINITION	3
II. FABRICATION DU MIEL.....	3
II.1. L'ABEILLE.....	3
II.2. L'APICULTEUR	4
III. LES DIFFERENTS TYPES DU MIEL	4
III.1. MIEL DE NECTAR OU MIEL DE FLEURS.....	4
III.2. MIEL DE MIELLAT	5
IV. COMPOSITION CHIMIQUE.....	5
V. PROPRIETES DU MIEL.....	6
V.1. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES	6
V.1.1. Viscosité.....	6
V.1.2. Densité	6
V.1.3. Conductivité électrique.....	6
V.1.4. pH	6
V.1.5. Acidité	7
V.1.6. Teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF).....	7
V.1.7. Indice de réfraction.....	7
V.1.8. Pouvoir rotatoire.....	7
V.1.9. Teneur en cendres.....	7
V.1.10. Teneur en eau.....	8
V.1.11. Activité diastasique (activité de l'amylase)	8
V.1.12. Dosage des sucres	8
V.1.13. Proline	8
V.2. PROPRIETES ORGANOLEPTIQUES	8
V.2.1. Couleur.....	8
V.2.2. Odeur.....	9
V.2.3. Goûts	9
V.3. PROPRIETES THERAPEUTIQUES.....	9
V.3.1. Propriétés antitussives, expectorantes et adoucissantes	9
V.3.2. Propriétés cicatrisantes.....	9
V.3.3. Propriétés antioxydantes	9
V.3.4. Action antifongique.....	9
VI. LE MIEL EN ALGERIE	10
VI.1. Nombre de ruches en Algérie	10
VI.2. Production du miel en Algérie.....	10
VI.3. Importation/Exportation du miel en Algérie	11
CHAPITRE II. EUCALYPTUS	12
I. L'EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL.	12

I.1.	HISTORIQUE	12
I.2.	DEFINITION	12
I.3.	DESCRIPTION	12
I.4.	CLASSIFICATION BOTANIQUE	13
I.5.	CLIMAT ET HABITAT	13
I.6.	REPARTITION GEOGRAPHIQUE EN ALGERIE	13
II.	MILIEUX ETUDIES	14
II.1.	Présentation de la wilaya de Mostaganem	14
II.2.	Présentation de la wilaya de Tiaret	14
II.3.	Présentation de la wilaya de Ain-Defla	14
II.4.	Présentation de la wilaya de Tlemcen	14
CHAPITRE III. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES, PRODUITS BIOACTIFS.		16
& ACTIVITE ANTIMICROBIENNE DES MIELS		16
D'EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL.		16
I.	CARACTERISTIQUES DES ECHANTILLONS DE MIELS	16
II.	ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUES	17
II.1.	pH	18
II.2.	CONDUCTIVITE ELECTRIQUE	19
II.3.	TENEUR EN EAU	20
II.4.	DEGRE DE BRUX	21
II.5.	TENEUR EN CENDRES	22
II.6.	PROLINE	23
II.7.	ACIDITE LIBRE	24
III.	TENEUR EN COMPOSES BIOACTIFS	25
III.1.	Polyphénols	26
III.2.	Flavonoïdes	27
IV.	ACTIVITE ANTIMICROBIENNE DES MIELS	27
CHAPITRE IV. MODES OPERATOIRES		30
I.	DETERMINATION DE PH ET ACIDITE LIBRE	30
II.	DETERMINATION DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE	31
III.	DETERMINATION DE L'INDICE DE REFRACTION ET INDICE DE BRUX	32
IV.	DETERMINATION DE LA TENEUR EN CENDRES	32
V.	DETERMINATION DE PROLINE	33
VI.	DETERMINATION DES POLYPHENOLS	34
VII.	DETERMINATION DES FLAVONOÏDES	35
VIII.	L'ACTIVITE ANTIMICROBIENNE	35
CONCLUSION GENERALE		37
BIBLIOGRAPHIE		42

Liste des figures

Figure 1. Diagramme de composition du miel. (Gonnet, 1982).....	5
Figure 2. Evolution de nombre de ruches en Algérie de 1961 à 2021. (FAOSTAT, 2023)	10
Figure 3. Evolution de la production de miel en Algérie de 1961 à 2021.(FAOSTAT, 2023).	10
Figure 4. Valeurs d'importation et exportation de miel en Algérie de 1961 à 2021. (FAOSTAT, 2023).....	11
Figure 5. <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	13
Figure 6- Zones géographiques où les échantillons ont été prélevés.....	16
Figure 7 - Échantillons de miels.....	17
Figure 8 - pH des échantillons	18
Figure 9 - Conductivité électrique des échantillons	19
Figure 10 - Teneur en eau des échantillons.....	20
Figure 11 - Degré de Brix des échantillons	21
Figure 12 - Teneur en cendres des échantillons	22
Figure 13 - Teneur en proline de nos échantillons	23
Figure 14 - Acidité libre de nos échantillons	24
Figure 15 - Teneur en polyphénols de nos échantillons	26
Figure 16 - Teneur en flavonoïdes de nos échantillons	27
Figure 17 – pH-mètre	30
Figure 18 - Conductimètre.....	31
Figure 19 - Refractomètre.....	32
Figure 20 - Creusets d'incinération de nos échantillons	33
Figure 21 – Echantillons d'analyse de proline.....	33

Liste des tableaux

Tableau 1 - Origines botanique et géographique des échantillons, climat et période de récolte	17
Tableau 2 - Paramètres physico-chimiques des miels.....	17
Tableau 3 - Teneur en composés bioactifs.....	25
Tableau 4 - Zone d'inhibition par la diffusion des disques des miels.....	28

Liste des annexes

Annexe 1 : pH initial

Annexe 2 : Conductivité électrique

Annexe 3 : Indice de réfraction

Annexe 4 : Table de Chataway

Annexe 5 : Indice de Brix

Annexe 6 : Teneur en proline

Annexe 7 : Courbe d'étalonnage des polyphénols

Annexe 8 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes

Abréviations**Significations éclatées**

Abs	Absorbance
CE	Conductivité électrique
pH	Potentiel hydrogène
EAG	Équivalent acide gallique
EQ	Equivalent quercetine
HMF	Hydroxyméthylfurfural
CFU	Colonie Formant Unité
N	Normalité
M	Molarité



Introduction générale

Introduction générale

Le miel est produit par les abeilles mais dérive des plantes qui sont butinées. C'est un composé qui relève d'une véritable alchimie de la nature, de l'interaction entre les fleurs, le sol et les systèmes métaboliques complexes des abeilles (Bonté et al., 2011)

Le miel est un aliment que l'on retrouve à travers l'histoire. Toutes les grandes civilisations de l'Histoire ont utilisé le miel. Il est considéré comme un Trésor de la Ruche avec une grande symbolique.

Sa composition en composés phénoliques, en vitamines, en acides aminés, en oligoéléments et de molécules spécifiques lui confère des activités biologiques particulières (Bonté & Desmoulière, 2013). Il a été rapporté que le miel contient jusqu'à 200 substances, il est considéré comme une partie importante de la médecine traditionnelle (Crane, 1979).

A l'heure où la médecine moderne se trouve confrontée à divers problèmes (résistances aux antibiotiques, augmentation des dépenses de santé...), les remèdes dits naturels suscitent un regain d'intérêt. Aujourd'hui, une nouvelle thérapie alternative est apparue, basée sur le miel et d'autres produits des abeilles : l'apithérapie.

Les principaux critères d'intérêt relatifs à la qualité physico-chimique du miel sont bien définis par la Communauté Européenne (2002) et le *Codex Alimentarius* (2001).

Des analyses sont réalisées afin d'évaluer la qualité des miels, celle-ci se définit par la mise en évidence de dégradations du produit, liées au processus de récolte et de conditionnement (chauffage excessif, fermentation, présence de résidus, etc.) (Clément, 2015).

Il convient de noter que la Chine est le plus grand producteur de miel au monde. En 2021, la production s'est élevée à 485 960 tonnes de miel, tandis que l'Algérie n'a produit seulement 5 165 tonnes, soit 1,06 % de la production chinoise. (FAOSTAT, 2023)

Pourtant, avec sa diversité climatique, géographique et culturelle, l'Algérie devrait être l'un des plus grands pays apicoles au monde. L'apiculture est dominante dans plusieurs régions du pays et est connue pour produire une variété de miel d'une région à l'autre. Il est nécessaire de chérir ce précieux cadeau offert par notre terre algérienne.

Différentes variétés de miel sont produites en Algérie. Le ministère de l'Agriculture a recensé pas moins de 13 variétés parmi elles le miel d'Eucalyptus.

Quelle que soit son origine florale, le miel est non seulement un produit nutritif, mais aussi un produit aux multiples propriétés thérapeutiques (Descottes, 2009).

Au cours de cette dernière décennie, une attention particulière a été donnée au développement de la filière apicole en Algérie (Zerrouk et al., 2014). Les miels issus des régions Ouest de l'Algérie doivent faire l'objet de recherches sérieuses sur leurs propriétés physico-chimiques et thérapeutiques, afin de les valoriser.

En absence de normes de qualité des miels nationaux vient, dans ce contexte, notre travail qui s'intéressera et déterminera certaines caractéristiques physico-chimiques, teneurs en composés bioactifs et valorisera quelques pouvoirs thérapeutiques du miel d'Eucalyptus comme son activité antimicrobienne, provenant des différentes régions de l'Ouest algérien.

Pour cela trois parties seront développées dans la présente étude :

- La première partie sera une revue bibliographique sur les généralités et les caractéristiques du miel, de la plante d'Eucalyptus de la région Ouest d'Algérie.
- La seconde partie abordera l'intérêt et les résultats de nos analyses physico-chimiques, composés bioactifs et activité microbienne.
- La troisième partie présentera les modes opératoires que nous avons utilisés pour garantir une qualité optimale de nos miels, suivie d'une conclusion assortie de quelques perspectives.



Chapitre I

Généralités sur le miel

Chapitre I. Généralités sur le miel

Le miel est un produit naturel, apprécié depuis des milliers d'années pour ses propriétés gustatives et ses bienfaits pour la santé. Dans ce chapitre, nous allons discuter des différents types de miel, en se penchant sur certaines caractéristiques distinctives et de sa production en Algérie.

I. Définition

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 de plantes ou d'excrétions laissées sur celles-ci par les insectes suceurs qu'elles butinent, transforment en les combinant avec des substances spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche (Anon, 1980).

II. Fabrication du miel

Deux grands acteurs interviennent dans la production du miel : l'abeille et l'apiculteur.

II.1. L'abeille

Les abeilles font partie des invertébrés, de la classe des insectes et de l'ordre des hyménoptères. Chez les abeilles, les rôles sont bien définis. Elles changent de fonction à mesure que leur corps évolue. À peine sortie de son alvéole, l'abeille veille à l'entretien des cellules (nettoyeuse), puis elle nourrit les larves (nourrice), produit de la cire (cirière), construit des cellules (bâtisseuse), garde la ruche (gardienne), recueille le pollen et le nectar (butineuse) (Hoyoux, 2002).

Son rôle pollinisateur est essentiel pour le bon équilibre de la nature et de la biodiversité.

Le cheptel apicole algérien est constitué de deux races :

- *L'Apis mellifera sahariensis* (abeille saharienne) est décrite comme suit (Abdelguerfi, 2003) :
 - Elle est de couleur jaune-rouge.

-
- Elle résiste aux températures les plus élevées et aux vents de sable.
 - Elle est implantée au sud-ouest de l'Algérie.
 - L'*Apis mellifera intermissa* (abeille tellienne ou abeille noire) est décrite comme suit (Adam, 2010) :
 - Elle résiste au climat méditerranéen.
 - Elle supporte mal les hivers rigoureux.
 - Elle est plus répandue et est implantée au nord de l'Algérie.

L'abeille produit du miel en récoltant du nectar sur des plantes, en combinant le nectar avec de la salive, puis en le régurgitant de la même manière pour remplir une section de la ruche.

II.2. L'apiculteur

L'apiculteur a pour rôle de prendre soin de la ruche, de suivre l'activité des abeilles, d'apporter les soins nécessaires à la survie de la colonie et bien sûr de la récolte du miel, tout en maîtrisant les diverses techniques apicoles indispensables (Frisch, 2017).

III. Les différents types du miel

Selon l'origine florale, il existe deux types de miel ; miel de nectar et miel de miellat.

III.1. Miel de nectar ou miel de fleurs

Il provient principalement des nectaires de fleurs qui sécrètent une substance appelée « nectar ». La grande majorité du miel que nous consommons est le miel de fleur (Altman, 2010).

Le nectar recueilli par les abeilles sur les fleurs est une solution aqueuse sucrée dont la composition est variée en fonction des plantes.

a) Miels monofloraux

Le miel réalisé à partir d'une seule espèce de fleur est un miel monofloral (on dit encore unifloral). Cela nécessite d'installer les ruches à proximité de la plante recherchée.

b) Miels multif floraux

Ils contiennent le pollen du nectar de plusieurs végétaux, ces miels dits « toutes fleurs ». Les propriétés de ces miels sont beaucoup plus variables, par rapport aux espèces d'abeille, la période de floraison et les facteurs climatiques (Altman, 2010).

III.2. Miel de miellat

Il s'agit d'un liquide épais et visqueux constitué par les excréments liquides produit par plusieurs espèces d'insectes parasites vivants sur les feuilles de nombreuses plantes (psylles, cochenilles et surtout pucerons).

Le miel de miellat est sombre, moins humide que le miel du nectar (Bonté et al., 2011).

La cristallisation de ce type de miel est souvent rapide. Aussi, il est légèrement aigre et se conserve moins longtemps (Mutsaers et al., 2005).

IV. Composition chimique

Le miel est un mélange biochimique complexe. Sa composition ainsi que ses qualités organoleptiques (couleur, consistance, odeur, saveur) dépendent de la période de collecte, de l'origine des plantes butinées par les abeilles, de l'emplacement des ruches au sein de l'environnement végétal (Dutau & Rancé, 2009) et du procédé de fabrication.

Les sucres sont les principaux constituants du miel, viens après l'eau qui est le deuxième constituant le plus important, ainsi que d'autres substances comme les acides organiques, les enzymes (Fig. 1).

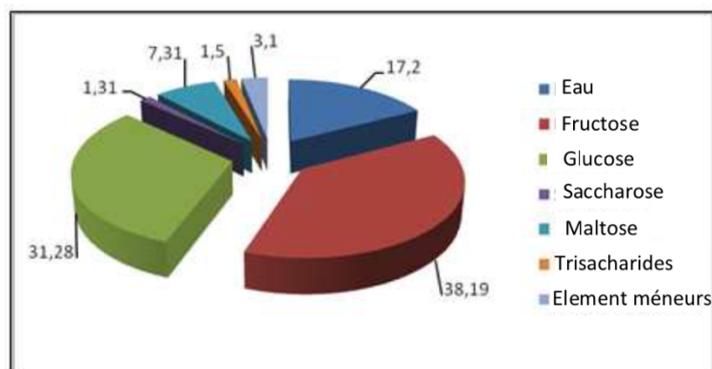


Figure 1. Diagramme de composition du miel. (Gonnet, 1982)

V. Propriétés du miel

L'authenticité du miel est définie au niveau international par le *Codex Alimentarius* sur la base de normes applicables à tous les types de miel destinés à la consommation humaine.

Le but de ces normes est d'établir l'identité et la qualité du miel, en tenant compte de ces propriétés sensorielles et physico-chimiques (Silva et al., 2016).

V.1. Propriétés physico-chimiques

V.1.1. Viscosité

C'est la consistance du miel, et cela joue un grand rôle dans l'écoulement du miel, que ce soit lors de l'extraction, lors de la filtration, ou encore lors de la mise en pot. Si la concentration de l'eau est augmentée, le miel devient moins visqueux (Boukraâ, 2013).

V.1.2. Densité

La densité (densité relative) d'un miel est le rapport, exprimé en nombre décimal, de la masse volumique de ce miel à la masse volumique de l'eau pure à 4°C. Les variations de densité proviennent surtout des variations de la teneur en eau ; plus un miel est riche en eau et moins il est dense. Elle varie de 1,39 à 1,49 g/cm³ (Alimentarius, 2001).

V.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique est la capacité d'un matériel à transporter la circulation d'un courant électrique. Cette mesure dépend de la teneur en minéraux et de l'acidité du miel. Plus ces valeurs sont élevées, plus la conductivité correspondante est élevée.

Elle est le paramètre de qualité principale pour le miel, qui est spécifié dans le *Codex Alimentarius* (Alimentarius, 2001).

V.1.4. pH

Le pH d'un miel est en fonction de la quantité d'acide ionisable qu'il renferme (ions H⁺) ainsi que de sa composition minérale (ions OH⁻). Les phénomènes de dégradations spontanées du miel lors de son vieillissement naturel ou d'un chauffage sont largement dépendants du pH.

Des chercheurs ont signalé que les miels issus de nectar ont un pH compris entre 3,5 et 4,5, par contre ceux provenant des miellats sont compris entre 5 et 5,5 (Alimentarius, 2001).

V.1.5. Acidité

L'acidité est un critère de qualité, dû aux acides organiques présent dans le miel. La norme européenne pour le miel fixe une valeur maximale de 50 milliéquivalent/kg (Alimentarius, 2001).

V.1.6. Teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF)

Le taux du HMF est le critère le plus fiable pour déterminer l'âge d'un miel, et son éventuelle dégradation. Ni les nectars, ni les miellats, ni les miels frais ne contiennent de l'HMF. La production de HMF est favorisée par la forte teneur en fructose et par l'acidité du milieu.

La teneur en HMF ne doit pas dépasser 40 mg/Kg (Alimentarius, 2001).

V.1.7. Indice de réfraction

L'indice de réfraction (IR) est une propriété optique qui caractérise toute substance transparente. Cet indice est fonction de la teneur en eau et de la température.

Le IR du miel est d'autant plus élevé que sa teneur en eau est plus basse. Il oscille entre 1,4915 et 1,5044 à 20°C pour une teneur en eau allant de 13 à 18% pour la majorité des miels (Avisse & Odoux, 2014).

V.1.8. Pouvoir rotatoire

Également appelée « activité optique », c'est la propriété que possèdent certains sucres de faire dévier le vecteur d'un faisceau lumineux les traversant.

La mesure de ce pouvoir permet de distinguer entre les miels de nectar et ceux du miellat (Mollet, 2010).

V.1.9. Teneur en cendres

La teneur en cendres est une mesure de qualité qui évalue les minéraux contenus dans le miel. La teneur maximale autorisée par les normes internationales est de 0,6 g/100g (Alimentarius, 2001).

V.1.10. Teneur en eau

La teneur en eau est l'une des caractéristiques les plus importantes des miels, qu'apporte le réfractomètre. La teneur en eau ou le pourcentage d'eau, c'est la quantité d'eau contenue dans 100 g de miel (Makhloufi et al., 2010).

La teneur en eau du miel peut varier entre 13 et 23% (*Journal officiel des Communautés européennes, Directive 2001/110/CE du Conseil relative au miel du, 2001*).

V.1.11. Activité diastasique (activité de l'amylase)

Les diastases (α et β -amylases) sont des enzymes naturellement présentes dans le miel. Leur fonction est d'hydrolyser la molécule d'amidon en maltose et maltotriose. Elles sont sensibles à la chaleur (thermolabile) et par conséquent, leur mesure permet d'indiquer une surchauffe du produit et le degré de la préservation (Makhloufi et al., 2010).

V.1.12. Dosage des sucres

La connaissance de ce paramètre permet de détecter l'ajout des sirops dans le miel (Mollet, 2010).

V.1.13. Proline

Le miel contient quelques quantités d'acides aminés et de la proline qui est la plus importante. La teneur en proline donne des informations sur la maturité du miel et peut servir à détecter des falsifications (Gerónimo & Fritz, 2001).

En général, un miel mûr contient une valeur minimale de proline ne dépassant pas 180 mg/kg (Bogdanov et al., 2004).

V.2. Propriétés organoleptiques

V.2.1. Couleur

La couleur constitue un critère de classification notamment d'un point de vue commercial. Plus il est clair, moins il est riche en minéraux et inversement. La couleur du miel est un autre paramètre de qualité. La couleur du miel peut aller d'une teinte presque incolore au brun sombre (*Journal officiel des Communautés européennes, Directive 2001/110/CE du Conseil relative au miel du, 2001*).

V.2.2. Odeur

Les odeurs varient considérablement d'un miel à un autre mais s'évaporent rapidement. Elles dépendent de leur origine végétale (*Journal officiel des Communautés européennes, Directive 2001/110/CE du Conseil relative au miel du, 2001*).

V.2.3. Goûts

Il s'agit des arômes, de la saveur (acide, sucré salée, amère) et de la flaveur par voie rétronasale. Ils dépendent de l'origine végétale (*Journal officiel des Communautés européennes, Directive 2001/110/CE du Conseil relative au miel du, 2001*).

V.3. Propriétés thérapeutiques

V.3.1. Propriétés antitussives, expectorantes et adoucissantes

Le miel calme la toux, facilite l'expectoration, et soulage les maux de gorge (Cohen et al., 2012).

V.3.2. Propriétés cicatrisantes

Grâce à sa capacité à absorber l'humidité de l'air, le miel favorise la guérison et la cicatrisation des blessures, car il a un pouvoir stimulant sur les cellules épithéliales.

V.3.3. Propriétés antioxydantes

Les mécanismes de protection antioxydante du miel utilisent des enzymes, des composés phénoliques, des flavonoïdes, des acides organiques. Cependant, les composés phénoliques sont les plus importants dans cette activité. Les antioxydants sont des substances qui, à faible concentration, peuvent inhiber, retarder ou empêcher les processus d'oxydation et leurs conséquences. En général, les miels plus foncés et les miels plus riches en eau ont plus de pouvoir antioxydant que les autres miels (Zahoor et al., 2014).

V.3.4. Action antifongique

Il a été démontré que le miel est capable d'éliminer certaines toxines, en particulier d'origine fongique et inhibe complètement la croissance des moisissures tels que *Trichoderma harzianum* et *Alternaria alternata* (Zahoor et al., 2014).

VI. Le miel en Algérie

En Algérie l'activité apicole est intimement dépendante des ressources mellifères dont dispose le pays et qui sont très riches et variées. L'apiculture est prédominante dans les régions suivantes (Oudjet, 2012) :

- Zone de littoral: miel d'agrumes et eucalyptus.
- Zone de montagne: Kabylie : miel de toutes fleurs, lavande, carotte sauvage et bruyère.
- Hauts plateaux: miel de sainfoin, romarin et jujubier.
- Maquis et forêts : miel toutes fleurs et miellat.

VI.1.1. Nombre de ruches en Algérie

Selon les données de (FAOSTAT, 2023) , en 1985, on remarque l'augmentation de nombre de ruche.

Dans la période de 1985 à 2001, l'évolution de nombre de ruche est perturbée à cause de la situation politique et sécuritaire du pays. A partir de l'année 2001 une évolution très remarquable a été enregistrée grâce aux mesures initiatives mises en place dans le cadre du développement agricole au niveau national.

L'Algérie a tous les atouts pour être un grand pays apicole, en agissant à la fois sur la santé de ces pollinisateurs, sur la biodiversité essentielle à leur environnement et sur la structuration de la filière apicole. Actuellement le nombre de ruche dépasse les 426469 ruches.

VI.1.2. Production du miel en Algérie

Comme pour toute production agricole, elle varie en quantité et en qualité d'une année sur l'autre, en fonction des conditions climatiques.

Cette production a stagné entre 1971 et 1985, après 2001 on observe une véritable évolution atteignant un maximum de 7351 tonnes en 2018. De 2019 à 2021, on remarque une baisse de production, dûe à la situation

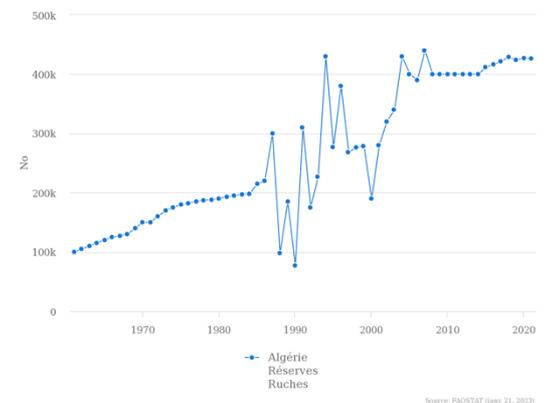


Figure 2. Evolution de nombre de ruches en Algérie de 1961 à 2021. (FAOSTAT, 2023)

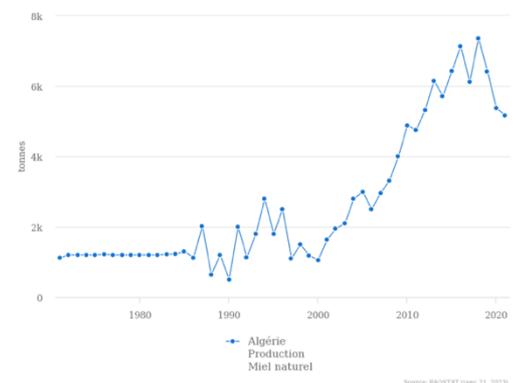


Figure 3. Evolution de la production de miel en Algérie de 1961 à 2021.(FAOSTAT, 2023)

sanitaire du COVID-19.

VI.1.3. Importation/Exportation du miel en Algérie

L'Algérie est considérée comme un grand pays consommateur de miel, mais ne faisant pas partie des plus grands producteurs, elle doit faire appel aux importations. On remarque qu'il y a une augmentation significative durant la période 1965-1983 avec une quantité maximale de 3848 tonnes en 1981. Après cette période, il n'y a aucune exportation, jusqu'à ces dernières années qui restent tout de même très peu significatives.

En résumé, ce chapitre nous a permis de prendre connaissance des différentes caractéristiques du miel, allant de sa composition à ses propriétés organoleptiques et physico-chimiques. Nous avons également souligné l'importance de la production locale de miel en Algérie, et la nécessité de valoriser ce produit naturel à travers des recherches scientifiques approfondies.

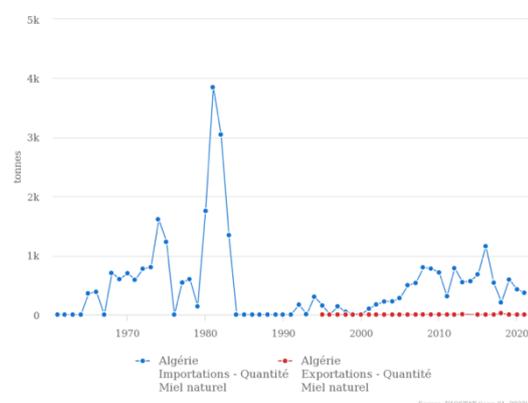


Figure 4. Valeurs d'importation et exportation de miel en Algérie de 1961 à 2021. (FAOSTAT, 2023)



Chapitre II

Eucalyptus globulus

Chapitre II. Eucalyptus

L'Eucalyptus est sans aucun doute l'un des plus célèbres et répandus genres dans le monde. Dans cette étude, nous porterons une attention particulière à l'*Eucalyptus globulus*, une espèce qui a connu une distribution étendue dans le monde, y compris en Algérie. L'Eucalyptus *globulus* est l'une des espèces les plus répandues et est largement cultivée pour la production de miel. Dans ce chapitre, nous explorerons son histoire, son étude botanique, ainsi que les différents milieux étudiés

I. L'*Eucalyptus globulus* Labill.

I.1. Historique

L'eucalyptus a été découvert en Australie en 1792 par l'explorateur et botaniste français Jacques-Julien Houtou de la Billardièrre. Le nom botanique a été créé en 1792 par le botaniste français Charles-Louis L'Héritier de Brutelle. Les eucalyptus sont utilisés pour la guérison en Australie depuis des milliers d'années. Les feuilles étaient utilisées par les aborigènes pour traiter la fièvre, en particulier le paludisme, d'où le nom populaire d'arbre à fièvre.

I.2. Définition

Eucalyptus se compose de «Eu» qui est un préfixe d'origine grecque et signifiant «bien» et «Kalyptos» veut dire «couverture».

- Nom commun :
 - Calitouss « le nom le plus connu en Algérie ».
 - Calibtus, Kafor. Ces noms sont les plus populaires en Algérie et sont utilisés dans différentes régions.
- Nom vernaculaire :
 - Gommier bleu fait allusion à la gomme résineuse qu'ils exsudent quand ils sont blessés.

I.3. Description

Les eucalyptus mesurent 30 à 35 mètres de haut avec des troncs grisâtres droits et lisses et des branches dressées. Les feuilles juvéniles sont ovales, minces, sub-horizontales et couvertes d'une fleur de cire bleu-gris (Cerasoli et al., 2016).

I.4. Classification botanique

Règne : PLANTAE

Sous-règne : TRACHEOBIONTA

Division : MAGNOLIOPHYTA

Classe : MAGNOLIOPSIDA

Sous-classe : ROSIDAE

Ordre : MYRTALES

Famille : MYRTACEAE

Genre : *Eucalyptus* (Cronquist, 1968).

Espèce : *Eucalyptus globulus*



Figure 5. *Eucalyptus globulus* Labill.

(Photo prise par El Ouchdi et Ghaffour)

I.5. Climat et habitat

L'arbre est bien adapté aux conditions climatiques de la région méditerranéenne. L'approvisionnement limité en eau, ainsi que l'apport en nutriments, sont les principaux facteurs limitant la croissance de cette espèce. De plus, les basses températures sont une contrainte majeure de sa croissance ; les températures de l'air inférieures à -5°C entraînant jusqu'à 50% de mortalité des tissus foliaires. Le gommier bleu de Tasmanie est un arbre à croissance rapide (Erau, 2019).

I.6. Répartition géographique en Algérie

Son introduction en Algérie date de 1863. La plantation massive de ces arbres ne se fera qu'à partir de 1950, grâce à leur facilité d'adaptation. Les eucalyptus couvraient une superficie de 5 855 ha dont plus de la moitié se trouvait dans la région d'Oran.

Aujourd'hui, il y a des plantations le long de la côte d'El-Kala et d'Azzefoun. Cette espèce est présente dans les régions de la Mitidja et du Hadjout (Foudil-Cherif, 1991).

II. Milieux étudiés

II.1. Présentation de la wilaya de Mostaganem

- La wilaya couvre une superficie de 2269 km², de 0°8' Ouest à 0°46' Est et de 36°29' à 35°37' Nord. Elle est bordée par la mer méditerranée. Elle fait partie d'un climat méditerranéen semi-aride.
- Au cours de l'année, une température moyenne est de 17,5°C sur la même période
- La forêt couvre une superficie de 34 154 hectares avec un taux de plantation de 15% (Caïd et al., 2019).

II.2. Présentation de la wilaya de Tiaret

- La province de Tiaret se situe à l'ouest du pays et est la zone de contact entre le Tell au nord et les hautes plaines au centre au sud avec une superficie de 20399,10 km².
- La pluviométrie est comprise entre 150 à 350 mm et elle est variable selon les années (Djurdjura, 2016).
- Caractérisée par un été chaud avec une température moyenne de 37,2°C.

II.3. Présentation de la wilaya de Ain-Defla

- La zone d'étude, Ain-Defla, est située à environ 80 km au sud-ouest d'Alger, la capitale nationale.
- Le climat est chaud. Environ 791 mm de précipitations tombent chaque année, avec une moyenne de 130 mm (Hallouz et al., 2018).
- La superficie agricole totale de la wilaya est de 235 611 ha qui représente 51,8% de la superficie totale de la wilaya.

II.4. Présentation de la wilaya de Tlemcen

- La région de Tlemcen est située dans la partie occidentale du nord-ouest de l'Algérie et couvre une superficie de 90170 km².
- La région a un climat méditerranéen et comprend des précipitations annuelles comprises entre 450 mm et 500 mm. Une pluviométrie

maximale reste hivernale avec des étés longs chauds et secs (Benabadji et al., 2001).

- La superficie forestière de la wilaya de Tlemcen est de 225,000 ha avec un taux de boisement de 24%.

En somme, l'*Eucalyptus globulus* est une espèce d'arbres qui a su s'adapter à de nombreux climats et habitats à travers le monde. En Algérie, cette espèce est largement cultivée pour ses vertus médicinales, aromatiques et mellifères. En résumé, notre travail vise à mettre en valeur l'importance de l'*Eucalyptus globulus* en Algérie.



Chapitre III

**Propriétés physico-chimiques,
produits bioactifs et activité
antimicrobienne des miels.**

Chapitre III. Propriétés physico-chimiques, produits bioactifs & activité antimicrobienne des miels

d'*Eucalyptus globulus* Labill.

Le miel, produit naturel aux qualités gustatives et bénéfiques pour la santé, peut présenter des variations de qualité, de composition et de caractéristiques en fonction de facteurs tels que la phytogéographie, le climat et les conditions de récoltes et conservations. Afin de valoriser les miels de l'Ouest algérien, une analyse physico-chimique est nécessaire. Ce chapitre se concentre sur le miel d'*Eucalyptus globulus* Labill provenant de différentes régions de cette zone d'Algérie. L'étude portera sur les propriétés physico-chimiques, la teneur en composés bioactifs et l'activité antimicrobienne de ce miel, à travers des paramètres comme le pH, la conductivité électrique et la quantité de composés bioactifs. Les résultats obtenus seront présentés et analysés afin de mieux comprendre et apprécier la qualité de ces miels.

En résumé, ces analyses contribueront non seulement à valoriser la qualité de ces miels, mais aussi à mettre en évidence leurs bienfaits pour la santé. Cette recherche pourrait se révéler bénéfique pour les apiculteurs qui souhaitent améliorer la qualité de leur production et pour les consommateurs qui cherchent à faire des choix informés lors de l'achat de miel.

I. Caractéristiques des échantillons de miels

Nous avons étudié 04 échantillons de miel d'*Eucalyptus globulus* provenant de différentes régions de l'Ouest algérien (Figure 6). Les apiculteurs locaux ont récolté les miels en été et les ont stockés avec soin dans un réfrigérateur à 4 degrés Celsius. Après homogénéisation, les échantillons ont été conservés dans des récipients hermétiques avant d'être analysés en laboratoire (Figure 7). Nous avons également relevé les spécificités de chaque échantillon, telles que la région et le climat, que nous avons répertoriées dans le tableau 1.

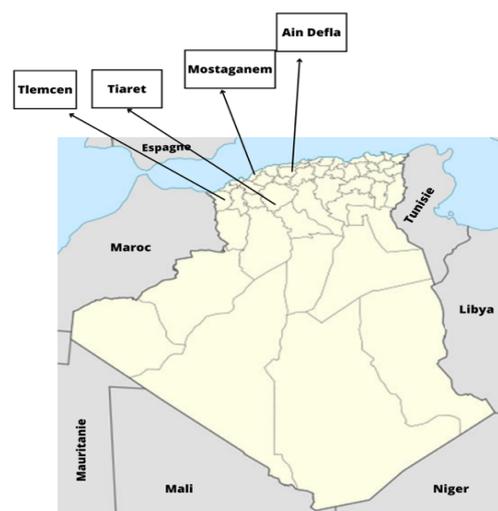


Figure 6- Zones géographiques où les échantillons ont été prélevés.



Figure 7 - Échantillons de miels.

Tableau 1 - Origines botanique et géographique des échantillons, climat et période de récolte.

Échantillon	Origine botanique	Localité	Coordonnées GPS	Altitude	Climat	Saison/Année
ME1	<i>Eucalyptus globulus</i>	Tlemcen (Nedroma)	35° 1' 45.451" N 1° 46' 0.098" W	650 m	Semi-aride, méditerranéen	Été/2022
ME2	<i>Eucalyptus globulus</i>	Mostaganem	35° 55' 59.999" N 0° 4' 59.999" E	102 m	Semi-aride, humide	Été/2022
ME3	<i>Eucalyptus globulus</i>	Tiaret	35° 55' 59.999" N 0° 4' 59.999" E	1080 m	Semi-aride	Été/2022
ME4	<i>Eucalyptus globulus</i>	Ain Defla	36° 15' 18.77" N 1° 57' 22.68" E	980 m	Semi-aride	Été/2022

II. Analyse physico-chimiques

L'objectif principal de cette étude est la vérification de conformité de quatre échantillons de miel d'*Eucalyptus globulus* de diverses régions de L'Ouest algérien aux normes internationales, par la mesure de certaines caractéristiques physico-chimiques. Les résultats ont été représentés sous forme de moyennes et écart- types (Tableau 2).

Tableau 2 - Paramètres physico-chimiques des miels.

Échantillon	pH	Acidité libre (még/Kg)	Indice de Brix (%)	Teneur en eau (%)	Conductivité (mS/cm)	Proline (mg/Kg)	Teneur en cendre %
ME1	4,34 ± 0,07	20,66±4,04	81,25±0,00	17,00±0,00	0,77±0,00	315,98±00,38	0.13±0,00
ME2	4,27 ± 0,09	26,33±5,50	82,16±0,76	16,08±0,06	0,77±0,00	298,91±08,25	0,04±0,03
ME3	4,64 ± 0,23	25,33±5,85	82,50±0,00	15,80±0,00	0,57±0,00	273,86±06,34	0,04±0,00
ME4	5,05 ± 0,04	28,66±2,88	81,18±0,54	16,93±0,57	1,22±0,00	529,95±0,50	0,14±0,01
Normes Codex	3,5- 4,5 nectar 4,5-5,5 miellat	≤ 50még/100g		< 20%	≤ 0,8 mS/cm ≥ 0,8mS/cm	>180 mg/Kg	<0.6%

II.1. pH

Le pH est un outil efficace pour déterminer l'origine florale du miel, conformément aux normes du *Codex Alimentarius*. Les miels issus des nectars ont un pH compris entre 3,5 et 4,5, tandis que les miels de miellat ont un pH compris entre 5,0 et 5,5.

Dans cette étude, le pH a été mesuré par immersion directe de l'électrode dans l'échantillon à l'aide d'un pH mètre.

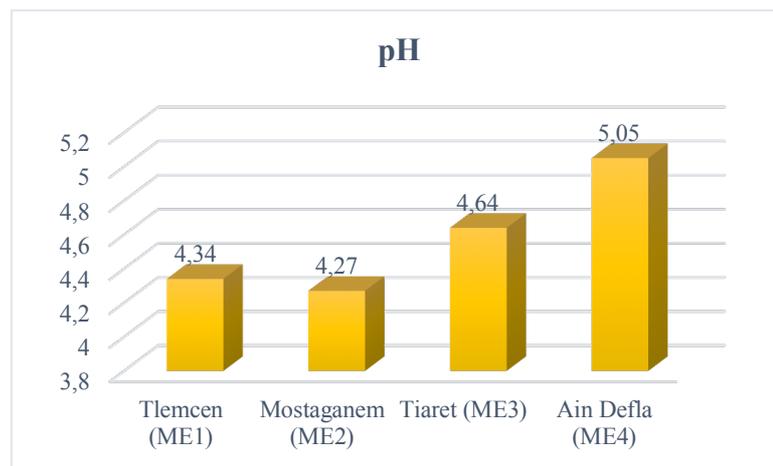


Figure 8 - pH des échantillons.

Les résultats ont montré que les miels étudiés avaient un pH variant de $4,25 \pm 0,09$ à $5,07 \pm 0,04$, avec une moyenne de $4,58 \pm 0,35$. Ces résultats confirment la nature acide des miels et sont conformes aux recommandations du *Codex Alimentarius*. Les échantillons provenant des régions de Tlemcen, Mostaganem ont un pH compris entre 3,5 et 4,5, indiquant qu'il s'agit de miels de nectars, tandis que les échantillons de la région de Tiaret et de Ain Defla ont un pH compris entre 5,0 et 5,5, indiquant qu'il s'agit de miels de miellat.

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus dans d'autres études menées sur des miels provenant de différentes régions, telles que la région d'Attatba avec une valeur de $4,03 \pm 0,03$, (Achour, 2014) ou de la région de Mostaganem avec une valeur de 4,00 (Homrani et al., 2020). Des études menées sur des miels provenant de la péninsule ibérique en Espagne et de la Sardaigne en Italie ont également montré des valeurs de pH similaires à celles de notre étude, avec une moyenne de 4,1 (Rodríguez Flores et al., 2014) et 4,0 (Ciulu et al., 2018) respectivement. Ces légères différences peuvent être attribuées à des facteurs environnementaux locaux.

Il est important de noter que le pH est un indicateur de la qualité du miel, car un pH extrême peut révéler une dégradation biochimique due à des conditions de récolte ou de conservation inappropriées. Les miels ayant un pH plus faible nécessitent une conservation particulière, tandis que ceux ayant un pH plus élevé se conservent mieux et plus longtemps.

II.2. Conductivité électrique

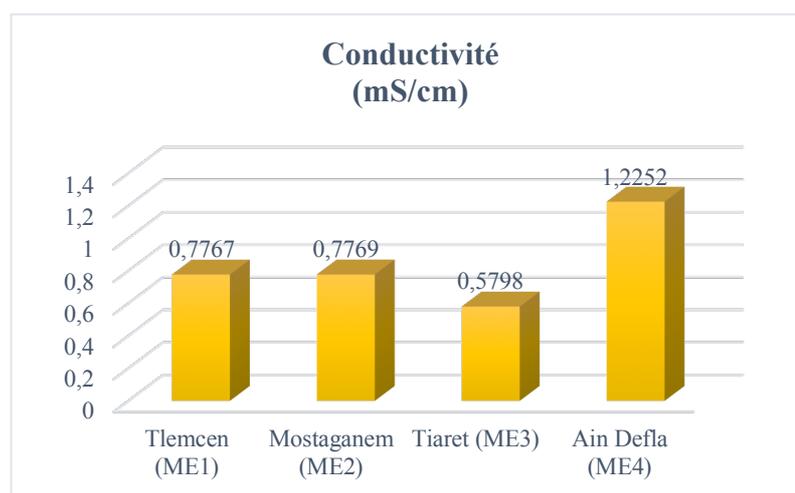


Figure 9 - Conductivité électrique des échantillons.

La mesure de la conductivité électrique des miels est une méthode couramment utilisée pour évaluer la qualité et l'authenticité des miels. Dans le cadre de cette étude, la mesure de la conductivité électrique des échantillons de miel a été effectuée en utilisant une cellule conductrice thermostatique et un conductimètre de type HANNA instruments, HI 2300, à une température constante de 20°C.

Nos résultats de mesure de conductivité électrique des miels sont conformes à l'intervalle donné par le *Codex Alimentarius* (2001), qui indique une forte variabilité pour le miel d'eucalyptus, avec des valeurs variant de $0,57 \pm 0,00$ mS/cm à $1,22 \pm 0,00$ mS/cm et une moyenne de $0,83 \pm 0,00$ mS/cm. Les échantillons de Tlemcen, Mostaganem et Tiaret ont une faible conductivité électrique, inférieure à 0,8 mS/cm, confirmant qu'ils sont des miels de nectar, tandis que le miel de Ain Defla a une conductivité électrique supérieure à 0,8 mS/cm, confirmant qu'il s'agit d'un miel de miellat.

Nos valeurs de conductivité électrique sont similaires à celles rapportées par (Talpay, 1985) pour les miels d'eucalyptus (0,40 à 0,90 mS/cm), mais plus élevées que celles rapportées (Makhloufi et al., 2010) pour les miels de Mostaganem et

Tiaret (0,1 à 0,9 avec une moyenne de 0,60), (Rodríguez Flores et al., 2014) en Espagne (0,22 à 0,65 mS/cm), (Boussaid et al., 2018) en Tunisie (0,52 mS/cm) et (Machado et al., 2022) avec une moyenne de 0,42 mS/cm. La variabilité de la conductivité électrique entre les différentes études peut être due à des facteurs environnementaux locaux et de la composition chimique des miels.

La concentration de minéraux et l'acidité du miel affectent sa conductivité électrique. Les miels foncés ont une conductivité électrique supérieure à celle des miels clairs en raison de leur teneur plus élevée en minéraux ionisables, ce qui les rend de bons conducteurs de courant (Gonnet, 1982).

II.3. Teneur en eau

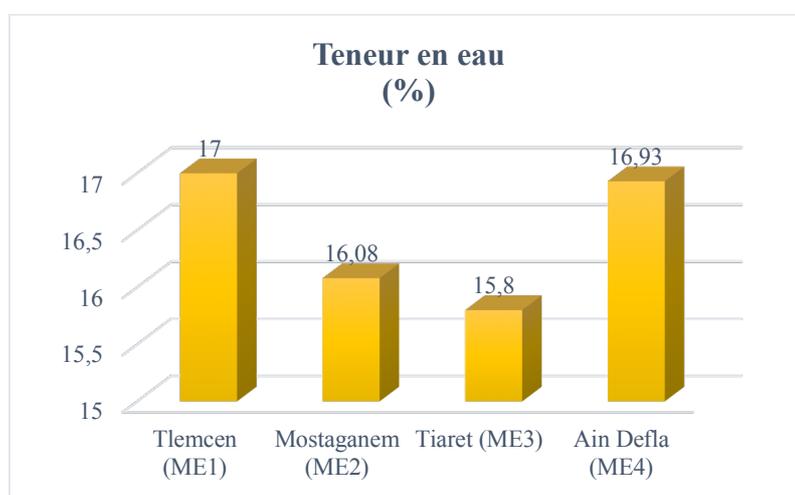


Figure 10 - Teneur en eau des échantillons.

Les résultats de l'étude montrent que la teneur en eau est un paramètre important lié au degré de maturité du miel, qui influence sa stabilité lors de l'entreposage. La teneur en eau a été déterminée à l'aide d'un réfractomètre de type Atago, lecture de la méthode à 20 °C

Les échantillons étudiés présentent une teneur en eau comprise entre 15,80% pour l'échantillon de Tiaret et 17% pour l'échantillon de Tlemcen, avec une moyenne de $16,45\% \pm 0,60$. Cette différence peut être attribuée à un climat plus humide à Tlemcen. Pour ce qui est du miel de Ain Defla, bien que le climat de la région soit semi-aride, sa valeur s'explique par le processus d'obtention du miel effectué par l'apiculteur.

Selon Gonnet (1982), un taux d'humidité supérieur à 19% dans le miel augmente le risque de fermentation, mais nos résultats montrent que nos échantillons ne sont pas

concernés par ce risque. Les résultats obtenus sont similaires à ceux rapportés par (Makhloufi et al., 2010) pour les miels de la région de Mostaganem et Tiaret (13,9% à 19,8%) et proches de ceux rapportés pour les miels de Tunisie par (Ayari et al., s. d.) et pour les miels du Portugal par (Machado et al., 2022) (15,75%). En revanche, l'étude de (Naman et al., 2005) sur les miels du Maroc d'*Eucalyptus globulus* a montré des teneurs en eau supérieures à nos résultats, allant de 18,4% à 20%.

Les résultats sont également cohérents avec les données rapportées pour d'autres régions et pays, ce qui suggère que la teneur en eau du miel peut varier en fonction de la région et des conditions environnementales, mais reste dans des limites acceptables pour une qualité de miel optimale.

II.4. Degré de Brix

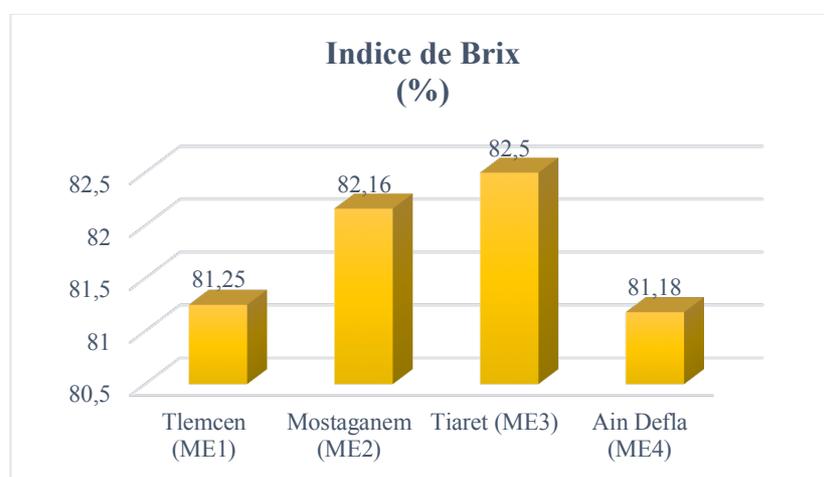


Figure 11 - Degré de Brix des échantillons.

Le degré Brix est directement lié à la teneur en sucre dans le miel et peut être un indicateur fiable de l'adultération (Silva et al., 2016). La teneur en eau a été mesurée à l'aide d'un réfractomètre Atago et les résultats ont été obtenus à une température de 20 °C.

Les données de l'analyse du degré de Brix des échantillons de miel révèlent une plage de variation allant de 81,18 % \pm 0,9 à 82,50 % \pm 0,4, avec une moyenne de 81,77 % \pm 0,65. Il est intéressant de noter que le miel de Tiaret présente la teneur la plus élevée en matière sèche (indice de Brix plus élevé), tandis que celle de Ain Defla est la plus faible (indice de Brix plus faible). Cette variation peut être attribuée aux différences de conditions climatiques entre les deux régions. En effet, Tiaret bénéficie d'un climat plus chaud que Ain Defla, ce qui peut entraîner une

concentration accrue de sucre dans le nectar et, par conséquent, une teneur plus élevée en matière sèche dans le miel.

Les résultats obtenus dans cette étude se situent dans l'intervalle établi par le *Codex Alimentarius* (2001), qui est de 70 à 88 %. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés pour les miels de la région d'Alger (79,00 à 83,80 %) par (Dahmani et al., 2020), ainsi qu'aux miels du Portugal (79,00 à 82,2 %) rapportés par (Silva et al., 2009)

Il est important de noter que la teneur en matière sèche et la teneur en eau sont inversement proportionnelles et sont donc étroitement corrélées.

II.5. Teneur en cendres

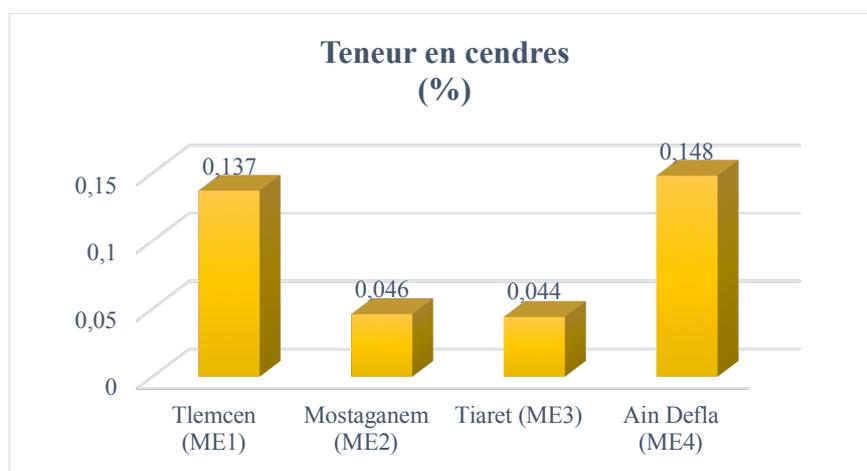


Figure 12 - Teneur en cendres des échantillons.

La teneur en cendres d'un miel est un indicateur de sa quantité de minéraux et est donc un critère important pour sa qualité et son origine. Dans notre étude, nous avons utilisé un four à moufle de type Nabertherm 30-3000°C pour mesurer la teneur en cendres de nos échantillons. Les résultats obtenus variaient de 0,044 à 0,148%, avec une moyenne de 0,09%, respectant ainsi la limite autorisée de 0,6% établie par le *Codex Alimentarius* (2001).

L'augmentation de la teneur en cendres de l'échantillon de la région de Ain Defla s'est accompagnée d'une augmentation de la conductivité électrique, comme cela a déjà été signalé par Downey. Les valeurs de nos échantillons sont similaires à celles des miels d'Eucalyptus de la région de Bejaia (Algérie) et de la région de Bargou (Tunisie) mesurées par (Ouchemoukh et al., 2007) et (Boussaid et al., 2018) respectivement, qui étaient de 0,09 à 0,20% et 0,14%. Nous avons également

observé une augmentation de la conductivité électrique en parallèle à l'augmentation de la teneur en cendres, comme l'ont signalé précédemment (Downey et al., 2003).

En revanche, la teneur en cendres des miels du Portugal et de Beni Mellal au Maroc mesurées par (Silva et al., 2009) et (Belhaj et al., 2015) étaient respectivement de 0,30% et 0,20%, ce qui est plus élevé que nos résultats. Il est important de noter que la teneur en cendres d'un miel dépend des procédés de récolte, des techniques apicoles et des matériaux collectés par les abeilles lorsqu'elles cherchent de la nourriture sur les fleurs, mais est principalement déterminée par les caractéristiques du sol et du climat (Finola et al., 2007) (Acquarone et al., 2007). En conclusion, la teneur en cendres est un paramètre important pour évaluer la qualité et l'origine d'un miel.

II.6. Proline

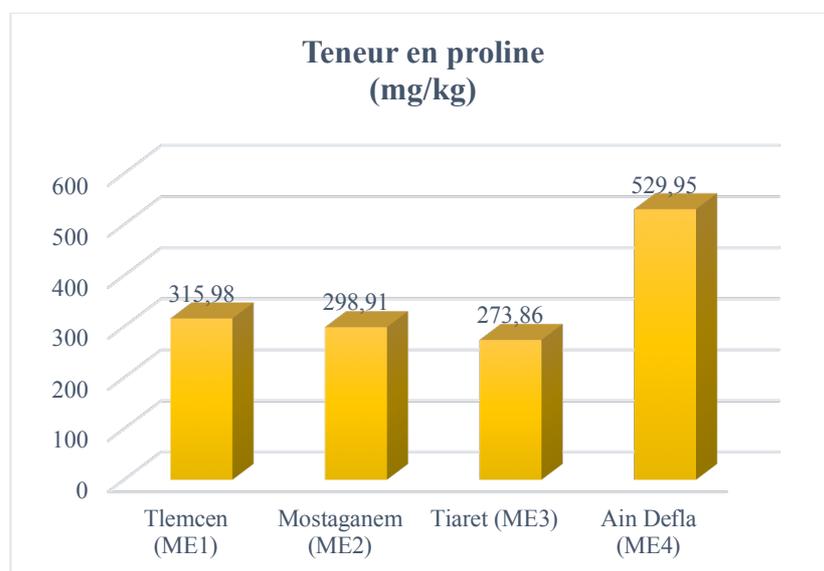


Figure - Teneur en proline des échantillons.

La quantité de proline dans le miel peut fournir des informations sur la maturité du miel et détecter des falsifications. Dans nos échantillons de miel, la teneur en proline varie de 298,91 à 532,18 mg/kg, avec une moyenne de $354,67 \pm 118$ mg/kg. L'échantillon provenant de la région de Ain Defla a la teneur en proline la plus élevée. Les miels d'Eucalyptus de la région de Bejaia en Algérie ont une teneur en proline variant de 378 à 434 mg/kg selon (Ouchemoukh et al., 2007). En Espagne, (Bouseta et al., 1992) a mesuré une teneur en proline de $225 \pm 49,6$ mg/kg, tandis que (Rodríguez et al., 2012) au Mexique a rapporté des valeurs allant de 387,4

$\pm 3,7$ à $569,4 \pm 2,4$ mg/kg. En Andalousie, (Serrano et al., 2004) ont mesuré une teneur en proline de 429,5267 mg/kg.

Les valeurs de nos échantillons de miel sont comparables à celles de l'Algérie et de l'Espagne, mais plus basses que celles trouvées au Mexique et en Andalousie. Cependant, il est important de noter que la teneur en proline peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la région géographique, les conditions environnementales et les pratiques apicoles.

Selon (White & Doner, 1980), la proline est l'acide aminé majoritaire dans le miel et sa proportion est un facteur de qualité et un indice d'adultération. Tous nos échantillons ont une teneur en proline supérieure à 180 mg/kg, ce qui indique que ces miels sont matures et non falsifiés selon le *Codex Alimentarius*. En conclusion, la teneur en proline peut être utilisée pour évaluer la maturité du miel et détecter des falsifications.

II.7. Acidité libre

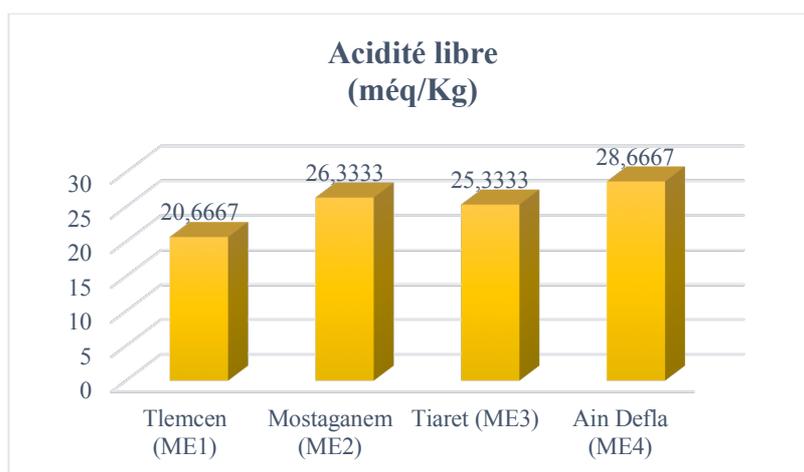


Figure 13 - Acidité libre de nos échantillons.

Les miels analysés présentent une variation de 20,66 pour l'échantillon de la région de Tlemcen à 28,66 még/kg pour l'échantillon de la région de Ain Defla en termes d'acidité libre avec une moyenne $25,25\% \pm 3,35$. Ces valeurs sont conformes aux normes établies par le *Codex Alimentarius* (2001) qui est de 50 még/kg, ce qui suggère l'absence de fermentations indésirables.

Nos résultats ont été comparés à d'autres études sur l'acidité libre des miels d'*Eucalyptus globulus*. Nous avons observé une variation de 20,66 még/kg à 28,66 még/kg, avec une moyenne de $25,25\% \pm 3,35$. Ces valeurs sont similaires à celles rapportées pour les miels de la région de Blida en Algérie (32,74 még/kg) et pour les

dans les miels de Bargou en Tunisie par (Boussaid et al., 2018) qui est de 26,60 méq/kg est proche de celle de notre étude. Cependant, les valeurs rapportées pour les miels de la région de Sardaigne en Italie par (Ciulu et al., 2018) varient de 11,9 méq/kg à 21 méq/kg, ce qui est inférieur à notre moyenne. Ces résultats indiquent que la teneur en acidité libre des miels peut varier en fonction de la région géographique (Cenet et al., 2017).

Il est important de souligner que l'acidité libre est due à la présence d'acides organiques et que les différences dans l'acidité des échantillons de miel peuvent être liées à la saison et au type d'espèce végétale où l'abeille récolte le nectar. Enfin, l'acidité libre est un paramètre important pour évaluer la qualité du miel, car la fermentation du sucre en acides organiques augmente sa valeur. (Oliveira et al, 2017).

III. Teneur en composés bioactifs

Cette étude vise à évaluer la présence de composés bioactifs, tels que les polyphénols et les flavonoïdes, dans les échantillons de miel d'*Eucalyptus globulus*, issus de différentes régions de l'Ouest algérien. La mesure de ces teneurs est essentielle pour valoriser ces miels et en exploiter les propriétés bénéfiques.

Tableau 3 - Teneur en composés bioactifs.

Échantillons	Polyphénols (mg EAG/100g)	Flavonoïdes (mg EQ/100g)
ME1	430,50 ± 0,70	3,56 ± 0,15
ME2	300,50 ± 0,70	6,44 ± 0,28
ME3	347,50 ± 0,70	4,99 ± 0,07
ME4	440,00 ± 1,41	6,88 ± 0,91

III.1. Polyphénols

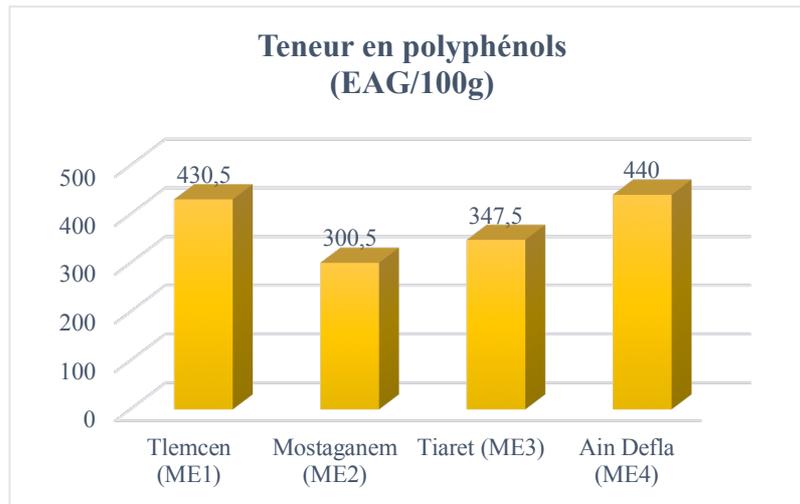


Figure 14 - Teneur en polyphénols de nos échantillons.

Nos résultats ont permis d'évaluer le contenu phénolique des miels en quantifiant les principaux phénols présents. Nous avons observé une variation des teneurs globales en composés phénoliques, allant de $300,50 \pm 0,70$ EAG/100 g pour le miel de Mostaganem à $440,00 \pm 1,41$ EAG/100 g pour le miel de Ain Defla, avec une moyenne de $379,63 \pm 67,14$ EAG/100 g. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par d'autres équipes pour des mêmes miels provenant de différentes régions. En effet, les teneurs en phénols des miels d'Eucalyptus de Bejaia en Algérie, étudiés par (Ouchemoukh et al., 2007) varient de 378 à 434 EAG/100 g. De même, les teneurs en phénols des miels d'Espagne, étudiés par (Rodríguez Flores et al., 2014) varient de 300 à 1731 EAG/100 g. Les miels mexicains étudiés par (Rodríguez et al., 2012) présentent des teneurs en phénols allant de $261,8 \pm 8,0$ à $522,6 \pm 14,8$ EAG/100 g. Enfin, les miels italiens étudiés par l'équipe de (Di Marco et al., 2018) présentent une teneur similaire de 320,0 mg EAG/kg en composés phénoliques.

Des études précédentes ont montré que les miels foncés ont généralement une teneur plus élevée en composés phénoliques totaux. (Gheldof & Engeseth, 2002) ainsi que (Meda et al., 2005) ont également mis en évidence une corrélation positive entre l'activité antioxydante et la teneur en composés phénoliques totaux. D'après (Meda et al., 2005) le miel de miellat présente la teneur la plus élevée en composés phénoliques totaux, ce qui est le cas de notre miel de Ain Defla. Ainsi, nos résultats suggèrent que nos miels d'Eucalyptus peuvent avoir des propriétés anti-oxydantes potentielles intéressantes.

III.2. Flavonoïdes

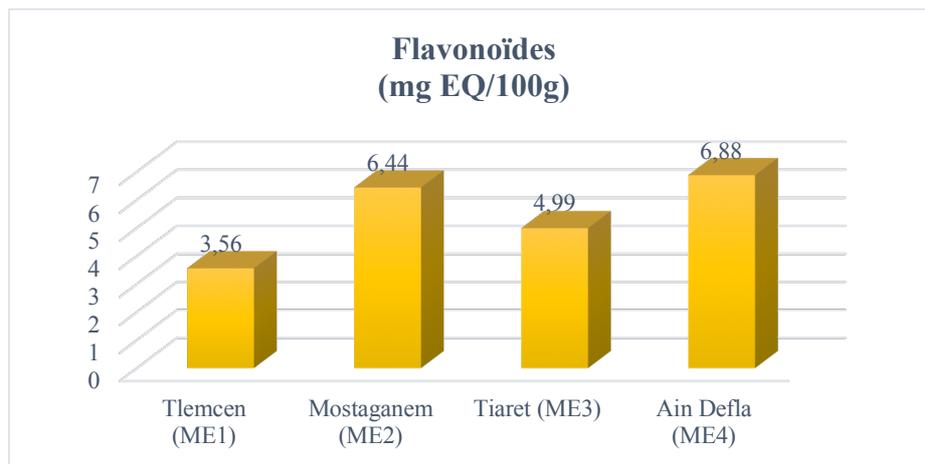


Figure 15 - Teneur en flavonoïdes de nos échantillons.

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques de faible poids moléculaire, qui participent activement aux propriétés organoleptiques et antioxydantes des miels (Saba et al., 2011).

Le taux des flavonoïdes des miels analysés est compris entre $3,56 \pm 0,15$ pour le miel de Tlemcen et $6,88 \pm 0,91$ mg EQ/100mg pour le miel de Ain Defla.

Ces résultats sont semblables à l'étude de (Homrani et al., 2020) sur des miels algériens dont de Mostaganem avec une teneur de 7,31 mg EQ/100g de moyenne en flavonoïdes et celui rapporté par (Rodríguez Flores et al., 2014) sur les miels de la péninsule ibérique (2,08 à 7,89 mg EQ/100 g). Ils sont proches de ceux obtenus par (Smail et al., 2013) sur les miels du Portugal avec une moyenne de 5,28 mg EQ/100g.

IV. Activité antimicrobienne des miels

La présence de divers composés bioactifs dans les miels, notamment des polyphénols, des flavonoïdes sont connus pour leur capacité à inhiber la croissance de nombreuses bactéries, champignons et virus. Dans cette optique, notre étude s'est intéressée à la mesure de l'activité antimicrobienne des échantillons de miel d'*Eucalyptus globulus* provenant de différentes régions de l'Ouest algérien.

Les résultats obtenus ont mis en évidence l'activité antimicrobienne des échantillons, contre plusieurs micro-organismes pathogènes (Tableau 4). La méthode utilisée pour mesurer cette activité était la méthode de diffusion sur disque, et les concentrations de miel testées étaient de 100% et 50%.

Tableau 4 - Zone d'inhibition par la diffusion des disques des miels.

Microorganismes	Gram	Ampiciline	Zone d'inhibition en mm (Disque Diffusion)								
			ME1		ME2		ME3		ME4		
			Concentration du miel								
			0	100%	50%	100%	50%	100%	50%	100%	50%
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Négatif	0	12	6	9	6	10	6	12	7	
<i>Escherichia coli</i>		26	11	6	-	6	9	7	9	6	
<i>Klebsiella pneumoniae</i>		0	11	8	8	6	11	6	13	6	
<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif	21	11	12	9	10	9	8	9	8	
<i>Bacillus subtilis</i>		32	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Enterococcus faecalis</i>		30	10	9	8	9	9	9	11	8	
<i>Candida albicans</i>	Levure	-	11	8	7	0	13	12	13	8	

Nos résultats montrent que, en ce qui concerne la bactérie *K. pneumoniae*, le miel de Ain Defla (ME4) a montré l'effet d'inhibition le plus important avec un diamètre de 13 mm en raison de niveaux de pH et d'acidité libre plus élevés par rapport aux autres échantillons de miel, tandis que pour *B. subtilis*, l'activité antibactérienne était nulle pour tous les échantillons de miel. Il est important de noter que la variation significative de l'activité antimicrobienne entre les souches bactériennes est liée à la spécificité de chaque bactérie qui réagit différemment aux miels.

Les diamètres de zones d'inhibition pour *E. coli*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae* (tous gram négatif) étaient compris entre 6-11 mm, tandis que pour *S. aureus* (gram positif), le diamètre était de 8-11 mm et pour *E. faecalis* (gram positif) il était compris entre 8-10 mm. Pour la levure *C. albicans*, des zones d'inhibition supérieures à 6 mm ont été observées, variant entre 8-13 mm, à l'exception de l'échantillon ME2 à 50% qui a montré une absence de zone d'inhibition.

Enfin, il convient de noter que le pouvoir inhibiteur du miel était plus prononcé dans les échantillons concentrés, mais il diminuait nettement dans le cas des échantillons à faible concentration.

Il a été observé que les résultats obtenus pour la bactérie *E. faecalis* étaient similaires à ceux rapportés dans d'autres études en Tunisie sur le même miel. En effet, (Mechlouch, 2014) ont obtenu un diamètre de 13 mm, tandis qu'(Ayari et al.,

s. d.) ont obtenu un diamètre de 8 mm. Ces résultats indiquent que le miel peut avoir un effet inhibiteur sur cette bactérie en particulier, mais que l'efficacité peut varier en fonction des spécificités du miel et de la souche bactérienne en question

En somme, les analyses menées sur nos miels d'*Eucalyptus globulus* Labill. provenant de différentes régions de l'Ouest algérien ont permis de valoriser leur qualité et de mettre en lumière leur bienfaits. Ces résultats sont précieux pour les producteurs de miel afin d'améliorer la qualité de leur produit et aider les consommateurs à faire des choix éclairés lors de l'achat de miel.



Chapitre IV

Modes opératoires

Chapitre IV. Modes opératoires

Ce chapitre est dédié aux modes opératoires utilisés pour évaluer les paramètres physicochimiques des miels. Ces paramètres comprennent la teneur en eau, l'indice de réfraction, l'acidité libre, la conductivité électrique, la teneur en cendre et bien d'autres. Chacun de ces paramètres est important pour caractériser et différencier les différents types de miel.

Nous explorerons les techniques analytiques couramment utilisées pour mesurer ces paramètres, en mettant l'accent sur les méthodes reconnues et normalisées par les organisations internationales. De plus, nous discuterons des considérations pratiques lors de la réalisation des analyses, y compris les échantillonnages, les préparations d'échantillons, les réactifs et les instruments de mesure nécessaires.

I. Détermination de pH et acidité libre

Calibrage du pH-mètre :

Le pH-mètre est étalonné avec des solutions tampon pH=3.0, pH=7.0 et pH=9.0

Dissoudre 5 g d'échantillon dans 50 ml d'eau dépourvue de dioxyde de carbone dans un bécher de 250 mL. Utiliser un agitateur magnétique pour mélanger la solution. Plonger les électrodes de pH dans la solution et enregistrer le pH initial (cf. Annexe 1).



Procéder ensuite au titrage avec une solution de NaOH 0,1 M à pH 8,30 (Belay et al., 2013).

Figure 16 – pH-mètre (Photo prise par El Ouchdi et Ghaffour)

L'acidité libre est obtenue en suivant la formule ci-après :

$$\text{Acidité libre (milliéquivalents/kg de miel)} = (1000 \times V \times N) \times M$$

Où :

- V : Volume en mL de la soude à 0,1N versé pour atteindre le pH équivalent.
- N : Normalité de NaOH (0, 1 M).
- M : Masse en grammes de miel (5g).

II. Détermination de la conductivité électrique

La détermination de la constante de la cellule de conductivité est une étape importante dans la mesure de la conductivité électrique des solutions. Si cette constante n'est pas connue, il est nécessaire de la déterminer avant de procéder à toute mesure. Tout d'abord, il faut transférer 40 mL de la solution de chlorure de potassium dans un bécher. Ensuite, il convient de connecter la cellule de conductivité au conductimètre et de la rincer soigneusement avec la solution de chlorure de potassium. Une fois que la cellule est prête, il faut l'immerger dans la solution de chlorure de potassium, en prenant soin de la placer à côté d'un thermomètre.

Une fois la cellule immergée, il est nécessaire d'attendre que la température de la solution atteigne 20°C. À ce stade, il est possible de lire la conductance électrique de la solution en millisiemens (mS). Cette mesure permettra de déterminer la constante de la cellule de conductivité, qui est essentielle pour la mesure de la conductivité électrique des solutions.

La préparation de l'échantillon consiste à dissoudre une quantité de miel équivalant à 20,0 g de miel dépourvu d'eau dans de l'eau distillée. Ensuite, transférer la solution obtenue de manière quantitative dans une fiole jaugée de 100 mL et la compléter avec de l'eau distillée jusqu'à atteindre le volume total (Belay et al., 2013).

Ajouter 40 mL de la solution de prélèvement dans un bécher, puis positionner le bécher dans un bain thermostatique d'eau maintenue à une température de 20 °C. Nettoyer soigneusement la cellule de conductivité avec la quantité restante de la solution de l'échantillon. Plonger la cellule de conductivité dans la solution de l'échantillon. Une fois que la température s'est stabilisée, mesurer la conductance en mS (cf. Annexe 2).



Figure 17 - Conductimètre (Photo prise par El Ouchdi et Ghaffour).

La conductivité électrique de la solution de miel est calculée par la formule suivante :

$$S_H = K * G$$

Avec :

- S_H : Conductivité électrique de la solution de miel en $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$,
- K : Constante de la cellule en cm^{-1} ,
- G : Conductance en mS.

III. Détermination de l'indice de réfraction et indice de Brix

Le réfractomètre est un instrument qui peut être ajusté à une température de 20 °C et étalonné à l'aide d'eau distillée ou d'un autre matériau de référence certifié. Pour mesurer l'indice de réfraction du miel, il faut d'abord dissoudre et homogénéiser l'échantillon dans un bécher, puis recouvrir uniformément la surface du prisme avec le miel. Il est important de vérifier que toute la surface est couverte de miel. Regardez à travers l'oculaire du réfractomètre et observez l'échelle graduée. Vous verrez une ligne de séparation entre la lumière et l'obscurité. Cette ligne est appelée ligne de réfraction. Faites la mise au point en tournant la molette de mise au point jusqu'à ce que la ligne de réfraction soit nette et facile à lire. La valeur de l'indice de réfraction peut ensuite être lue directement sur l'échelle graduée du réfractomètre. Pour obtenir une mesure précise, il est recommandé de mesurer chaque miel trois fois et de prendre la moyenne des valeurs obtenues (cf. Annexe 3).

Pour interpréter les résultats, une table de correspondance de l'indice de réfraction peut être utilisée, comme la table de Chataway (cf. Annexe 4).

Pour déterminer le degré de Brix on utilise un réfractomètre où il y a deux échelles celle qui indique le degré de Brix se trouve en parallèle avec celle qui indique l'indice de réfraction (cf. Annexe 5).

PS : la mesure de l'indice de Brix doit être effectué à une température standard de 20 °C. Dans le cas d'une température ambiante le facteur de correction 0.00023°C doit être ajouter (Belay et al., 2013).



Figure 18 - Refractomètre (Photo prise par El Ouchdi et Ghaffour).

IV. Détermination de la teneur en cendres

La teneur totale en cendres a été déterminée selon la méthode d'incinération des échantillons de miel. Les creusets d'incinération vide étant pesés, 5g de miel ont été placés dans les creusets (m_0) mélangés à deux gouttes d'huile d'olive pour empêcher la mousse de miel. Ensuite, les échantillons ont été incinérés à une température de 600 °C dans un four à moufle pendant 90min. Après 18h soit le temps de refroidissement à température ambiante, les cendres obtenues ont été pesées (m_1). Toutes les mesures ont été effectuées en deux exemplaires (Majewska et al., 2019).



Figure 19 - Creusets d'incinération de nos échantillons (Photo prise par El Ouchdi et Ghaffour).

Le taux des cendres est calculé par la formule suivante :

$$W_A = \frac{m_1 - m_2}{m_0} * 100$$

Où :

- m_0 : Poids de miel pris,
- m_1 : Poids du creuset + cendres,
- m_2 : Poids du creuset.

V. Détermination de proline

Pour préparer la solution d'échantillon, mesurez avec une précision environ 5 g de miel dans un bécher. Dissolvez le miel de manière quantitative dans 50 mL d'eau. Ensuite, transférez la solution dans une fiole jaugée de 100 mL. Complétez le volume avec de l'eau jusqu'à la graduation de la fiole jaugée, puis agitez vigoureusement.

Utilisez une seringue précise pour pipeter 0,5 mL de la solution d'échantillon dans un tube. Dans un deuxième tube, pipetez également 0,5 mL d'eau (essai à blanc). Ensuite, pipetez 0,5 mL de la solution standard de proline dans trois autres tubes.

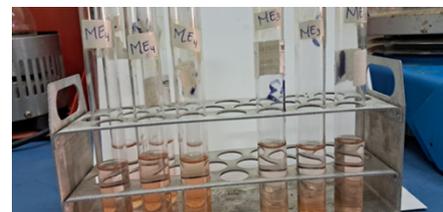


Figure 20 - Echantillons d'analyse de proline.

Ajoutez 1 mL d'acide formique et 1 mL de solution de ninhydrine dans chaque tube. Assurez-vous de bien boucher les tubes, puis agitez vigoureusement pendant 15 minutes. Placez les tubes dans un bain-marie bouillant pendant 15 minutes, en vous assurant qu'ils sont immergés sous le niveau de la solution. Ensuite, transférez les tubes dans un bain-marie à 70°C pendant 10 minutes. Ajoutez 5 mL de la solution 2-propanol-eau à chaque tube et refermez-les immédiatement avec leur bouchon. Laissez les tubes refroidir, puis mesurez l'absorbance 45 minutes après avoir retiré les tubes du bain à 70°C. Utilisez des cellules de 1 cm et mesurez l'absorbance au maximum près de 510 nm (Kanbur et al., 2021).

La teneur en proline (mg/kg) a été calculée avec les absorbances (cf. Annexe 6) selon la formule suivante :

$$\text{Proline (mg/Kg)} = (E_s/E_a) * (E_1/E_2) * 80$$

Où :

E_s : Absorbance de la solution échantillon,

E_a : Absorbance de la solution standard de proline (moyenne de deux lectures),

E_1 : mg de proline pris pour la solution étalon,

E_2 : Poids du miel en grammes,

80 : Facteur de dilution.

VI. Détermination des polyphénols

La méthode de Folin-Ciocalteu est une méthode couramment utilisée pour déterminer la teneur en polyphénols totaux dans divers échantillons. Elle repose sur la réaction des composés phénoliques présents dans l'échantillon avec le réactif de Folin-Ciocalteu, formant ainsi un complexe coloré mesurable.

Préparation de l'échantillon : Prenez 1 g d'échantillon de miel et diluez-le avec 10 mL d'eau distillée. Ensuite, filtrez la solution à travers un papier filtre pour éliminer les particules indésirables. Ensuite, 0,5 mL de cette solution a été mélangé avec 2,5 mL de réactif 0,2 N Folin-Ciocalteu et 2 mL de carbonate de sodium (Na_2CO_3) 0,7 M pendant 7 min. Après incubation dans l'obscurité à température ambiante (25 °C) pendant 2 h, l'absorbance du mélange réactionnel a été mesurée à 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. L'acide gallique a servi de norme pour produire la courbe d'étalonnage avec différentes concentrations de l'acide gallique. La teneur totale en phénols a été exprimée en mg d'équivalents d'acide gallique (mg EAG/100 g de miel) (cf. Annexe 7).

La teneur polyphénols (EAG/100g) a été calculée avec les absorbances (voir annexe 6) selon la formule suivante (Boussaid et al., 2018) : $C = \frac{c * V}{m}$

Où :

C : Teneur en polyphénols totaux (mg/mL),

c : Concentration d'acide gallique établie à partir de la courbe d'étalonnage (mg/mL),

V : Volume de la solution du miel en mL,

m : Masse du miel en gramme.

VII. Détermination des flavonoïdes

La teneur totale en flavonoïde a été établie par l'utilisation de la méthode colorimétrique de chlorure d'aluminium. Pour la réalisation de ce dosage on a procédé comme suit (Boussaid et al., 2018): 1mL d'extrait de la solution de miel (1mg/mL dans l'éthanol) ou de la solution standard de la quercétine sont additionnés à 1mL de AlCl₃ (2%) dans l'éthanol. On laisse le mélange à température ambiante pendant 40minutes et après avoir effectué le temps d'incubation, on mesure l'absorbance à 430nm. À partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine, les concentrations des flavonoïdes ont été déduites (cf. Annexe 8).

La teneur en flavonoïdes (mg EQ/100 g) a été calculée avec les absorbances (cf. Annexe 6) selon la formule suivante : $X = \frac{m_r \cdot A \cdot V}{m \cdot A_r \cdot V_r}$

Où :

X : Quantité de flavonoïdes mg/g de miel,

A : Absorption de la solution d'extrait de miel,

A_r : Absorption de la solution standard de quercétine,

m : Masse de miel en gramme,

m_r : Masse de la quercétine dans la solution en mg,

V : Volume total d'extrait de composés phénoliques en mL,

V_r : Volume de la solution de quercétine.

VIII. L'activité antimicrobienne

La méthode de diffusion sur milieu gélosé Mueller-Hinton (MH), également connue sous le nom de méthode des disques a été utilisée pour évaluer l'activité antibactérienne des miels (Mama et al., 2019). L'étude a porté sur l'ensemble des échantillons de miel en ce qui concerne six espèces bactériennes pathogènes résistantes aux antibiotiques: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtili*, *Klebsiella pneumoniae* et *Enterococcus faecalis* et une levure : *Candida albicans* sur un milieu gélosé Sabouraud.

Les bactéries ont été cultivées et purifiées sur un milieu nutritif appelé agar nutritif (NA). Des suspensions d'inoculum bactérien contenant entre 10⁶–10⁸ CFU/mL ont été préparées dans du sérum physiologique stérile (0,9 g/L) etensemencées sur de la gélose Mueller-Hinton (MH) pour chaque souche bactérienne.

Des disques de papier filtre de Whatman d'un diamètre de 6 mm, imprégnés de différents types de miel, ont été placés sur les boîtes de Petri inoculées à l'aide de pinces stériles. Ensuite, les boîtes de Petri ont été laissées à 4°C pendant 2 heures pour permettre la diffusion des substances, avant d'être incubées à 37°C pendant 24 heures. Des disques standard d'antibiotiques ont été utilisés comme témoins positifs, tandis que de l'eau stérile a été utilisée comme témoin négatif. Les zones d'inhibition claires observées autour des disques indiquent la présence d'une activité antibactérienne, mesurée en millimètres, y compris le diamètre du disque.



Conclusion générale

Conclusion générale

Notre étude a fourni une analyse approfondie des paramètres physicochimiques, de l'activité antimicrobienne et des produits bioactifs des miels d'*Eucalyptus globulus* de l'ouest algérien. Les résultats obtenus ont révélé plusieurs éléments importants qui contribuent à la caractérisation et à la valorisation de ces miels.

Sur le plan physicochimique, les analyses ont révélé :

- Un pH compris entre 4,24 et 5,05 ;
- Un Degré de Brix entre 81,18 et 82,50% ;
- Une conductivité électrique de 0,57 à 1,22 ms/cm ;
- Des valeurs de teneur en eau comprise entre 15,80 et 17,00% ;
- Une acidité libre variant de 20,66 à 28,66 méq/Kg ;
- Une teneur en proline qui oscille de 273,86 et 529,95 mg/Kg ;
- Teneur en polyphénols entre 300,50 et 440,00 EAG/100g ;
- Teneur en flavonoïdes entre 3,56 et 6,88 mg EQ/100g ;
- Teneur en cendre de 0,044 à 0,148%.

En ce qui concerne l'activité antimicrobienne, les tests réalisés sur les miels d'eucalyptus contre divers pathogènes, tels que les bactéries *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, et un champignon *Candida albicans* ont démontré que le miel d'eucalyptus de l'ouest algérien possède des propriétés inhibitrices contre divers micro-organismes et ont suggéré que les miels d'eucalyptus pourraient être utilisés comme agents thérapeutiques dans le traitement des infections.

De plus, les résultats de ces études ont également mis en évidence la richesse des miels d'*Eucalyptus globulus* en polyphénols et flavonoïdes et ont montré que leur teneur peut varier en fonction de la région géographique, des pratiques apicoles et de la période de récolte.

D'après les analyses effectuées, il a été conclu que le miel de Ain Defla soumis à notre enquête est de qualité supérieure, avec une activité microbienne remarquable. Il est également riche en polyphénols et flavonoïdes qui sont des composés antioxydants, avec des taux respectifs de 440,00 GAE/100g et 6,88 mg EQ/100g.

En somme, les miels d'*Eucalyptus globulus* de l'ouest algérien présentent des caractéristiques physicochimiques favorables, une activité antimicrobienne notable et une composition riche en composés bioactifs bénéfiques. Ces résultats suggèrent que ces miels pourraient être utilisés à des fins thérapeutiques, et ils contribueraient à la promotion de la santé et du bien-être.

Des études supplémentaires sont nécessaires pour approfondir notre compréhension de ces miels et explorer leur potentiel dans diverses applications médicales et dans l'alimentation. Enfin, en valorisant ses miels, l'Algérie pourrait devenir un important pays apicole.

Annexe

Annexe 1 : pH initial

Echantillon	Test 1	Test 2	Test3	Moyenne
ME1	4,26	4,37	4,39	4,34
ME2	4,38	4,22	4,21	4,27
ME3	4,75	4,37	4,81	4,64
ME4	5,01	5,03	5,10	5,05

Annexe 2 : Conductivité électrique

Echantillon	Test 1	Test 2	Test 3	Moy.±Ecart type
ME1	0,7731	0,7779	0,7791	0,7763±0,0030
ME2	0,7700	0,7852	0,7755	0,7766±0,0076
ME3	0,5762	0,5834	0,5798	0,5765±0,0035
ME4	1,2285	1,2212	1,2261	1,225±0,0036

Annexe 3 : Indice de réfraction

Echantillon	Test 1	Test 2	Test 3	Moyenne
ME1	1,4940	1,4940	1,4940	1,4940
ME2	1,4980	1,4950	1,4960	1,4963
ME3	1,4970	1,4970	1,4970	1,4970
ME4	1,4925	1,4950	1,4950	1,4941

Annexe 4: Table de Chataway

Teneur en eau g/100g	Index de refraction 20°C	Teneur en eau g/100g	Index de réfraction 20°C
13,0	1,5044	19,0	1,4890
13,2	1,5038	19,2	1,4885
13,4	1,5033	19,4	1,4880
13,6	1,5028	19,6	1,4875
13,8	1,5023	19,8	1,4870
14,0	1,5018	20,0	1,4865
14,2	1,5012	20,2	1,4860
14,4	1,5007	20,4	1,4855
14,6	1,5002	20,6	1,4850
14,8	1,4997	20,8	1,4845
15,0	1,4992	21,0	1,4840
15,2	1,4987	21,2	1,4835
15,4	1,4982	21,4	1,4830
15,6	1,4976	21,6	1,4825
15,8	1,4971	21,8	1,4820
16,0	1,4966	22,0	1,4815
16,2	1,4961	22,2	1,4810

16,4	1,4956	22,4	1,4805
16,6	1,4951	22,6	1,4800
16,8	1,4946	22,8	1,4795
17,0	1,4940	23,0	1,4790
17,2	1,4935	23,2	1,4785
17,4	1,4930	23,4	1,4780
17,6	1,4925	23,6	1,4775
17,8	1,4920	23,8	1,4770
18,0	1,4915	24,0	1,4765
18,2	1,4910	24,2	1,4760
18,4	1,4905	24,4	1,4755
18,6	1,4900	24,6	1,4750
18,8	1,4895	24,8	1,4745
		25,0	1,4740

Annexe 5 : Indice de Brix (%)

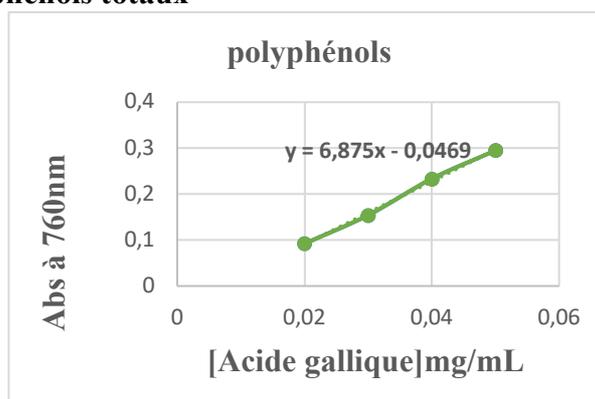
Echantillon	Test1	Test 2	Test3	Moyenne
ME1	81,25	81,25	81,25	81,25
ME2	83,00	81,50	82,00	82,16
ME3	82,50	82,50	82,50	82,50
ME4	80,55	81,50	81,50	81,18

Annexe 6: Teneur en proline

Echantillon	Test 1	Test 2	Moyenne
ME1	315,71	337,08	326,39
ME2	304,75	293,08	298,91
ME3	379,64	409,09	394,36
ME4	530,31	534,08	532,19

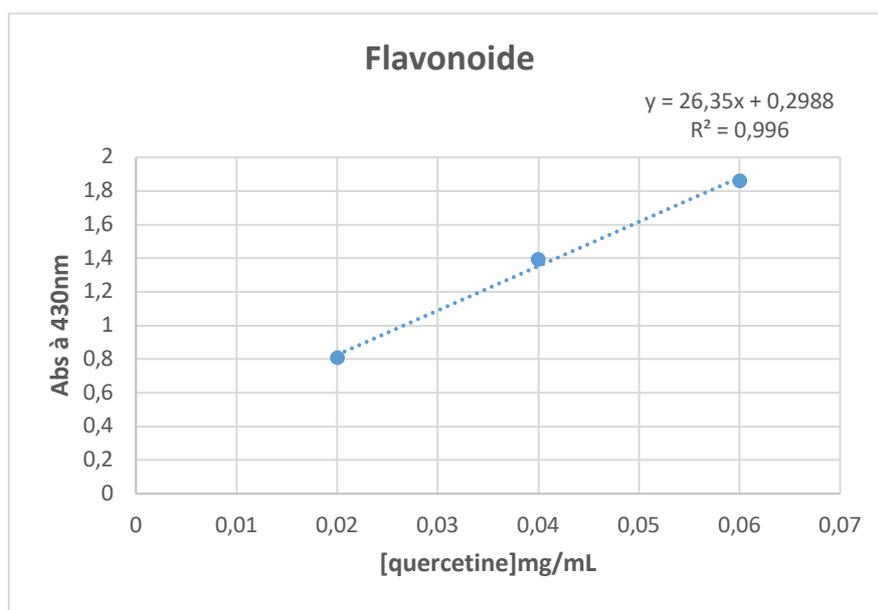
Annexe 7: Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux

[Acide gallique] mg/mL	Absorbance à 760nm
0,05	0,2949
0,04	0,2335
0,03	0,1541
0,02	0,0922



Annexe 8 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes

[Quercétine] mg/mL	Absorbance à 430nm
0,02	0,8065
0,04	1,3915
0,06	1,8605



BIBLIOGRAPHIE

A

- Abdelguerfi. (2003). Sensory and physic-chemical properties of commercial samples of honey. *Food Research International*, 63, 183-1991.
- Achour, H. Y. (2014). *Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques.*
- Acquarone, C., Buera, P., & Elizalde, B. (2007). Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Food chemistry*, 101(2), 695-703.
- Adam, F. (2010). *Ma méthode d'apiculture, édition Le courrier de livre 29, rue de condé, 75006.*
- Alimentarius, C. (2001). *Codex stan 12-1981.*
- Altman, N. (2010). *The honey prescription : The amazing power of honey as medicine.* Inner Traditions/Bear & Co.
- Anon. (1980). *Journal Officiel des Communautés Euro-péennes.*
- Avisse, I., & Odoux, J. F. (2014). *Grand traité des miels.* Adipis.
- Ayari, B., Abbassi, F., Hammami, M. A., & Landoulsi, A. (s. d.). Physicochemical and antimicrobial properties of Tunisian honeys : Honey inhibited the motility of bacteria. *African Journal of Microbiology Research.*

B

- Belay, A., Solomon, W. K., Bultossa, G., Adgaba, N., & Melaku, S. (2013). Physicochemical properties of the Harena forest honey, Bale, Ethiopia. *Food Chemistry*, 141(4), 3386-3392.
- Belhaj, O., Oumato, J., & Zrira, S. (2015). *Étude physico-chimique de quelques types de miels marocains.*
- Benabadji, N., Bouazza, M., & Mahboubi, A. (2001). L'impact de l'homme sur la forêt dans la région de Tlemcen (Oranie-Algérie). *Forêt méditerranéenne*, 22(3), 269-274.
- Bogdanov, S., Ruoff, K., & Oddo, L. P. (2004). Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys : A review. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), 4-17.
- Bonté, F., & Desmoulière, A. (2013). Le miel : Origine et composition. *Actualités pharmaceutiques*, 52(531), 18-21.
- Bonté, F., Rossant, A., Archambault, J. C., & Desmoulière, A. (2011). Miels et plantes : De la thérapeutique à la cosmétique. *La Phytothérapie Européenne*, 63, 22-28.

Boukraâ, L. (2013). *Honey in Traditional and Modern Medicine* (1st éd.). CRC Press.

Bouseta, A., Collin, S., & Dufour, J.-P. (1992). Characteristic aroma profiles of unifloral honeys obtained with a dynamic headspace GC-MS system. *Journal of Apicultural Research*, 31(2), 96-109.

Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G., & Hamdi, S. (2018). Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(2), 265-274.

C

Caïd, N., Chachoua, M., & Berrichi, F. (2019). Analyse spatiale diachronique de l'occupation du vignoble algérien depuis 60 ans: Cas de la wilaya de Mostaganem. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, 13, 53-74.

Cenet, M., Bozdogan, A., Sezer, G., Acar, L., & Ulukanli, Z. (2017). Antimicrobial activities, pollen diversity and physicochemical properties of natural honey from Southeastern Anatolia of Turkey. *Advancements in Life Sciences*, 4(2), 47-54.

Cerasoli, S., Caldeira, M. C., Pereira, J. S., Caudullo, G., & Rigo, D. (2016). *Eucalyptus globulus and other eucalypts in Europe: Distribution, habitat, usage and threats*. European atlas of forest tree species. Publishing Office of the EU.

Ciulu, M., Serra, R., Caredda, M., Salis, S., Floris, I., Pilo, M. I., Spano, N., Panzanelli, A., & Sanna, G. (2018). Chemometric treatment of simple physical and chemical data for the discrimination of unifloral honeys. *Talanta*, 190, 382-390.

Clément, H. (2015). *Le traité Rustica de l'apiculture*. Rustica.

Cohen, H. A., Rozen, J., Kristal, H., Laks, Y., Berkovitch, M., Uziel, Y., & Efrat, H. (2012). Effect of honey on nocturnal cough and sleep quality: A double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Pediatrics*, 130(3), 465-471.

Crane, E. (1979). *Honey: A comprehensive survey* Heinemann.

Cronquist, A. (1968). *The Evolution and Classification of Flowering Plants*. Houghton Mifflin.

D

Dahmani, K., Houdeib, J.-B., Ouannar, N., & Bendeddouche, B. (2020). *Characterization of honeys from Algeria according to climatic origin based on physicochemical properties*.

Descottes, B. (2009). Cicatrisation par le miel, l'expérience de 25 années. *Phytothérapie*, 7(2), 112-116.

Di Marco, G., Gismondi, A., Panzanella, L., Canuti, L., Impei, S., Leonardi, D., & Canini, A. (2018). Botanical influence on phenolic profile and antioxidant level of Italian honeys.

Journal of Food Science and Technology, 55(10), 4042-4050.

Djurdjura, M. (2016). Les canidés sauvages de la région de Tiaret. *Revue Agrobiologia*, 6(1).

Downey, G., Fouratier, V., & Kelly, J. D. (2003). Detection of Honey Adulteration by Addition of Fructose and Glucose Using near Infrared Transflectance Spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 11(6), 447-456.

Dutau, G., & Rancé, F. (2009). Allergies au miel et aux produits de la ruche. *Revue française d'allergologie*, 49, 16-22.

E

Erau, P. (2019). *L'eucalyptus : Botanique, composition chimique, utilisation thérapeutique et conseil à l'officine*.

F

FAOSTAT. (2023). *FAOSTAT statistical database*. [Rome] : FAO, 2023-.

Finola, M. S., Lasagno, M. C., & Marioli, J. M. (2007). Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food chemistry*, 100(4), 1649-1653.

Foudil-Cherif, Y. (1991). *Etude comparative des huiles essentielles algériennes d'Eucalyptus globulus labill* [Et camaldulensis (Doctoral dissertation),].

Frisch, K. (2017). *Vie et mœurs des abeilles*. Albin Michel.

G

Gerónimo, J. D., & Fritz, R. (2001). Proline in Argentine honeys. *International Apicultural Congress*, 28.

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(10), 3050-3055.

Gonnet, M. (1982). *Le miel : Composition, propriétés et conservation* (E. OPIDA, Éd.; p. 22).

H

Hallouz, F., Karahacane, H., Meddi, M., Bouslimani, W., Belkacem, F. Z. B., & Sadi, F. (2018). Use of sewage sludge in agriculture in Ain Defla Region, Algeria. *Journal of Environmental and Agricultural Sciences*, 17, 42-54.

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(7), 938.

Hoyoux, J. M. (2002). *Le vocabulaire de l'apiculteur : Illustré d'extraits littéraires*. Presses agronomiques de Gembloux.

K

Kanbur, E. D., Yuksek, T., Atamov, V., & Ozcelik, A. E. (2021). A comparison of the physicochemical properties of chestnut and highland honey : The case of Senoz Valley in the Rize province of Turkey. *Food Chemistry*, 345, 128864.

M

Machado, A. M., Tomás, A., Russo-Almeida, P., Duarte, A., Antunes, M., Vilas-Boas, M., Graça Miguel, M., & Cristina Figueiredo, A. (2022). Quality assessment of Portuguese monofloral honeys. Physicochemical parameters as tools in botanical source differentiation. *Food Research International*, 157, 111362.

Majewska, E., Drużyńska, B., & Wołosiak, R. (2019). Determination of the botanical origin of honeybee honeys based on the analysis of their selected physicochemical parameters coupled with chemometric assays. *Food Science and Biotechnology*, 28, 1307-1314.

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(5), 509-521.

Mama, M., Teshome, T., & Detamo, J. (2019). Antibacterial activity of honey against methicillin-resistant staphylococcus aureus : A laboratory-based experimental study. *International Journal of Microbiology*.

Mechlouch, R. (2014). *Caractérisation physico-chimique et activité antibactérienne de trois variétés de miel (Eucalyptus, Orange et Thym)*.

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(3), 571-577.

Mehdi, Y., Mebrek, S., Djebara, S., Aissaoui, Y., Benahmed, K., Benali, A. I., Benali, M., & Belbraouet, S. (2015). Characterization of Algerian Honey from Tiaret Region and Immunoassay Study of Its Immunomodulatory Effect in BALB/c Mice. *Journal of Food Research*, 5(1), 26.

Mollet, T. (2010). La lettre du développement apicole en aquitaine. *Ed. Addak*, 22.

Mutsaers, M., Blitterswijk, H. V., Leven, L., Kerkvliet, J., & Waerd, J. (2005). *Produits de l'apiculture*. Agrodok.

N

Naman, M., Faidouni, M., & El Adlouni, C. (2005). *Microbiological and Physico-Chemical*

O

Ouchemoukh, S., Louaileche, H., & Schweitzer, P. (2007). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control*, 18(1), 52-58.

Oudjet, K. (2012). *Etudes & Enquêtes, le miel une Denrée à Promouvoir*.

R

Rodríguez, B. A., Mendoza, S., Iturriga, M. H., & Castaño-Tostado, E. (2012). Quality Parameters and Antioxidant and Antibacterial Properties of Some Mexican Honeys. *Journal of Food Science*, 77(1), C121-C127.

Rodríguez Flores, M. S., Escuredo Pérez, O., & Seijo Coello, M. C. (2014). Characterization of *Eucalyptus Globulus* Honeys Produced in the Eurosiberian Area of the Iberian Peninsula. *International Journal of Food Properties*, 17(10), 2177-2191.

S

Serrano, S., Villarejo, M., Espejo, R., & Jodral, M. (2004). Chemical and physical parameters of Andalusian honey: Classification of Citrus and Eucalyptus honeys by discriminant analysis. *Food Chemistry*, 87(4), 619-625.

Silva, L. R., Videira, R., Monteiro, A. P., Valentão, P., & Andrade, P. B. (2009). Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. *Microchemical Journal*, 93(1), 73-77.

Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309-323.

Smail, A., Lyoussi, B., Antunes, M., & Miguel, M. (2013). Physicochemical Characterization and Antioxidant Activity of Commercial Portuguese Honeys. *Journal of food science*, 78, C1159-65.

T

Talpay, B. (1985). Specifications for special-load honeys. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 81(5), 148-151.

W

White, J. W., & Doner, L. W. (1980). Honey composition and properties. *Beekeeping in the United States Agriculture Handbook*, 335, 82-91.

Z

Zahoor, M., Naz, S., & Sangeen, M. (2014). Antibacterial, antifungal and antioxidant activities of honey collected from Timergara (Dir, Pakistan). *Pakistan Journal of*

Pharmaceutical Sciences, 27(1), 45-50.

Zerrouk, S., Seijo, M. C., Boughediri, L., Escuredo, O., & Rodríguez-Flores, M. S. (2014). Palynological characterisation of Algerian honeys according to their geographical and botanical origin. *Grana*, 53(2), 147-158.