



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 :

Melle GOUAL Faiza & Melle BELGACEM Nassima

Sur le thème

Analyses Physico-chimiques & Organoleptiques de Quelques Miels de la Région de Tlemcen

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

Mme Asma CHOUKCHOU BRAHAM Professeur Université de Tlemcen Présidente

Mr Hocine ALLALI Professeur Université de Tlemcen Encadrant

Mme Nabila AIN SEBAA MC « A » Université de Tlemcen Examinatrice

Année Universitaire : 2022 ~ 2023

قال الله تعالى :

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنِ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ ۖ ثُمَّ كُلِي مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلًا يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

(النحل: ٦٨ - ٦٩)

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements les plus profonds, tout d'abord à Dieu le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la force, la volonté et la patience durant toutes nos années d'étude.

Nous souhaitons adresser nos vifs remerciements à Monsieur le Professeur ALLALI Hocine pour son aide précieuse, ses orientations judicieuses, ses qualités d'organisation et d'efficacité, ainsi que pour sa contribution à l'élaboration de ce travail. Son soutien, ses compétences et sa clairvoyance nous ont été d'une aide inestimable, et nous sommes particulièrement reconnaissants pour sa gentillesse.

Nous tenons également à exprimer notre sincère gratitude au Professeur CHOUKCHOU BRAHAM Asma et au Docteur AIN SEBAA Nabila, membres du jury, qui ont eu l'honneur d'évaluer ce travail.

Nous souhaitons également remercier chaleureusement le corps professoral du Département de chimie pour la richesse et la qualité de leur enseignement, ainsi que pour les efforts considérables déployés afin d'assurer à leurs étudiants une formation actualisée et de leur apporter un soutien inestimable tout au long de leur parcours universitaire. Nous adressons également nos remerciements au cadre administratif de la Faculté des Sciences de l'Université de Tlemcen.

Nos remerciements vont également à nos professeurs, Mme REKKAB Ilhem et M. CHOUKCHOU BRAHAM Abderrahim, pour leur contribution dans la fourniture du matériel nécessaire à la réussite de ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos enseignants de la faculté SNV/STU en général, et en particulier aux professeurs BABAALI Brahim, AZZI Rachid, BELYAGOUBI Larbi et BENDAHOU Mourad, qui nous ont guidés dans notre activité antimicrobienne et nous ont accordé leur attention, leur patience et leur confiance.

Nous exprimons également notre gratitude envers les doctorantes, Mme. BEREKSI REGUIG Dalila et Mlle. KAZI TANI Nessrine, pour avoir enrichi nos connaissances et compétences à travers leurs discussions et échanges d'idées.

Nous n'oublions pas de remercier l'ensemble des ingénieurs des laboratoires de chimie, ainsi nous adressons un remerciement chaleureux à M. KHALDI Boumediène, chef de laboratoire au département de chimie, à M. MEBETIL Mourad, à M. KHALDI Omar et à Mme. BOUNACEUR Amaria, pour leur aide précieuse et leur contribution à la création d'un environnement de travail propice, ainsi que pour la mise à disposition des matériaux et équipements nécessaires à l'avancement de nos travaux.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à nos amis qui nous ont soutenus dans ce travail, en particulier Mesdemoiselles RECHIDI Wafa, MADANI Razane, GHEFFOUR Chaima Hadjer, EL OUCHDI Ghita, FRITEL Kenza et Monsieur HADANI Mohamed, ainsi qu'à la promotion « Chimie des Produits Naturels » dans son ensemble.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la structuration de ce mémoire.

Dédicace

Avec l'aide de Dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail. Je le dédie donc à :

Mon très cher père : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts que vous avez fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être. Ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation tout au long de ces années. Que Dieu vous accorde le bien-être et bénisse votre âge.

Ma très chère mère : Ma très chère mère, qui a œuvré pour ma réussite par son amour, son soutien, son assistance et sa présence dans ma vie, ainsi que tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils. Recevez à travers ce travail l'expression de mes sentiments et de ma gratitude éternelle.

A

Mes grands-parents, ma chère sœur Fatima et mon cher frère Mohammed.

A

Mon oncle, ma tante et toute ma famille, ainsi que mes amies (Nassima, Amina, Amel, Wafa, Razane, Ahlem, Kenza,...) et tous mes enseignants depuis mes premières années d'étude.

FAIZA

Dédicace

Tout d'abord, je remercie le bon Dieu de m'avoir accordé la capacité, la volonté et la patience nécessaires pour réaliser ce travail. Ce mémoire est dédié à :

Mes chers parents, qui m'ont toujours encouragée et motivée tout au long de mes études. Je vous suis reconnaissante pour tout le soutien et l'amour que vous m'avez apportés depuis mon enfance. J'espère que votre bénédiction m'accompagnera toujours.

Mes chers frères : Osmane, Hicham, Ahmed Zakaria et Oussama qui m'ont souhaité bonne chance, bonheur et réussite.

A M. hebbali Rabeh qui m'a soutenu dans le parcours académique et qui m'a encouragé et aidé à chaque instant pour avancer dans mes études.

Mon binôme, GOUAL Faiza, qui m'a encouragée et accompagnée dans l'élaboration de ce travail.

Mes chers amis, en souvenir de tout ce que nous avons vécu ensemble.

À tous ceux de qui j'ai appris, mes enseignants, que ce soit ceux du primaire, du collège, du lycée ou de l'enseignement supérieur.

À toutes les personnes que je connais, sans exception, de près ou de loin.

NASSIMA

ملخص

العسل هو مادة غذائية طبيعية ينتجها النحل. وتتميز بخصائصها العلاجية. هذا العمل هو مساهمة في تحليل مختلف خصائص العسل المنتج في ولاية تلمسان. ولتحقيق هذا الهدف، أجريت دراسة على عينتين من العسل (عسل الجرجير وعسل الزعتر). الخصائص الفيزيائية والكيميائية التي تمت دراستها هي: محتوى الماء، درجة بريكس، الناقلية، درجة الحموضة والحموضة الحرة، المواد غير القابلة للذوبان ومحتوى البرولين. كما تمت معايرة قيمة البوليفينول والفلافونويد. بالإضافة إلى ذلك تمت دراسة خاصية العسل كمضاد للميكروبات. التحليلات تم إجرائها وفق التقنيات الموصى بها من طرف هيئة العسل الدولية. بينت النتائج ان كلا العسلين لهما جودة عالية حسب المعايير المطلوبة من قبل Codex Alimentarius. كما انهما يعتبران كمضاد للعديد من الميكروبات.

الكلمات المفتاحية: عسل، جرجير، زعتر، تحليلات فيزيائية وكيميائية، مضاد ميكروبات.

Résumé

Le miel est une substance alimentaire naturelle produite par les abeilles, renommée pour ses propriétés thérapeutiques. Ce travail représente une contribution précieuse à l'analyse approfondie des différentes caractéristiques du miel produit dans la Wilaya de Tlemcen. Dans cette optique, une étude exhaustive a été menée sur deux échantillons de miel, à savoir le miel de cresson et le miel de thym. Les propriétés physicochimiques examinées comprennent la teneur en eau, le degré de Brix, la conductivité, le pH, l'acidité libre, la teneur en cendres et en proline. Parallèlement, une évaluation rigoureuse des polyphénols, des flavonoïdes et des propriétés antimicrobiennes du miel a été réalisée. Toutes les analyses ont été menées selon les normes et les techniques recommandées par la Commission Internationale du Miel, garantissant ainsi la fiabilité des résultats obtenus. Les conclusions de cette étude démontrent que les deux types de miel étudiés se distinguent par leur qualité exceptionnelle, en accord avec les normes strictes du *Codex Alimentarius*. De plus, ces miels présentent des propriétés antimicrobiennes, renforçant leur valeur en tant que produits naturels aux multiples bienfaits.

Mots clés : miel, cresson, thym, analyses physicochimiques, antimicrobien.

Abstract

Honey is a natural food substance produced by bees, renowned for its therapeutic properties. This work represents a valuable contribution to the comprehensive analysis of the different characteristics of honey produced in the Wilaya of Tlemcen. In this regard, a thorough study was conducted on two honey samples, namely cress honey and thyme honey. The examined physicochemical properties encompass water content, Brix degree, conductivity, pH, free acidity, ash content, and proline content. Furthermore, a rigorous evaluation of honey's polyphenols, flavonoids, and antimicrobial properties was undertaken. All analyses were carried out following the standards and techniques recommended by the International Honey Commission, ensuring the reliability of the obtained results. The conclusions of this study demonstrate that both types of honey studied distinguish themselves by their exceptional quality, in accordance with the stringent standards of the *Codex Alimentarius*. Moreover, these honeys exhibit antimicrobial properties, further enhancing their value as natural products with numerous benefits.

Keywords: Honey, watercress, thyme, physicochemical analysis, antimicrobial.

Sommaire

	Page
Introduction générale.....	1
Chapitre I : L'abeille et le miel.....	3
I. Abeille.....	3
II. Miel.....	5
II.1. Définition du miel.....	5
II.2. Classification du miel.....	5
II.2.1. Selon la source naturelle.....	5
II.2.2. Selon l'origine botanique.....	5
II.2.2.1. Miel monofloral.....	5
II.2.2.2. Miel multifloral.....	6
II.3. Composition et propriétés du miel.....	6
II.3.1. Composition du miel.....	6
II.3.2. Propriétés physico-chimiques du miel.....	7
II.3.2.1. Densité.....	7
II.3.2.2. Viscosité.....	7
II.3.2.3. pH.....	7
II.3.2.4. Acidité.....	8
II.3.2.5. Conductivité électrique.....	8
II.3.2.6. Indice de réfraction.....	9
II.3.2.7. Humidité.....	9
II.3.2.8. Teneur en HMF.....	10
II.3.2.9. Teneur en proline.....	10
II.3.2.10. La rotation optique spécifique $[\alpha]_D^{20}$	11
II.3.2.11. Les sucres.....	11
II.3.2.12. Les sels minéraux.....	11
II.3.2.13. Les cendres.....	11
II.3.3. Propriétés organoleptiques.....	11
II.3.3.1. Couleur.....	11
II.3.3.2. Texture.....	11
II.3.3.3. Odeur.....	12

	page
II.3.3.4. Arome.....	12
II.3.4. Activité antimicrobienne.....	12
II.3.4.1. Activité antifongique du miel.....	12
II.3.4.2. Activité antibactérienne.....	12
III. Conclusion.....	13
Chapitre II : Les plantes "Cresson" et "Thym".....	14
I. Introduction.....	14
II. <i>Nasturtium officinale</i>	14
II.1. Historique.....	14
II.2. Noms vernaculaires.....	15
II.3. Classification botanique.....	15
II.4. Composition chimique.....	15
II.5. Répartition géographique.....	16
III. <i>Thymus ciliatus</i> ssp. <i>coloratus</i>	16
III.1. Historique.....	16
III.2. Classification botanique.....	17
III.3. Composition chimique.....	17
III.4. Répartition géographique.....	17
IV. Conclusion.....	18
Chapitre III : Analyses physico-chimiques et activité antimicrobienne des miels de Tlemcen.....	19
I. Introduction.....	19
II. Présentation des échantillons du miel.....	19
III. Résultats et discussion.....	20
III.1. Analyses physico-chimiques.....	20
III.1.1. Conductivité électrique.....	20
III.1.2. Humidité.....	22
III.1.3. Indice de Brix.....	22
III.1.4. pH.....	23
III.1.5. Acidité libre.....	23
III.1.6. Les cendres.....	24
III.1.7. Teneur en proline.....	24

	Page
III.2. Dosage des composés bioactifs.....	25
III.2.1. Dosage des polyphénols.....	25
III.2.2. Dosage des flavonoïdes.....	25
III.3. Propriétés organoleptiques.....	26
III.4. Evaluation de l'activité antimicrobienne.....	27
IV. Conclusion.....	30
Chapitre IV : Modes opératoires.....	31
I. Appareillages utilisés.....	31
II. Matériels & verreries utilisés.....	32
III. Produits utilisés.....	32
IV. Méthodologie.....	33
Conclusion générale.....	41
Annexes.....	42
Références bibliographiques.....	44

Liste des figures

	Page
Figure 1 : Anatomie d'une abeille	3
Figure 2 : <i>Apis mellifera sahariensis</i>	4
Figure 3 : <i>Apis mellifera intermissa</i>	4
Figure 4 : Composition chimique du miel.....	7
Figure 5 : Situation géographique de la wilaya de Tlemcen	14
Figure 6 : <i>Nasturtium officinale</i>	15
Figure 7 : <i>Thymus ciliatus ssp coloratus</i>	16
Figure 8 : Echantillons des miels étudiés.....	19
Figure 9 : Wilaya de Tlemcen.....	20
Figure 10 : Histogramme de l'activité antibactérienne des échantillons de miel....	28
Figure 11 : Résultats de test de l'activité antibactérienne par la méthode des puits	28
Figure 12 : Conductimètre.....	31
Figure 13 : Réfractomètre	31
Figure 14 : pH-mètre	31
Figure 15 : Spectrophotomètre	31
Figure 16 : Four	32
Figure 17 : Principe de l'antibiogramme.....	39

Liste des tableaux

	Page
Tableau 1 : Classification botanique de <i>Nasturtium officinale</i>	15
Tableau 2 : Classification botanique de <i>Thymus ciliatus</i> ssp. <i>coloratus</i>	17
Tableau 3 : Présentation des miels étudiés.....	20
Tableau 4 : Résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques et des composés bioactifs de deux échantillons de miel.....	21
Tableau 5 : Relation entre la teneur en eau du miel et l'indice de réfraction à 20°C..	22
Tableau 6 : Activité antimicrobienne des miels de la région de Tlemcen par la méthode des puits.....	29
Tableau 7 : Diamètres en mm des zones d'inhibition par la méthode des disques...	29
Tableau 8 : Souches utilisées dans les différents tests d'activité antimicrobienne....	39

Liste des abréviations

MC : Miel de cresson

MT : Miel de thym

mS/cm : Millisiemens par centimètre

méq/kg : Milliéquivalent par kilogramme

g : Gramme

µL : Microlitre

mg/kg : Milligramme par kilogramme

mg/100g : Milligramme par 100 grammes

nd₂₀ : Indice de réfraction à 20°C

ppm : Partie par million

mm : Millimètre

µS/cm : Microsiemens par centimètre

ng/L : Nanogramme par litre

g/L : Gramme par litre

mΩ.cm : Milliohm centimètre

°C : Degré Celsius

nm : Nanomètre

mL : Millilitre

mS : Millisiemens

M : Mole par litre

mg EAG/g : Milligramme d'équivalent d'acide gallique par gramme

mg EQ/g : Milligramme d'équivalent de quercétine par gramme

ρ/v : Poids par volume

milieu MH : Milieu Mueller Hinton

milieu sab : Milieu Sabouraud

LVR : Laboratoire vétérinaire régional de Tlemcen

LAMAABE : Laboratoire de Microbiologie Appliquée à l'Agroalimentaire au Biomédical et à l'Environnement

LAPSAB : Laboratoire Antibiotiques Antifongiques : Physico-chimie Synthèse et Activité Biologique

Introduction Générale

Introduction générale

Le miel est un produit noble de la ruche, une substance naturelle précieuse connue depuis l'Antiquité pour être l'une des denrées alimentaires les plus appréciées par l'homme. Il possède des qualités nutritives, thérapeutiques et gustatives remarquables. Le miel est fabriqué par les abeilles à partir du nectar, du miellat ou d'une combinaison des deux. Sa composition chimique et sa saveur dépendent de la source du nectar dont il provient, et sont influencées par de nombreux facteurs externes tels que la biogéographie de la zone de production et le type de fleurs butinées par les abeilles [1].

Les principaux constituants du miel sont les glucides, principalement le glucose et le fructose, qui représentent environ 75% de sa composition. Il contient également de l'eau (environ 20%) ainsi que d'autres composés tels que des enzymes, des lipides, des vitamines, des acides organiques, des minéraux, des flavonoïdes, des composés volatils, etc. [2].

L'Algérie dispose d'une ressource mellifère très diversifiée qui permet de produire différents types de miel. L'apiculture est particulièrement développée dans les montagnes telles que les Aurès, la Kabylie et le Dahra, ainsi que dans les plaines côtières et les grandes vallées fluviales. Cependant, la production est plus intense dans le nord du pays, où la flore fournit la principale source de miel pour l'ensemble du pays [1]. Selon l'Institut Technique des Élevages (ITELV, 2020), on recense 51 539 apiculteurs et 1,6 million de ruches dans ces différentes régions [3]. La production nationale de miel est passée de 4 770 tonnes par an en 2010 à 7 442 tonnes par an en 2020, alors que la consommation par habitant ne dépasse pas 176 grammes par an [3].

Bien que le pays soit considéré comme un consommateur traditionnel de miel, la production nationale ne suffit pas à couvrir les besoins. Par conséquent, de grandes quantités de miel sont importées chaque année de pays tels que la Chine, l'Inde et l'Arabie saoudite [1].

Actuellement, les consommateurs algériens sont confrontés à un problème majeur : celui de différencier le miel authentique des contrefaçons, en raison de l'absence de structures officielles chargées de contrôler la qualité du miel. De plus, le miel est un produit onéreux. Pour ces raisons, notre étude se concentre sur les analyses physico-chimiques et organoleptiques de deux types de miel de la région de Tlemcen, à savoir le miel de cresson et le miel de thym. En utilisant des protocoles internationalement reconnus, ces analyses nous permettront d'évaluer la qualité de nos deux miels.

Tout d'abord, nous allons procéder à une synthèse bibliographique qui sera directement liée au sujet. Par la suite, nous mènerons une série d'analyses physico-chimiques pour évaluer les caractéristiques de nos miels de cresson et de thym. Chaque analyse sera réalisée en utilisant les méthodes et le matériel appropriés. Les paramètres tels que la teneur en eau, le pH, l'acidité libre, la conductivité électrique, les polyphénols et les flavonoïdes etc. seront étudiés pour déterminer la composition chimique de nos miels.

De plus, nous évaluerons l'activité antimicrobienne de nos miels afin de comprendre leur potentiel en tant qu'agents antibactériens ou antifongiques. Des tests spécifiques seront effectués pour évaluer l'efficacité de nos miels contre différents micro-organismes.

Les résultats obtenus à partir de nos analyses seront soigneusement interprétés et discutés. Nous examinerons les variations des composants chimiques en fonction de la source du nectar et des facteurs environnementaux. De plus, nous analyserons les résultats des tests d'activité antimicrobienne pour évaluer la capacité de nos miels à inhiber la croissance des micro-organismes cibles.

En conclusion, nous résumerons les principales conclusions de notre étude, mettant en évidence les caractéristiques distinctives de nos miels de cresson et de thym. Nous fournirons également des recommandations pratiques pour les chercheurs et les apiculteurs, notamment en ce qui concerne les bonnes pratiques de production et les méthodes d'analyse pour assurer la qualité du miel. Enfin, nous partagerons des recommandations pour les consommateurs afin de les aider à distinguer et à apprécier le miel authentique de la contrefaçon.

Chapitre I : L'abeille & le miel

Chapitre I : L'abeille et le miel

I. Abeille

Les abeilles, dans leur acception la plus large, regroupent plus de 20 000 espèces à travers le monde. Elles sont capables de s'adapter à des climats très diversifiés et sont considérées, de prime abord, comme des insectes cosmopolites.

Le terme "abeille" provient du mot latin *Apis*, qui signifie "mouche à miel" et fait référence à un insecte social. *Apis mellifera*, également connue sous le nom d'abeille mellifère, est une espèce dont les différentes variétés sont élevées pour produire divers produits de la ruche, tels que le miel et le pollen. Parmi ces variétés, l'abeille italienne est sans aucun doute la plus productive et la plus répandue. Sur le plan morphologique, le corps d'une abeille se compose de trois parties distinctes : l'abdomen, le thorax et la tête [4] (Figure 1).

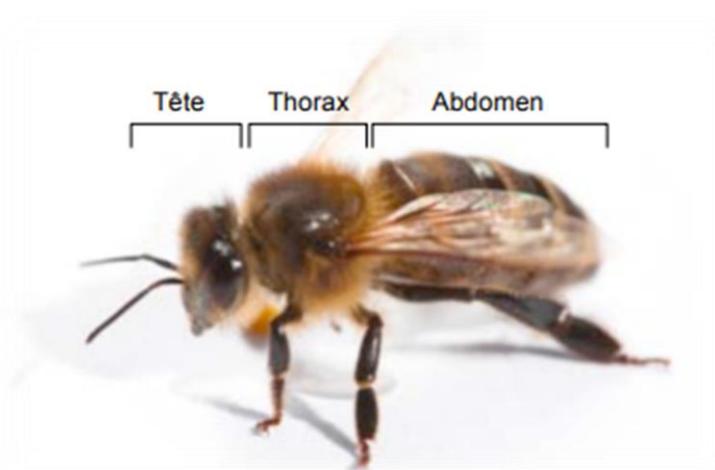


Figure 1 : Anatomie d'une abeille.

Il convient de noter que les abeilles jouent un rôle crucial dans la pollinisation des plantes, ce qui contribue à maintenir l'équilibre des écosystèmes et à assurer la reproduction de nombreuses espèces végétales. Leur importance écologique est donc indéniable.

En outre, les abeilles sont des insectes sociaux, organisés en colonies complexes avec une division du travail bien définie. Chaque colonie est dirigée par une reine, qui est responsable de la reproduction, tandis que les ouvrières s'occupent de la collecte de nourriture, de la construction et de l'entretien de la ruche, ainsi que de la protection de la colonie. Les mâles, appelés faux-bourçons, ont pour rôle principal de se reproduire avec les reines lors des vols nuptiaux.

Dans le cadre de notre étude, nous nous concentrerons principalement sur l'abeille mellifère (*Apis mellifera*) en raison de son importance économique et de sa contribution essentielle à la production de miel et d'autres produits de la ruche.

➤ **Description des races d'abeilles trouvées en Algérie**

On trouve en Algérie deux espèces très répandus :

- ***Apis mellifera sahariensis* (abeille Sahara)**
 - Elle vit dans le sud-ouest de l'Algérie.
 - Elle est jaune rouge très doux et se nourrit très loin.
 - Elle peut résister à la température la plus élevée et les tempêtes de sable fréquentes [5] (Figure 2).



Figure 2 : *Apis mellifera sahariensis* [4].

- ***Apis mellifera intermissa***
 - Excellente production du miel, peu agressive.
 - Elle résiste aux climats méditerranéens.
 - Ne tolère pas bien les hivers rigoureux.
 - Elle se trouve dans le Nord Algérien [5] (Figure 3).



Figure 3 : *Apis mellifera intermissa* [5].

II. Miel

II.1. Définition du miel

Selon la commission du Codex Alimentarius de la FAO, le miel est défini comme suit : « une substance sucrée naturelle produite et traitée par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera*. Il est élaboré à partir du nectar des fleurs, des sécrétions provenant des parties vivantes des plantes ou des excréments laissés par les insectes suceurs qu'elles butinent. Les abeilles transforment ces substances en les combinant avec leurs propres matières spécifiques, les stockent et les laissent mûrir dans les rayons de la ruche. Le miel peut se présenter sous forme fluide, épaisse ou cristallisée » [6].

II.2. Classification du miel

II.2.1. Selon la source naturelle

- Le miel de nectar est fabriqué à partir du nectar, qui est un liquide sucré recueilli par les abeilles à partir des fleurs nectarifères [7].
- Le miel de miellat est obtenu à partir des excréments d'insectes butineurs ou des sécrétions des plantes [7].

II.2.2. Selon l'origine botanique

II.2.2.1. Miel monofloral

Le miel qualifié de "monofloral" est un miel qui présente une concentration de pollen supérieure à 45% provenant d'une seule espèce [8]. Ce type de miel est obtenu lorsque les abeilles collectent principalement le nectar d'une espèce de plante spécifique. Cela donne au miel une saveur distinctive et des caractéristiques uniques en fonction de la source florale dominante.

Par exemple, le miel de thym est un miel monofloral qui est produit principalement à partir du nectar des fleurs de thym. Il possède un arôme et une saveur distincts, souvent décrits comme étant forts et herbacés. De même, le miel de cresson est un autre exemple de miel monofloral qui est fabriqué en majorité à partir des fleurs de cresson. Il offre une saveur spécifique qui peut être légèrement poivrée.

Il convient de noter que la concentration de pollen d'une seule espèce dans le miel peut varier selon les régions et les saisons, et il est important de se référer à des analyses spécifiques pour déterminer la composition exacte du miel monofloral. La mention de la concentration de pollen dans le miel est également un critère important pour évaluer son authenticité et sa qualité.

II.2.2.2. Miel multifloral

Le miel polyfloral, également appelé miel multifloral, est un type de miel qui est collecté à partir du nectar ou du miellat de différentes espèces végétales [8]. Lorsque les abeilles butinent différentes fleurs et plantes dans leur environnement, elles récoltent des sources florales variées, ce qui se traduit par un mélange de nectars et de miellats provenant de différentes espèces.

Ce processus donne au miel polyfloral une composition diversifiée en termes de saveur, d'arôme et de couleur, reflétant ainsi la richesse et la diversité des fleurs et des plantes présentes dans la région où les abeilles ont collecté le nectar. Chaque récolte de miel polyfloral peut être unique en fonction des plantes dominantes à un moment donné.

Il est important de noter que la composition spécifique du miel polyfloral peut varier en fonction de la région géographique et des saisons. Les apiculteurs peuvent parfois proposer des mélanges spécifiques de différentes sources florales pour créer des miels polyfloraux avec des profils de saveur et d'arôme caractéristiques.

La mention du caractère polyfloral d'un miel est une indication de sa diversité botanique et peut être appréciée par ceux qui recherchent des saveurs complexes et nuancées dans le miel.

II.3. Composition et propriétés du miel

II.3.1. Composition du miel

Le miel est souvent la première chose qui vient à l'esprit lorsqu'on pense aux abeilles. C'est un produit naturellement sucré, composé de divers composants qui lui confèrent une saveur et une texture uniques. En effet, le miel est constitué d'environ 20% d'eau, 30% de glucose, 40% de fructose, 5% de saccharose et d'autres sucres. De plus, il contient également une variété de nutriments bénéfiques pour la santé, tels que des protéines, des acides aminés, des minéraux, des enzymes, des vitamines et des polyphénols [9].

Pour mieux comprendre la composition du miel, l'histogramme ci-après (Figure 4) montre la répartition des différents composés et leurs pourcentages moyens dans le miel. Cependant, il est important de noter que ces pourcentages peuvent varier en fonction de la source florale et de la méthode de traitement utilisée par les apiculteurs.

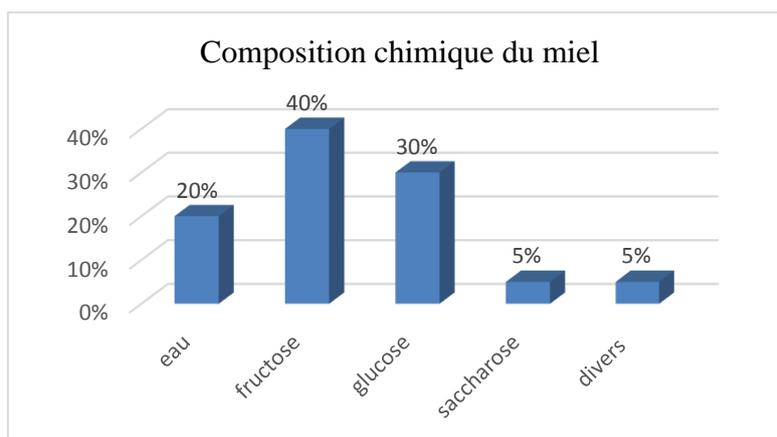


Figure 4 : Composition chimique du miel.

II.3.2. Propriétés physico-chimiques du miel

II.3.2.1. Densité

La densité du miel correspond au rapport de sa masse volumique par rapport à celle de l'eau pure. Elle est inversement proportionnelle à la teneur en eau du miel et peut varier entre 1,39 et 1,44 pour des teneurs en eau comprises entre 13 et 20% à une température de 20°C. Il convient également de noter que la densité du miel est influencée par la température, car le miel a une consistance plus fluide aux alentours de 35°C [10].

La densité du miel est une caractéristique importante, car elle peut fournir des indications sur sa composition et sa qualité. Les variations de densité peuvent être utilisées pour évaluer le degré de concentration du miel, avec des densités plus élevées généralement associées à une plus faible teneur en eau.

Il est essentiel de prendre en compte la température lors de la mesure de la densité du miel, car celle-ci peut influencer les résultats. À des températures plus élevées, le miel a tendance à être plus fluide, ce qui peut avoir un impact sur la mesure de sa densité.

Il convient de noter que les valeurs de densité mentionnées ici sont des plages générales et peuvent varier en fonction de différents facteurs, tels que la source florale, l'origine géographique et les pratiques apicoles.

II.3.2.2. Viscosité

Le miel est un liquide visqueux qui se conforme aux lois de Newton régissant l'écoulement des fluides. Sa viscosité est influencée par plusieurs facteurs, tels que la température, la composition chimique et la teneur en eau [10].

II.3.2.3. pH

Le pH, également connu sous le nom de potentiel d'hydrogène ou indice de Sorensen, est défini comme le cologarithme de la concentration en ions H⁺ dans une solution. Dans le cas

du miel, le pH est un indicateur de sa réactivité acide. Les miels issus du nectar des fleurs ont généralement un pH bas, se situant entre 3,5 et 4,5. En revanche, les miels issus de miellats ont un pH légèrement plus élevé, allant de 4,5 à 5,5 [11].

Le pH du miel est influencé par plusieurs facteurs, notamment la composition chimique du miel et l'activité des enzymes présentes. Les différentes sources florales, ainsi que les conditions environnementales et géographiques, peuvent également jouer un rôle dans la variation du pH du miel.

Il est important de noter que le pH du miel est un élément clé de sa stabilité et de sa durée de conservation. Un faible pH contribue à la création d'un environnement inhospitalier pour la croissance de micro-organismes, ce qui aide à préserver la qualité et la fraîcheur du miel.

II.3.2.4. Acidité

La mesure de l'acidité est essentielle lors de l'extraction et du stockage du miel, car elle influence sa texture et sa stabilité. L'acidité du miel est principalement due aux acides organiques présents, qui proviennent des sécrétions salivaires des abeilles ainsi que des processus enzymatiques et fermentatifs impliqués dans la transformation du nectar et/ou du miellat [12].

L'acidité du miel peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que les sources florales, les conditions environnementales et les pratiques apicoles. Les acides organiques présents dans le miel contribuent à son goût caractéristique et peuvent également jouer un rôle dans sa conservation.

La mesure de l'acidité permet de déterminer le niveau d'acidité du miel, ce qui peut avoir un impact sur sa qualité et sa durée de conservation. Un taux d'acidité approprié est important pour assurer une texture agréable et une stabilité microbiologique du miel.

II.3.2.5. Conductivité électrique

La conductivité est une propriété qui mesure la capacité d'un matériau à conduire le courant électrique. Dans le cas du miel, sa conductivité électrique est directement liée à sa teneur en minéraux, qui agissent comme des conducteurs d'électricité [12].

Plus la teneur en minéraux est élevée dans le miel, plus sa conductivité électrique sera élevée. Cela est dû au fait que les minéraux présents, tels que le potassium, le sodium et le calcium, sont des ions qui peuvent se déplacer et transporter le courant électrique à travers la solution de miel.

La mesure de la conductivité électrique du miel peut être utilisée comme indicateur de sa qualité et de sa pureté. Des variations significatives de la conductivité peuvent indiquer une contamination ou une altération du miel. Cependant, il est important de noter que la conductivité électrique peut également être influencée par d'autres facteurs, tels que la teneur en eau et la présence de substances étrangères.

II.3.2.6. Indice de réfraction

L'indice de réfraction est utilisé pour estimer la teneur en eau du miel. Ces deux paramètres sont en relation inversement proportionnelle l'un par rapport à l'autre. À une température de 20°C, l'indice de réfraction du miel varie généralement entre 1,47 et 1,50 [10].

L'indice de réfraction mesure la déviation de la lumière lorsqu'elle passe à travers le miel. Cette déviation dépend de la composition du miel, y compris de sa teneur en eau. Plus la teneur en eau du miel est élevée, plus l'indice de réfraction est faible. Par conséquent, une teneur en eau plus élevée dans le miel entraînera une déviation plus importante de la lumière.

En utilisant des mesures précises de l'indice de réfraction, il est possible d'estimer la teneur en eau du miel. Cela est particulièrement utile pour vérifier la qualité et la maturité du miel, car une teneur en eau élevée peut favoriser la fermentation ou la détérioration du produit.

II.3.2.7. Humidité

Le taux d'humidité est un critère essentiel qui détermine la capacité du miel à rester stable et à résister à la détérioration due à la fermentation. Le miel doit idéalement avoir un taux d'humidité inférieur ou égal à 20%. Au-delà de cette limite, il risque de subir une fermentation indésirable [13].

La teneur en humidité du miel est un facteur crucial pour sa qualité et sa durée de conservation. Lorsque le taux d'humidité dépasse 20%, il fournit un environnement favorable à la croissance des levures et des bactéries, ce qui peut entraîner une fermentation du miel. La fermentation modifie le goût, la texture et les propriétés du miel, le rendant impropre à la consommation.

Il est donc essentiel de contrôler et de maintenir un taux d'humidité approprié pendant la récolte, le stockage et la transformation du miel. Cela peut être réalisé en utilisant des techniques d'extraction appropriées, en surveillant attentivement les conditions de stockage et en utilisant des méthodes de séchage si nécessaire.

La vérification du taux d'humidité du miel peut être effectuée à l'aide d'instruments de mesure spécifiques, tels que des réfractomètres ou des hydromètres. Ces outils permettent de

déterminer avec précision la teneur en humidité du miel, garantissant ainsi sa qualité et sa sécurité alimentaire.

II.3.2.8. La teneur en HMF

Le taux d'hydroxyméthylfurfural (HMF) est considéré comme l'indicateur de qualité le plus fiable pour déterminer si le miel a été surchauffé. La limite légale pour la teneur en HMF est de 40 mg/kg. Il est important de noter que cette valeur peut augmenter au fil du temps pendant le stockage du miel [14].

L'hydroxyméthylfurfural est un composé chimique formé naturellement dans le miel par réaction thermique du fructose en présence de températures élevées. La quantité d'HMF présente dans le miel est directement liée à la durée et à l'intensité du chauffage subi par le miel.

Un taux élevé d'HMF dans le miel peut être un indicateur de mauvaise qualité et de traitement inapproprié du produit. Un chauffage excessif peut altérer les caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles du miel, réduisant ainsi sa valeur et ses bienfaits.

Il est donc recommandé de contrôler la teneur en HMF du miel pour s'assurer qu'elle reste en dessous de la limite légale de 40 mg/kg. Cela garantit la qualité et l'intégrité du miel. Des analyses régulières peuvent être effectuées pour suivre l'évolution de la teneur en HMF pendant le stockage et pour prendre des mesures appropriées si nécessaire.

II.3.2.9. La teneur en proline

La proline est l'acide aminé libre le plus abondant dans le miel et elle constitue un indicateur du niveau total d'acides aminés. La teneur en proline est mesurée dans le miel pour évaluer sa qualité et son activité antioxydante, et peut également être utilisée pour caractériser son origine botanique. Une teneur en proline inférieure à 180 mg/kg peut suggérer une falsification du miel avec l'ajout de sucre [14].

La présence de proline dans le miel est un indicateur de sa composition nutritionnelle et de sa qualité. Plus la teneur en proline est élevée, plus le miel est considéré comme pur et de qualité supérieure. La proline contribue également à l'activité antioxydante du miel, qui est importante pour ses bienfaits pour la santé.

La mesure de la teneur en proline peut être réalisée par des méthodes analytiques spécifiques. Cette mesure permet d'évaluer la pureté du miel et d'identifier les éventuelles altérations ou falsifications. Une teneur en proline inférieure à 180 mg/kg peut être un indicateur de l'ajout de sucre ou d'autres substances au miel, ce qui compromet sa qualité et son authenticité.

II.3.2.10. La rotation optique spécifique $[\alpha]_D^{20}$

La rotation optique spécifique (ROS) est une propriété physique du miel. Elle peut être utilisée pour différencier les miels de nectar (lévogyres ; valeurs négatives de rotation optique) des miels de miellat (dextrogyres ; valeurs positives de rotation optique) [15].

II.3.2.11. Les sucres

Les principaux sucres présents dans le miel sont le glucose et le fructose, qui représentent de 65 à 75% des sucres totaux. Le glucose influence la vitesse de cristallisation du miel, tandis que le fructose détermine les caractéristiques hygroscopiques du miel. La connaissance des principaux sucres réducteurs présents dans le miel permet de détecter et de différencier le miel de nectar du miellat. En effet, le miel de miellat contient moins de monosaccharides mais davantage de disaccharides, de trisaccharides et d'oligosaccharides que le miel de nectar [16].

II.3.2.12. Les sels minéraux

La teneur en sels minéraux du miel de nectar est d'environ 0,2%, tandis que celle du miel de miellat peut atteindre jusqu'à 1%. Les minéraux les plus importants sont le calcium, le magnésium, le phosphore et le potassium. En règle générale, les miels plus foncés sont plus riches en minéraux que les miels plus clairs [17].

II.3.2.13. Les cendres

La teneur en cendres est liée à la composition minérale et est donc considérée comme un indicateur de qualité permettant de distinguer l'origine botanique du miel. En général, elle est inférieure ou égale à 0,6% (m/m). Certains chercheurs signalent que le miel de miellat présente une teneur en cendres plus élevée que celle du nectar des fleurs. Les différences de teneur en cendres peuvent être attribuées aux caractéristiques du sol et du climat [18].

II.3.3. Propriétés organoleptiques

Le miel peut présenter des variations de couleur, de texture, d'odeur et de goût.

II.3.3.1. Couleur

La couleur d'un élément peut varier entre le blanc, le jaune et le brun, et est déterminée par la présence de composés phénoliques, de flavonoïdes et de minéraux. Le développement de la couleur est également influencé par la teneur en monosaccharides, qui sont les sucres présents en plus grande proportion [19].

II.3.3.2. Texture

Le miel peut se présenter sous différentes formes, qu'il soit finement ou grossièrement cristallin, dur ou mou, liquide ou pâteux. Même s'il est initialement liquide lors de l'extraction,

le miel ne restera pas toujours dans cet état. Le processus de cristallisation varie en fonction de la teneur en sucre, de l'humidité et de la température [4].

II.3.3.3. Odeur

L'odeur du miel peut varier considérablement d'un type à l'autre, mais elle a tendance à s'évaporer rapidement. Elle peut être florale, fruitée ou végétale, et peut être décrite comme délicate, intense ou prononcée [4].

II.3.3.4. Arôme

L'arôme du miel dépend des plantes dont les abeilles butinent. Les miels plus foncés ont généralement une saveur plus prononcée et contiennent davantage de sels minéraux, tandis que les miels plus clairs sont plus délicats [20].

II.3.4. Activité antimicrobienne

II.3.4.1. Activité antifongique du miel

L'effet antifongique du miel provenant de différentes régions a été démontré dans plusieurs études, portant sur diverses souches telles que *Aspergillus* spp., *Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *Microsporium* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp. et *Candida* spp. [21].

II.3.4.1.1. Mycoses cutanées

Une étude clinique a été réalisée pour évaluer l'efficacité d'un mélange composé de quantités égales de miel, d'huile d'olive et de cire d'abeille dans le traitement des patients atteints de dermatophytose. Le traitement consistait en l'application du mélange trois fois par jour pendant un mois. Les résultats obtenus sont les suivants : une réponse clinique a été observée chez 86 % des cas atteints de Pityriasis versicolor et chez 79 % des cas d'Epidermophyton inguinale. Une cicatrisation complète a été constatée chez 79 % des cas de Pityriasis versicolor et chez 71 % des cas d'Epidermophyton inguinale [22].

II.3.4.1.2. Mycoses vaginales

Le miel présente une efficacité comparable à celle des médicaments antifongiques conventionnels dans le traitement de la candidose vaginale causée par *Candida albicans*. Il convient de noter que, pour obtenir l'effet antimicrobien désiré dans le traitement des infections fongiques, une concentration plus élevée de miel est nécessaire [22].

II.3.4.2. Activité antibactérienne

Avec la multiplication des souches bactériennes résistantes aux antibiotiques, le miel suscite de plus en plus d'intérêt en raison de son activité antimicrobienne. De nombreuses publications ont démontré ses propriétés bactéricides et bactériostatiques. Il est important de noter que tous les miels n'ont pas la même activité antibactérienne. Cette activité dépend de

multiples facteurs qui peuvent interagir de manière redondante et interdépendante, ou présenter des effets additifs ou synergiques en fonction de l'espèce bactérienne ciblée (comme *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, etc.). Par exemple, le miel peut favoriser la guérison des blessures [23].

III. Conclusion

En conclusion, le miel est largement reconnu depuis des milliers d'années pour sa grande valeur médicinale, et il occupe désormais une place importante dans la médecine moderne en raison de ses propriétés thérapeutiques exceptionnelles. Ses bienfaits ont été étudiés et documentés dans de nombreux domaines de la santé, allant de ses propriétés antibactériennes et antifongiques à ses effets cicatrisants et anti-inflammatoires. En plus de ses composés bioactifs tels que les antioxydants, les enzymes et les minéraux, le miel possède également des propriétés immunomodulatrices qui contribuent à renforcer le système immunitaire. En outre, son utilisation est souvent associée à une meilleure gestion des symptômes de la toux, du mal de gorge et des brûlures d'estomac. Grâce à son large éventail d'applications et à son profil de sécurité élevé, le miel continue de susciter l'intérêt des chercheurs et des professionnels de la santé en tant qu'option thérapeutique naturelle prometteuse.

Chapitre II : Les plantes "Cresson" et "Thym"

Chapitre II : Les plantes "Cresson" et "Thym"

I. Introduction

Le miel est produit par les abeilles butineuses à partir de plantes mellifères. C'est un composé complexe qui résulte de l'interaction entre les fleurs, le sol et des processus métaboliques délicats spécifiques aux abeilles sur le plan génétique.

Grâce à sa position géographique privilégiée, l'Algérie bénéficie d'un climat varié qui favorise le développement d'une flore riche et diversifiée. En effet, le territoire algérien abrite d'importantes ressources végétales, qui s'étendent du littoral aux plaines, des montagnes aux steppes, et jusqu'au Sahara [24].

Notre zone d'étude se situe dans la wilaya de Tlemcen, située à l'extrémité nord-ouest de l'Algérie, entre les latitudes 34° et 35°40' nord et les longitudes 0°30' et 2°30' ouest (Figure 5).

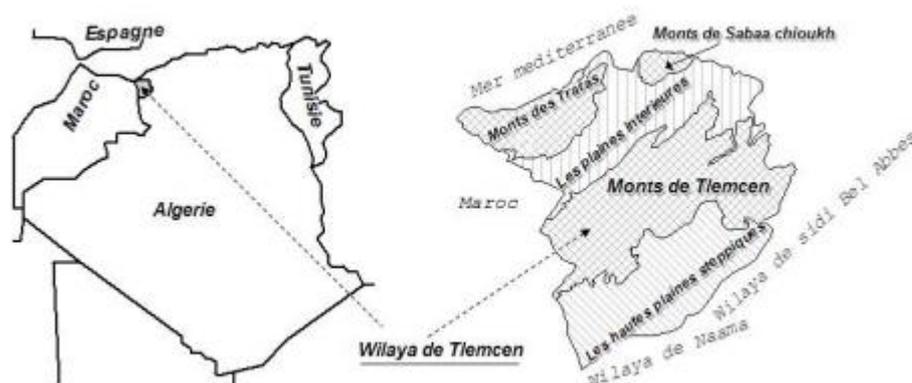


Figure 5 : Situation géographique de la wilaya de Tlemcen.

II. *Nasturtium officinale*

II.1. Historique

Depuis longtemps, le cresson de fontaine (*Nasturtium officinale*) est reconnu à la fois comme légume et plante médicinale. Les Grecs attribuaient à cette plante des propriétés bénéfiques pour l'esprit et recommandaient aux personnes moins intelligentes de consommer du cresson. Dans la phytothérapie européenne, le cresson est principalement utilisé pour ses propriétés purifiantes du sang [25].

II.2. Noms vernaculaires

Nom arabe : Guernounech ;

Nom français : Cresson de fontaine, Cresson officinal, Cresson d'eau ;

Nom anglais : Watercress [26].



Figure 6 : *Nasturtium officinale* [27].

II.3. Classification botanique

Tableau 1 : Classification botanique de *Nasturtium officinale* [28].

Règne	Plante
Sous Règne	<i>Viridiplantae</i>
Infra-règne	<i>Streptophyta</i>
Super-division	Embryophyte
Division	Trachéophyte
Subdivision	Spermatophytes
Classe	Magnoliopsides
Superordre	<i>Rosanae</i>
Ordre	Brassicales
Famille	Brassicacées
Genre	<i>Nasturtium</i>
Espèce	<i>Nasturtium officinale</i> R.Br

II.4. Composition chimique

Le cresson de fontaine est une plante qui présente une richesse en vitamines A, C et E. En plus de ces vitamines essentielles, cette plante contient également une variété de composés chimiques bénéfiques pour la santé. Parmi ces composés figurent les flavonoïdes, les polyphénols, les glucosinolates et l'isothiocyanate de phényléthyle (PEITC) [29]. Ces composés confèrent au cresson de fontaine ses propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et

anticancéreuses. Les flavonoïdes et les polyphénols agissent comme des antioxydants puissants qui aident à protéger les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres. Le glucosinolate et l'isothiocyanate de phényléthyle (PEITC) ont démontré des effets bénéfiques dans la prévention et le traitement de certains types de cancer. Ainsi, le cresson de fontaine constitue une excellente source de nutriments et de composés phytochimiques bénéfiques pour la santé.

II.5. Répartition géographique

Le cresson est une plante originaire d'Europe, d'Asie et d'Afrique du Nord. Au fil du temps, il a été introduit dans de nombreuses régions, notamment en Amérique du Nord, en Amérique du Sud et en Australie [30]. En Algérie, on peut le trouver abondamment le long du littoral ainsi que dans les zones aquatiques [26]. Cette plante s'épanouit dans des environnements humides, tels que les cours d'eau, les ruisseaux et les sources, où elle prospère grâce à la présence d'eau fraîche et claire. En raison de sa capacité à pousser dans diverses régions du monde et de sa popularité en tant que plante comestible, le cresson est largement cultivé et apprécié pour sa saveur caractéristique et ses nombreux bienfaits pour la santé.

III. *Thymus ciliatus* ssp. *coloratus*

III.1. Historique

Le thym est une plante emblématique de la flore méditerranéenne. Il est largement utilisé dans la médecine traditionnelle sous différentes formes. Les feuilles de thym sont souvent utilisées pour préparer des infusions, qui sont prisées pour leur efficacité contre la toux. Les décoctions à base de thym sont également utilisées pour soulager les maux de tête, l'hypertension artérielle et la gastrite. Par ailleurs, le thym peut être appliqué localement pour traiter diverses affections cutanées [24]. Grâce à ses propriétés antiseptiques, antioxydantes et anti-inflammatoires, le thym est considéré comme une herbe polyvalente dans le domaine de la médecine traditionnelle, offrant une gamme d'avantages thérapeutiques.



Figure 7 : *Thymus ciliatus* ssp. *coloratus*.

III.2. Classification botanique

Tableau 2 : Classification botanique de *Thymus ciliatus* ssp. *coloratus* [31].

Règne	<i>Plantae (végétal)</i>
Embranchement	<i>Spermaphytes (phanérogames)</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Sous classe	<i>Métachlamydées (gamopétales)</i>
Ordre	<i>Tubiflorales</i>
Sous ordre	<i>Lamiales</i>
Famille	<i>Lamiacées (Labiées)</i>
Genre	<i>Thymus</i>
Espèce	<i>Ciliatus</i>
Sous-espèce	<i>T. coloratus</i>

III.3. Composition chimique

Une étude récente a démontré que les différentes parties du thym, à la fois les parties aériennes et les racines, renferment une richesse de composés bioactifs. Parmi ces composés, on retrouve les flavonoïdes, les tanins, les stérols, les stéroïdes et les hétérosides stéroïdiques [24]. Les flavonoïdes et les tanins sont des antioxydants puissants qui contribuent à la protection des cellules contre les dommages causés par les radicaux libres. Les stérols et les stéroïdes jouent un rôle dans la régulation des processus biologiques, tandis que les hétérosides stéroïdiques ont des propriétés anti-inflammatoires et immunomodulatrices. Cette diversité de composés présents dans le thym confère à la plante ses propriétés médicinales et lui confère un large éventail d'applications thérapeutiques, notamment dans le domaine de la santé respiratoire, gastro-intestinale et immunitaire.

III.4. Répartition géographique

Le thym est l'un des genres les plus diversifiés de la famille des Lamiacées, avec près de 350 espèces réparties en Europe, en Asie occidentale et en Méditerranée. Cette plante est très commune en Afrique du Nord-Ouest, où elle pousse sur tout le littoral et même dans les régions arides de l'intérieur des terres. Le thym est également présent dans les montagnes d'Éthiopie, d'Arabie du Sud-Ouest, à travers la péninsule du Sinaï en Égypte, en Sibérie et même dans l'Himalaya. Environ 110 espèces différentes du genre *Thymus* sont concentrées dans le bassin méditerranéen, ce qui fait de cette région le centre du genre. En Algérie, pays riche en plantes médicinales, plusieurs espèces de thym sont présentes sur tout le littoral et même à

l'intérieur des terres dans les régions arides. La famille des Lamiacées comprend plusieurs espèces végétales, qui ne sont pas facilement identifiables en raison de leur variabilité et de leur tendance à s'hybrider facilement. Les feuilles de thym sont largement utilisées en médecine traditionnelle algérienne pour traiter de nombreux maux tels que la toux, les maux de tête, l'hypertension artérielle et la gastrite, ainsi que pour les affections cutanées lorsqu'elles sont appliquées par voie topique [24].

IV. Conclusion

Le cresson et le thym sont deux plantes bénéfiques pour la santé, utilisées depuis longtemps à des fins médicinales. Le cresson est riche en vitamines et en composés chimiques tels que les flavonoïdes, offrant des propriétés antioxydantes et purifiantes. Le thym, quant à lui, contient des flavonoïdes, des tanins et d'autres composés qui lui confèrent des propriétés antimicrobiennes et anti-inflammatoires. Ces plantes ont des applications variées, allant du traitement des affections pulmonaires aux maux de tête et aux affections cutanées. Leur utilisation dans la médecine traditionnelle et leur reconnaissance scientifique en font des options intéressantes dans la pharmacopée moderne, mais il est conseillé de consulter un professionnel de la santé avant de les utiliser.

**Chapitre III : Analyses physico-
chimiques et activité
antimicrobienne des miels de
Tlemcen**

Chapitre III : Analyses physico-chimiques et activité antimicrobienne des miels de Tlemcen

I. Introduction

Le miel est un produit sucré et savoureux qui a été consommé au fil des ans en raison de ses valeurs nutritionnelles élevées et de ses effets bénéfiques sur la santé humaine. Afin d'évaluer la qualité de certains miels de la région de Tlemcen, plusieurs paramètres physico-chimiques ont été analysés, notamment l'humidité, l'indice de Brix, la conductivité électrique, le pH, l'acidité libre, les cendres et la teneur en proline. De plus, une quantification des polyphénols et des flavonoïdes a été effectuée. Enfin, une évaluation de l'activité antimicrobienne (antibactérienne et antifongique) a été réalisée dans le cadre de cette étude. Toutes ces analyses ont été menées au laboratoire de chimie de la faculté des sciences de l'Université de Tlemcen.

II. Présentation des échantillons du miel

Les deux échantillons de miel étudiés (Figure 8) ont été prélevés au cours du printemps 2022 dans la région de Tlemcen (Figure 9). Ils ont été conservés dans des récipients en verre stériles, dans des conditions favorables à leur conservation : température de 4°C, à l'abri de la lumière et sans humidité, afin d'éviter toute altération chimique et biologique éventuelle. Ces échantillons ont été identifiés en fonction des informations recueillies lors de l'enquête menée auprès de l'apiculteur. Les codes, l'origine botanique, la provenance géographique et la date de récolte des échantillons sont récapitulés dans le Tableau 3.



Figure 8 : Echantillons des miels étudiés.

Tableau 3 : Présentation des miels étudiés.

Code	Origine botanique	Famille de plante	Provenance géographique	Coordonnées GPS de la région	Date de récolte
MC	Cresson	<i>Nasturtium officinale</i>			
MT	Thym	<i>Thymus ciliatus</i> ssp. <i>Coloratus</i>	Tlemcen	34° 52' 57.994 N 1° 19' 0.012 W	Printemps 2022

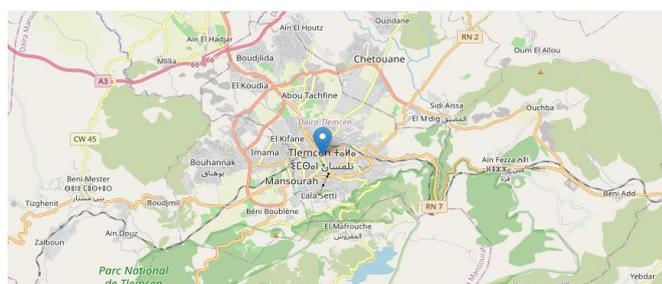


Figure 9 : Wilaya de Tlemcen.

III. Résultats et discussions

Les résultats des analyses physico-chimiques, ainsi que la quantification des composés bioactifs, pour les deux échantillons de miel, sont récapitulés dans le Tableau 4. Ce tableau met en évidence les paramètres tels que l'humidité, l'indice de Brix, la conductivité électrique, le pH, l'acidité libre, les cendres, la teneur en proline, ainsi que les polyphénols et les flavonoïdes. Les données obtenues permettent d'évaluer la composition et les propriétés de chaque échantillon de miel étudié.

III.1. Analyses physico-chimiques

III.1.1. Conductivité électrique

La conductivité du miel est liée à sa teneur en acides minéraux et organiques. Elle joue un rôle essentiel dans le contrôle de qualité du miel et constitue généralement une méthode pertinente pour identifier son origine florale. En effet, la conductivité du miel issu du nectar est généralement inférieure à 0,8 mS/cm, tandis que celle du miel provenant du miellat dépasse cette valeur [32].

Les résultats obtenus pour les deux échantillons, MT et MC, sont respectivement de $0,639 \pm 0,008$ mS/cm et $0,235 \pm 0,003$ mS/cm. Les deux valeurs sont inférieures à 0,8 mS/cm, ce qui indique que les deux miels sont des miels de nectar.

La valeur de conductivité du miel MT est comparable à celle du miel d'Espagne (0,640 mS/cm) [32] et légèrement supérieure à celle du miel de thym du Maroc (0,535 mS/cm) [33].

Une étude a rapporté que les miels de couleur foncée présentent une conductivité plus élevée [34]. Dans notre étude, le miel MT présente une valeur deux fois plus élevée que MC, ce qui est conforme à la littérature.

Tableau 4 : Résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques et des composés bioactifs de deux échantillons de miel.

Echantillon	Conductivité (mS/cm)	Humidité (%)	Degré de Brix	pH	Acidité libre (méq/kg)	Cendres (%)	Proline (mg/kg)	Polyphénols (mg EAG/100g)	Flavonoïdes (mg EQ/100g)
MT	0,639±0,008	15,40±0,69	82,67±0,58	4,18±0,04	45,33±2,31	0,17±0,03	378,84±1,65	27,80±3,96	6,31±0,26
MC	0,235±0,003	18,47±0,83	80,00±0,87	4,26±0,17	38,60±4,68	0,15±0,00	220,98±1,91	25,70±1,84	3,92±0,39

III.1.2. Humidité

La teneur en humidité du miel fournit des informations sur son niveau de conservation. Ce paramètre peut être influencé par divers facteurs, tels que le degré de maturation dans la ruche, le moment de la récolte et les conditions climatiques [35].

Pour déterminer cette teneur en humidité, on utilise l'indice de réfraction du miel en se référant à une table standard, appelée Table de Chataway (Tableau 5) [36].

Tableau 5 : Relation entre la teneur en eau du miel et l'indice de réfraction à 20°C [10].

Teneur en eau	n_D^{20}	Teneur en eau	n_D^{20}	Teneur en eau	n_D^{20}
13.0	1.5044	17.0	1.4940	21.0	1.4840
13.2	1.5038	17.2	1.4935	21.2	1.4835
13.4	1.5033	17.4	1.4930	21.4	1.4830
13.6	1.5028	17.6	1.4925	21.6	1.4825
13.8	1.5023	17.8	1.4920	21.8	1.4820
14.0	1.5018	18.0	1.4915	22.0	1.4815
14.2	1.5012	18.2	1.4910	22.2	1.4810
14.4	1.5007	18.4	1.4905	22.4	1.4805
14.6	1.5002	18.6	1.4900	22.6	1.4800
14.8	1.4997	18.8	1.4895	22.8	1.4795
15.0	1.4992	19.0	1.4890	23.0	1.4790
15.2	1.4987	19.2	1.4885	23.2	1.4785
15.4	1.4982	19.4	1.4880	23.4	1.4780
15.6	1.4976	19.6	1.4875	23.6	1.4775
15.8	1.4971	19.8	1.4870	23.8	1.4770
16.0	1.4966	20.0	1.4865	24.0	1.4765
16.2	1.4961	20.2	1.4860	24.2	1.4760
16.4	1.4956	20.4	1.4855	24.4	1.4755
16.6	1.4951	20.6	1.4850	24.6	1.4750
16.8	1.4946	20.8	1.4845	24.8	1.4745

Les échantillons étudiés présentaient une teneur en eau de $15,40 \pm 0,69$ % pour MT et de $18,47 \pm 0,83$ % pour MC. Ces deux valeurs sont inférieures à 20 %, ce qui indique que les deux miels répondent aux critères établis par le Codex Alimentarius. Cette constatation confirme que le risque de fermentation dans ces échantillons est très faible.

Il serait intéressant de noter que la faible teneur en eau dans les échantillons de miel contribue à leur stabilité et à leur durée de conservation. Cela est dû au fait que l'eau disponible dans le miel est insuffisante pour permettre la croissance des microorganismes, réduisant ainsi le risque de fermentation et de détérioration du produit. Cette propriété est un indicateur important de la qualité du miel.

III.1.3. Indice de Brix

La teneur en matière sèche du miel est généralement exprimée en degrés Brix (°Brix), qui correspond à la concentration en sucre. En règle générale, une teneur en solides solubles de 80 °Brix ou plus est attendue dans le miel [37]. Selon le système de classification du

Département de l'Agriculture des États-Unis, un miel est considéré de qualité et plus stable lorsqu'il présente une teneur en matière sèche supérieure à 80 °Brix (soit moins de 20 % d'eau) [37].

Les échantillons de miel MT et MC ont montré des valeurs de teneur en matière sèche de $82,67 \pm 0,58$ et $80,00 \pm 0,87$ respectivement. Par conséquent, nous pouvons conclure que les deux échantillons de miel sont conformes aux normes de qualité recommandées.

Il est important de noter que des niveaux élevés de matière sèche dans le miel contribuent à sa stabilité et à sa durée de conservation. Une teneur en eau réduite limite la disponibilité d'humidité pour les microorganismes, minimisant ainsi le risque de fermentation et de détérioration du miel au fil du temps. Cette caractéristique est un indicateur clé de la qualité du miel et de sa capacité à être stocké pendant de longues périodes sans altération significative.

III.1.4. pH

Le pH du miel est un indicateur précieux de son origine botanique et peut également fournir des informations sur sa dégradation potentielle lors du stockage [6]. Le miel agit comme un tampon, ce qui signifie que son pH ne varie que légèrement avec l'ajout de petites quantités d'acides ou de bases. Le pouvoir tampon du miel dépend de sa teneur en phosphates, carbonates et autres sels minéraux. Ce paramètre revêt une grande importance lors de l'extraction et du stockage du miel, car il influence sa stabilité, sa texture et sa durée de conservation [6]. Généralement, le pH des miels de fleurs se situe entre 3,5 et 4,5, tandis que le pH du miel de miellat est supérieur à 4,6 [6].

Les deux échantillons de miel étudiés se sont révélés acides, ce qui indique une bonne durée de conservation. Les valeurs de pH obtenues étaient de $4,18 \pm 0,04$ pour MT et de $4,26 \pm 0,17$ pour MC. Ces résultats se situent en dessous de 4,5, ce qui confirme que les deux miels proviennent de nectar. Il est intéressant de noter que la valeur de pH du miel de thym étudié est comparable à celle du Maroc (4,14) [33] et inférieure à celle de l'Espagne (4,90) [32].

Ces informations soulignent l'importance du pH du miel en tant que paramètre de qualité, influençant sa stabilité et sa capacité à être stocké pendant de longues périodes sans altération significative.

III.1.5. Acidité libre

L'acidité du miel est principalement due à la présence d'acides organiques. Son niveau d'acidité naturelle peut augmenter avec le temps de stockage, la maturation du miel et éventuellement lors de processus de fermentation [12].

Les échantillons de miel MT et MC qui ont été analysés présentent des valeurs d'acidité de $45,33 \pm 2,31$ méq/kg et $38,60 \pm 4,68$ méq/kg respectivement. Il est intéressant de noter que ces valeurs se situent dans les normes établies par le *Codex Alimentarius*, qui fixe la limite à 50 méq/kg. Cela confirme la stabilité des miels étudiés. Les variations d'acidité observées entre les différents miels peuvent être attribuées à des différences dans la source florale ou la saison de récolte [38]. Le miel de thym en particulier a affiché une valeur d'acidité supérieure à celles obtenues pour les miels d'Espagne (28,50 méq/kg) et du Maroc (28,15 méq/kg) [32, 33].

Ces informations soulignent l'importance de mesurer l'acidité du miel, qui est un indicateur de sa qualité et de sa stabilité. Des niveaux d'acidité appropriés sont essentiels pour assurer une bonne conservation et préserver les propriétés bénéfiques du miel.

III.1.6. Les cendres

La teneur en cendres du miel peut servir de paramètre pour évaluer sa valeur nutritionnelle. En général, la principale contribution aux minéraux provient du potassium, qui varie généralement entre 200 et 900 ppm, suivi d'autres minéraux présents en quantités plus faibles [39].

Les échantillons de miel MT et MC étudiés présentent des teneurs en cendres de $0,17 \pm 0,03$ % et $0,15 \pm 0,00$ % respectivement. Ces valeurs sont inférieures aux seuils fixés par le *Codex Alimentarius*, qui sont de 0,6 % pour le miel de nectar et de 1 % pour le miel de miellat [35].

La teneur en minéraux est liée à la couleur et à la saveur du miel. Plus la teneur en minéraux est élevée, plus la saveur est profonde, le goût est intense et il est plus agréable à déguster [39]. Cette observation a été confirmée par l'analyse de nos échantillons, en effet le miel MT, qui présente une couleur plus foncée, affiche une teneur en minéraux plus élevée.

Ces informations soulignent l'importance de la teneur en cendres et en minéraux dans l'évaluation de la qualité nutritionnelle et sensorielle du miel. Des niveaux appropriés de minéraux contribuent à ses caractéristiques organoleptiques et peuvent fournir des bénéfices nutritionnels supplémentaires.

III.1.7. La teneur en proline

La proline est l'acide aminé le plus présent dans le miel et est considérée comme un indicateur de sa maturité. En effet, sa teneur diminue au cours du stockage, ce qui peut indiquer si le miel a été falsifié avec du sucre si sa valeur est inférieure à 180 mg/kg [40].

Dans notre étude, les deux échantillons de miel analysés ont dépassé la valeur minimale de proline avec des taux respectifs de $220,98 \pm 1,91$ mg/kg pour le MC et $378,84 \pm 1,65$ mg/kg pour le MT. Cela confirme que les deux miels sont de bonne qualité et n'ont pas été altérés avec du sucre.

Il convient de noter que la teneur en proline peut varier en fonction de la source florale et de la saison de récolte. De plus, une teneur élevée en proline est souvent associée à un goût plus prononcé et à une texture plus épaisse du miel.

III.2. Dosage des composés bioactifs

III.2.1. Dosage des polyphénols

Les polyphénols sont des composés phytochimiques largement présents dans le règne végétal, connus pour leurs propriétés pharmacologiques telles que des effets antioxydants, anti-inflammatoires, immunomodulateurs et antidiabétiques [41]. Différents polyphénols sont présents dans le miel et peuvent agir comme des antioxydants en agissant comme des neutralisateurs de radicaux libres et des chélateurs d'ions métalliques qui pourraient catalyser la peroxydation des lipides [42].

L'analyse des polyphénols pour les échantillons MT et MC a révélé des valeurs de $27,80 \pm 3,96$ mg EAG/100g et $25,70 \pm 1,84$ mg EAG/100g respectivement. On constate que les résultats des deux échantillons ne présentent pas une grande différence. Plusieurs recherches ont démontré que les miels foncés ont généralement une teneur en polyphénols plus élevée [43], et nos résultats corroborent cette constatation, puisque le miel de thym, qui présente une couleur plus foncée, affiche une teneur en polyphénols plus élevée.

Ces informations soulignent l'importance des polyphénols présents dans le miel en raison de leurs propriétés bénéfiques pour la santé. Les polyphénols agissent comme des antioxydants naturels qui contribuent à la protection contre le stress oxydatif et à la prévention de diverses maladies.

III.2.2. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques de faible poids moléculaire qui jouent un rôle essentiel dans les propriétés antioxydantes et l'arôme du miel [44].

La teneur en flavonoïdes de nos échantillons MC et MT est respectivement de $3,92 \pm 0,39$ mg EQ/100g et $6,31 \pm 0,26$ mg EQ/100g. En comparant ces deux résultats, nous constatons que la valeur obtenue pour le miel de thym est supérieure à celle obtenue pour le miel de cresson. Cela suggère qu'il existe une relation étroite entre la concentration de composés phénoliques dans le miel et l'origine des espèces végétales visitées par les abeilles. Ces résultats corroborent également les observations précédentes sur les polyphénols. En effet, le miel plus foncé, MT, présente une teneur en flavonoïdes plus élevée. Ces constatations renforcent l'idée que la composition des flavonoïdes dans le miel est influencée par la source florale, et que la couleur du miel peut être un indicateur de sa teneur en composés phénoliques.

Il convient de souligner que les flavonoïdes sont des composants importants du miel en raison de leurs propriétés antioxydantes, qui contribuent à la protection contre les dommages causés par les radicaux libres et au maintien d'une bonne santé.

III.3. Propriétés organoleptiques

La base de l'évaluation sensorielle du miel repose sur la description et la quantification d'une variété de facteurs liés à la perception des caractéristiques visuelles, olfactives, gustatives et tactiles [45].

Le miel provenant de différentes sources végétales présente des différences de couleur, d'odeur et de goût, ce que nous pouvons observer en comparant nos deux échantillons. En effet, les miels de cresson et de thym sont deux variétés distinctes qui offrent des propriétés organoleptiques uniques.

Miel de cresson :

- ✓ Couleur : Le miel de cresson présente une couleur blanche ou légèrement ambrée.
- ✓ Odeur : Il dégage une odeur délicate et agréable, souvent décrite comme subtilement herbacée.
- ✓ Goût : Le miel de cresson offre une saveur douce et subtile, parfois avec des notes herbacées. Il peut être considéré comme délicat et raffiné.

Miel de thym :

- ✓ Couleur : Le miel de thym a une couleur jaune or caractéristique, parfois plus foncée selon la source florale.
- ✓ Odeur : Il possède une odeur aromatique et intense, rappelant les notes de thym et d'herbes méditerranéennes.
- ✓ Goût : Le miel de thym offre une saveur distinctive et prononcée, souvent décrite comme étant robuste, légèrement épicée et herbacée. Il peut avoir des notes légèrement amères.

Il est à noter que la couleur du miel est souvent associée à la source florale à partir de laquelle le nectar a été récolté. Les variations de couleur peuvent être influencées par les pigments présents dans les fleurs visitées par les abeilles. Quant à l'odeur du miel, elle est également fortement liée à la source florale. Chaque type de fleur a ses propres composés aromatiques, ce qui confère au miel des arômes distincts et caractéristiques. En ce qui concerne le goût du miel, il est influencé par la composition chimique du nectar, y compris les différents sucres, acides organiques et autres composés présents. La diversité des caractéristiques sensorielles du miel en fait un produit unique et apprécié par de nombreuses personnes. La variété des couleurs, des odeurs et des goûts offre une expérience gustative variée et agréable.

III.4. Evaluation de l'activité antimicrobienne

La sensibilité des microorganismes à différents échantillons de miel est déterminée en mesurant le diamètre du halo d'inhibition à l'aide de la méthode de diffusion sur gélose. Les résultats complets de cette évaluation sont présentés dans les tableaux 6 et 7 et la figure 10.

Sept souches de référence, comprenant 3 bactéries gram positives, 3 bactéries gram négatives et un champignon, sont utilisées dans ce travail. Ces souches ont été gracieusement fournies par l'Institut Pasteur Algérien : *Staphylococcus aureus* (Sa), *Bacillus subtilis* (Bs), *Enterococcus faecalis* (Ef), *Pseudomonas aeruginosa* (Pa), *Escherichia coli* (Ec), *Klebsiella pneumoniae* (Kp) et *Candida albicans* (Ca). Les cultures de routine sont réalisées en aérobiose pendant 24 heures sur gélose Muller-Hinton pour les bactéries gram positives et gram négatives, et sur bouillon Sabouraud Dextrose pour *Candida albicans*. Il convient de noter que les conditions d'aérobiose sont maintenues pour les cultures bactériennes, cependant, les conditions d'aération pour les cultures de *Candida albicans* ne sont pas précisées.

Des inoculums standardisés sont préparés dans une solution saline à 0,85% et les densités sont ajustées à 108 Unités Formatrices de Colonie (UFC)/mL.

Méthode des disques :

Les diamètres des zones d'inhibition provoquées par les disques de miel sur les souches testées sont répertoriés dans le tableau (Tableau 7). Les résultats ont révélé que les bactéries *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* et *Enterococcus faecalis* était sensibles à l'antibiotique, avec des diamètres de zone d'inhibition compris entre 21 mm et 32 mm. Cependant, il est noté que les bactéries *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* et la levure *Candida albicans* sont résistantes à l'ampicilline, ce qui est cohérent avec leur résistance aux antibiotiques en général. Il convient de noter que les miels testés ont montré une certaine activité antimicrobienne, bien que leur efficacité varie selon la souche bactérienne testée.

En ce qui concerne les échantillons de miel, nous avons constaté une activité antibactérienne contre la plupart des souches bactériennes testées, à l'exception de *Bacillus subtilis*. Cependant, lors de la comparaison des diamètres des zones d'inhibition avec ceux provoqués par l'ampicilline, il a été observé que ces diamètres étaient faibles et qu'aucune zone d'inhibition significative n'a été notée, ce qui soulève des doutes sur l'efficacité de l'activité antibactérienne du miel dans cette étude.

Les diamètres des zones d'inhibition variaient en fonction du type de miel, de la souche testée et de la concentration. Les miels purs ont généré des diamètres de zones d'inhibition plus importants que ceux obtenus avec le miel dilué. Cependant, les contradictions dans les résultats précédemment mentionnées remettent en question les conclusions définitives quant à l'utilisation du miel comme agent antibactérien efficace.

Il est important de poursuivre les recherches pour clarifier ces contradictions et obtenir des données plus fiables sur l'activité antimicrobienne du miel contre différentes souches bactériennes.

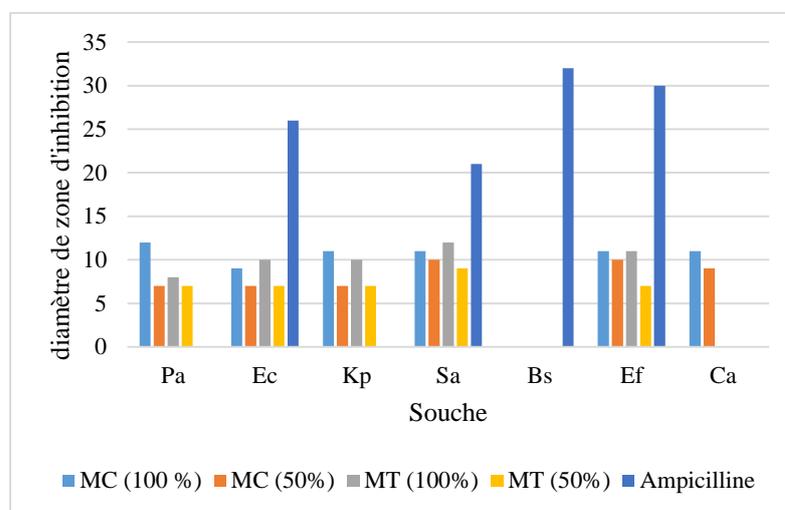


Figure 10 : Histogramme de l'activité antibactérienne des échantillons de miel.

Méthode des puits :

Les diamètres des zones d'inhibition générées par les miels et l'antibiotique sur les deux souches testées sont mentionnés dans le Tableau 6.

Les résultats ont montré que les bactéries *Escherichia coli* et *Bacillus subtilis* étaient sensibles à l'antibiotique gentamicine (Figure 11), avec une zone d'inhibition de 24 mm et 20 mm respectivement. En ce qui concerne les miels, on observe une sensibilité de la bactérie *Escherichia coli* avec des diamètres de zones d'inhibition compris entre 20 et 27 mm, tandis que la bactérie *Bacillus subtilis* était résistante sans aucune zone d'inhibition observée.

En comparant les différentes concentrations, il est observé que les échantillons avec une concentration de 80 % montrent généralement des zones d'inhibition plus grandes que celles générées par les concentrations plus faibles (50 %).

Nos deux échantillons de miel ont montré des résultats similaires en termes d'activité antimicrobienne, bien qu'ils proviennent de différentes sources botaniques.



Figure 11 : Résultats du test de l'activité antibactérienne par la méthode des puits.

Tableau 6 : Activité antimicrobienne des miels de la région de Tlemcen par la méthode des puits.

Echantillon	Bactérie			
	Gram-positif		Gram-négatif	
	<i>Bacillus subtilis</i>		<i>Escherichia coli</i>	
	DZI ^a		DZI	
	80% (p/v) ^b	50% (p/v)	80% (p/v)	50% (p/v)
MC ^c	/	/	27	21
MT ^d	/	/	27	20
Antibiotique				
Gent ^e (10 µg)	20		24	

^aDZI : Diamètre de la zone d'inhibition en mm incluant le diamètre du disque (6 mm). ^b : Concentrations des échantillons de miel. / : aucune activité antimicrobienne. ^cMC : Miel de Cresson ; ^dMT : Miel de Thym. ^eGent : Gentamicine.

Tableau 7 : Diamètres en mm des zones d'inhibition par la méthode des disques.

Echantillon	Bactérie													
	Gram-positif						Gram-négatif						Levure	
	<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Bacillus subtilis</i>		<i>Enterococcus faecalis</i>		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		<i>Escherichia coli</i>		<i>Klebsiella pneumoniae</i>		<i>Candida albicans</i>	
	DZI ^a													
	100% (p/v) ^b	50% (p/v)	100% (p/v)	50% (p/v)	100% (p/v)	50% (p/v)	100% (p/v)	50% (p/v)	100% (p/v)	50% (p/v)	100% (p/v)	50% (p/v)	100% (p/v)	50% (p/v)
MC ^c	11	10	/	/	11	10	12	7	9	7	11	7	11	9
MT ^d	12	9	/	/	11	7	8	7	10	7	10	7	/	/
Antibiotique														
AMPI ^e	21		32		30		/		26		/		/	

^aDZI : Diamètre de la zone d'inhibition en mm incluant le diamètre du disque (6 mm). ^b : Concentrations des échantillons de miel. / : aucune activité antimicrobienne. ^cMC : Miel de Cresson ; ^dMT : Miel de Thym. ^eAMPI : Ampiciline.

VI. Conclusion

Les résultats de notre étude ont fourni des informations précieuses sur la qualité physicochimique de nos deux échantillons de miel, confirmant qu'ils respectent les normes établies par la communauté européenne. Cela souligne la fiabilité et la sécurité de nos produits. En ce qui concerne l'activité antimicrobienne, nos résultats ont révélé que tant le MC que le MT présentent une activité moyenne contre la plupart des microorganismes testés. Cette propriété antibactérienne et antifongique est une caractéristique prometteuse de nos miels et renforce leur potentiel en tant qu'agents thérapeutiques naturels. Ces résultats encourageants ouvrent la voie à de futures applications dans le domaine de la santé et de la médecine.

Chapitre IV : Modes Opérateires

Chapitre IV : Modes opératoires

I. Appareillage utilisés

- Conductimètre



Type : HANNA HI 2300

Plage : 0.0 à 29.9 $\mu\text{S/cm}$; 30.0 à 299.9 $\mu\text{S/cm}$; 300 à 2999 $\mu\text{S/cm}$; 3.00 à 29.9 mS/cm ; 30.0 à 200.0 mS/cm

Résolution : 0.01 $\mu\text{S/cm}$; 0.1 $\mu\text{S/cm}$; 1 $\mu\text{S/cm}$; 0.01 mS/cm ; 0.1 mS/cm

Sonde EC : HI 76310 ; **Alimentation :** 12 Vdc (adaptateur inclus)

Figure 12 : Conductimètre

- Réfractomètre



Type : réfractomètre d'Abbe NAR-1T LIQUID

Gamme de mesure nD : 1.300 à 1.700

Précision : 0.0002

Dimension : 130 X 180 X 230 mm

Figure 13 : Réfractomètre

- pH-mètre



Type : Consort C3030.

B-2300 Turnhout. Belgium

pH : -2.000 à 16 pH

Ion : 0.01 ng/L à 100 g/L

Résistivité : 0 à 200 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$; **Température :** -5 à 105°C

Figure 14 : pH-mètre

- Spectrophotomètre UV-Visible



Spectrophotomètre SPECORD 200 PLUS

Principe optique : Spectrophotomètre double faisceau avec une bande passante fixe.

Mode : Energie, absorption, transmission, réflectance.

Gamme de longueur d'onde : 190-1100 nm.

Affichage photométrique : pas de limitations

Précision de la longueur d'onde : ± 0.1 nm

Figure 15 : Spectrophotomètre

- **Four**



Nabertherm controller B-170

Température max : 1100 °C

Chauffage des deux côtés par des éléments chauffants protégés dans des tubes en verre quartz

Figure 16 : Four

II. Matériel et verrerie utilisés

- Fioles de 5 mL, 10 mL, 25 mL, 50 mL et 100 mL.
- Bêchers de 25 mL et 50 mL.
- Tubes à essai.
- Burette de 25 mL.
- Eprouvettes.
- Cristalliseur.
- Plaque chauffante.
- Agitateur magnétique.
- Balance analytique.
- Thermomètre.

III. Produits utilisés

Les produits utilisés dans cette étude comprennent :

- Acide formique (CAS n° 64-18-6) à une concentration de 98% v/v.
- Ethanol (CAS n° 64-17-5) à une concentration de 99% v/v.
- 2-propanol (CAS n° 67-63-0) à une concentration de 99% v/v.
- Carbonate de potassium (CAS n° 584-08-7) à une pureté de 99%.
- Chlorure d'aluminium (AlCl₃) (CAS n° 7446-70-0) à une pureté de 99%.
- Méthanol (CAS n° 67-56-1) à une concentration de 99% v/v.
- Eau distillée de qualité laboratoire.
- NaOH (CAS n° 1310-73-2) à une concentration de 1M, préparé en utilisant NaOH solide de qualité laboratoire et de l'eau distillée.

Les produits ont été soigneusement choisis pour répondre aux exigences spécifiques de l'expérience et ont été manipulés en utilisant les pratiques de sécurité appropriées.

IV. Méthodologie

IV.1. Analyses physico-chimiques

IV.1.1. Conductivité électrique

Avant de procéder aux mesures, il est essentiel d'étalonner le conductimètre en utilisant une solution tampon de référence.

Pour préparer la solution d'échantillon, peser avec précision 20 g de miel dans un petit bécher et le dissoudre dans de l'eau distillée. Transférer la solution dans une fiole jaugée de 100 mL, puis ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, en veillant à bien homogénéiser la solution. Transférer ensuite la solution échantillon dans un bécher propre et le placer dans un bain thermostaté réglé à 20°C.

Avant d'effectuer la mesure, rincer soigneusement la cellule de conductivité avec de l'eau distillée pour éliminer tout résidu. Plonger ensuite la cellule dans la solution échantillon et noter la conductance affichée sur l'appareil. Répéter cette procédure expérimentale trois fois pour obtenir des mesures précises et fiables [6].

Calcul et expression des résultats :

La méthode utilisée consiste à mesurer la conductivité électrique du miel à une température de 20°C, en évaluant la conductance G et en utilisant la formule suivante pour calculer la conductivité :

$$S_H = K \times G$$

Où,

S_H : la conductivité électrique du miel (mS/cm)

K : la constante de cellule (cm⁻¹) ($K = 1.208$ pour notre appareil)

G : conductance affichée à l'écran (mS).

Détermination de la constante de cellule :

Si la constante de cellule du conductimètre utilisé est inconnue, veuillez suivre la procédure suivante :

Peser précisément 7.4557 g de KCl et le dissoudre dans une fiole jaugée de 1000 mL contenant de l'eau fraîchement distillée. Sécher la solution à 130 °C. Compléter la fiole jusqu'au trait de jauge avec de l'eau fraîchement distillée pour obtenir une solution de concentration 0.1 M de KCl. Transférer 40 mL de cette solution de KCl dans un bécher propre. Plonger l'électrode du conductimètre dans la solution et noter la conductance affichée.

La constante de cellule du conductimètre peut être calculée en utilisant la relation suivante :

$$K = 11.691 / G$$

Où,

K : Constante de cellule en cm^{-1} .

G : Conductance électrique en mS.

La valeur 11.691 est obtenue en additionnant la conductivité moyenne de l'eau fraîchement distillée à 20°C (en mS/cm) et la conductivité de la solution de KCl 0.1 M à 20°C.

Remarque :

Les mesures de conductivité doivent être effectuées à une température de 20°C. Si la détermination est réalisée à une température différente, il convient d'appliquer un facteur de correction pour obtenir la valeur à 20°C :

Pour des températures supérieures à 20°C : soustraire 3.2% de la valeur par degré Celsius.

Pour des températures inférieures à 20°C : ajouter 3.2% de la valeur par degré Celsius.

IV.1.2. Détermination de l'humidité et de l'indice de Brix par méthode réfractométrique

Calibration de l'appareil (réfractomètre Abbe) avec de l'eau distillée ($n_D^{20} = 1.3330$).

Prenez une quantité de miel et placez-la dans un pilulier. Mettez le pilulier dans un bain thermostaté à 50°C jusqu'à ce que les cristaux de sucre se dissolvent, puis laissez la solution refroidir à température ambiante. Nettoyez soigneusement le prisme du réfractomètre Abbe pour vous assurer qu'il est propre et sec. Déposez une petite quantité de l'échantillon sur la surface du prisme et recouvrez uniformément. Lisez l'indice de réfraction et l'indice de Brix après deux minutes, notez la température du prisme, puis nettoyez soigneusement le prisme. Reportez-vous à la table de Chataway [35] pour lire la teneur en humidité correspondante.

Remarque :

Pour une température supérieure à 20°C : ajoutez 0,00023 par °C à l'indice de réfraction.

Pour une température inférieure à 20°C : soustrayez 0,00023 par °C de l'indice de réfraction.

Il est important de calibrer correctement l'appareil avec de l'eau distillée avant chaque utilisation pour obtenir des mesures précises.

IV.1.3. Mesure du pH et de l'acidité libre

- *Étalonnage du pH-mètre :*

Avant de procéder à la mesure du pH, étalonnez le pH-mètre équipé d'une sonde de température en utilisant les solutions tampons de pH 4 et 6,86.

Préparation de la solution de NaOH (0,05 M) :

Dans une fiole jaugée de 250 mL, ajoutez 5 g de NaOH et dissolvez-le en ajoutant quelques millilitres d'eau distillée. Complétez jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée pour obtenir une solution de NaOH 0,05 M.

- *Préparation de l'échantillon :*

Pesez 5 g de miel et dissolvez-le dans quelques millilitres d'eau distillée. Transférez dans une fiole jaugée de 50 mL et complétez avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Mélangez bien, puis transférez 25 mL de cette solution dans un bécher de 50 mL. Ajoutez une barre magnétique et agitez doucement. Rincez l'électrode avec de l'eau distillée, puis séchez-la avec du papier absorbant. Plongez l'électrode sèche dans la solution à analyser. Notez tout d'abord le pH initial, puis titrez avec la solution de NaOH tout en mesurant le pH jusqu'à atteindre un pH de 8,30. Notez le volume ajouté à partir de la burette.

L'acidité libre est exprimée en milliéquivalents d'hydroxyde de sodium nécessaires pour neutraliser 1 kg de miel. L'expression correcte pour calculer l'acidité libre est la suivante :

$$\text{Acidité libre (még/kg)} = (V \times T \times 50 \times 1000) / (25 \times M)$$

Où,

V : Le volume de neutralisation de l'acidité libre en mL.

T : Concentration de la solution de NaOH en mol/L.

M : La masse de miel en g.

Assurez-vous de bien étalonner le pH-mètre avant chaque utilisation avec les solutions tampons appropriées.

IV.1.4. Matière insoluble (Cendres)

La teneur en cendres du miel est définie comme le résidu obtenu après une procédure bien définie, et elle est exprimée en pourcentage en poids [35].

Pour commencer, il faut peser un creuset vide et noter sa masse. Ensuite, prélever entre 5 et 10 grammes de miel et les placer dans le creuset, puis ajouter deux gouttes d'huile d'olive. Mettre le creuset dans un four électrique et le faire chauffer à 600°C pendant 1 heure et 30 minutes. Une fois ce laps de temps écoulé, laisser le four refroidir toute la nuit. Ensuite, retirer le creuset du four et le peser [35].

La proportion de cendres (WA) en grammes pour 100 grammes de miel (%) peut être calculée en utilisant l'équation suivante :

$$WA = \frac{m1 - m2}{m0} \times 100$$

Où ;

W_A : Teneur en cendre.

m₁ : la masse du creuset avec les cendres obtenues après la combustion.

m₂ : la masse du creuset vide.

m₀ : la masse du miel.

IV.1.5. Teneur en proline

Préparation des solutions :

- Solution de ninhydrine : Prendre 3 g de ninhydrine et les introduire dans une fiole jaugée de 100 mL. Compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée afin d'obtenir une solution à 3% en volume.
- Solution de référence de proline : Mettre 40 mg de proline dans une fiole jaugée de 50 mL et ajouter de l'eau distillée. Diluer 1 mL de cette solution avec 25 mL d'eau pour obtenir une solution à 32 mg/L.
- 2-propanol : Préparer une solution contenant 50% en volume de 2-propanol dans de l'eau distillée.

Préparation de la solution échantillon :

Pour commencer, dissoudre 5 g de miel pur dans 50 mL d'eau distillée, puis transférer la solution obtenue dans une fiole de 100 mL. Agiter vigoureusement, puis compléter jusqu'au trait de jauge. À l'aide d'une pipette, prélever 0,5 mL de solution de proline et les transférer dans 3 tubes. Prélever également 0,5 mL d'eau distillée dans un tube (essai blanc) et 0,5 mL de la solution échantillon dans un autre tube. Ajouter dans chaque tube 1 mL de solution de ninhydrine et 1 mL d'acide formique. Fermer les tubes avec leurs bouchons et agiter pendant 15 minutes. Ensuite, placer les tubes dans un bain d'eau bouillante pendant 15 minutes, puis les transférer dans un bain d'eau à 70°C pendant 10 minutes. Après cela, ajouter 5 mL de solution de 2-propanol (50%) dans chaque tube et agiter. Laisser refroidir pendant 45 minutes, puis mesurer l'absorbance à 510 nm [34].

La teneur en proline du miel peut être calculée en utilisant l'équation suivante :

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

Où :

E_s : Absorbance de la solution échantillon.

Ea : Absorbance de la solution standard de proline (moyenne des trois lectures).

E1 : Quantité de proline utilisée pour la solution étalon en mg.

E2 : Poids du miel en gramme.

80 : Facteur de dilution.

IV.2. Dosage des composés bioactifs

IV.2.1. Dosage des polyphénols

La concentration des composés phénoliques dans les extraits a été déterminée en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu avec quelques modifications.

Pour commencer, dissoudre 0,5 g de miel dans 10 mL de méthanol. Ensuite, mélanger dans des tubes à essai 100 µL d'extrait ou d'acide gallique (0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05 mg/mL) avec 500 µL de réactif de Folin dilué dix fois dans de l'eau distillée et 400 µL de Na₂CO₃ (7%). Mesurer l'absorbance à 760 nm après une incubation à température ambiante (23 ± 2°C) pendant 40 minutes. La quantification a été réalisée en se basant sur une courbe d'étalonnage pour l'acide gallique (voir Annexe 2) [46].

Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent d'acide gallique par gramme de miel (EAG/g) et sont calculés à l'aide de la formule suivante :

$$C = \frac{c \cdot V}{m}$$

Où,

C : La teneur en polyphénols totaux exprimée en mg/g.

c : La concentration d'acide gallique obtenue à partir de la courbe d'étalonnage, exprimée en mg/mL.

V : Le volume de la solution de miel utilisée en mL.

m : La masse du miel utilisée en gramme.

IV.2.2. Dosage des flavonoïdes

La teneur totale en flavonoïdes a été déterminée à l'aide de la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium.

Pour ce faire, dans un premier temps, mélanger 1 mL d'extrait (1 mg/mL dans du méthanol) ou de solution standard de quercétine (0,020, 0,040, 0,060, 0,080 et 0,100 mg/mL) avec 1 mL d'AlCl₃ (2%) dans un mélange de méthanol. Ensuite, l'absorbance a été mesurée à 430 nm après une incubation à température ambiante (23 ± 2°C) pendant 40 minutes. Les concentrations en flavonoïdes ont été déduites à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec

la quercétine (voir Annexe 3). Les résultats sont exprimés en mg d'équivalents de quercétine par gramme d'extrait (mg EQ/g d'extrait) [46].

IV.3. Évaluation de l'activité antimicrobienne

- *Méthode de diffusion par disque*

Préparation du milieu de culture et ensemencement

Pour commencer, dans une fiole de 1 L, ajouter 38 g de poudre de Mueller-Hinton et compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Chauffer le mélange jusqu'à atteindre le point d'ébullition, puis le laisser refroidir légèrement. Une fois refroidi, transférer le mélange dans des bouteilles en verre. Stériliser le mélange dans un stérilisateur à 120 °C pendant 1h30 à 2h. Laisser les bouteilles refroidir un peu. Stériliser la zone de travail à l'aide d'eau de Javel et allumer les becs Bunsen pour stériliser l'atmosphère. Transférer le milieu de culture dans les boîtes de Petri en une couche d'environ 4 mm, en travaillant dans une zone stérile pour éviter toute contamination. Laisser refroidir, couvrir les boîtes et les conserver au réfrigérateur jusqu'à leur utilisation. Utilisant une anse stérile, ensemencer le milieu de culture avec la suspension bactérienne.

En ce qui concerne les champignons, transférer la gélose Sabouraud (milieu de culture pour les champignons) dans les boîtes de Petri, puis laisser refroidir. Couvrir les boîtes et les conserver au réfrigérateur jusqu'à leur utilisation. Utiliser une anse stérile pour ensemencer le milieu de culture avec le champignon [47].

Préparation des échantillons de miel

Les échantillons de miel ont été utilisés à des concentrations de 100% (pur) et à 50% (p/v). Pour la concentration de 100%, il suffit de chauffer le miel dans un bain-marie jusqu'à ce que les cristaux soient dissous, facilitant ainsi le prélèvement de l'échantillon. Pour la concentration de 50%, préparer 1 mL d'une solution aqueuse contenant 0,5 g de miel.

Dépôt des disques

Après stérilisation des disques, utiliser une micropipette pour déposer 30 µL d'échantillon sur chaque disque. Déposer les disques dans les boîtes de Petri et les refermer. Laisser les boîtes au réfrigérateur à 4 °C, puis les placer dans l'étuve pendant 18 à 24 heures.

Microorganismes testés

Pour évaluer les propriétés antibactériennes et antifongiques des miels, six espèces bactériennes et un champignon ont été utilisés.

Les bactéries et le champignon sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Souches utilisées dans les différents tests d'activité antimicrobienne.

Microorganismes	Gram	Code	Laboratoire de conservation
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Pa)		ATCC 27853	LVR
<i>Escherichia coli</i> (Ec)	Négatif	ATCC 25922	LVR
<i>Klebsiella pneumoniae</i> (Kp)		ATCC 700603	LAMAABE
<i>Staphylococcus aureus</i> (Sa)		ATCC 25923	LVR
<i>Bacillus subtilis</i> (Bs)	Positif	ATCC 6633	LAMAABE
<i>Enterococcus faecalis</i> (Ef)		ATCC 29212	LVR
<i>Candida albicans</i> (Ca)	Levure	ATCC 10231	LAPRONA

Lecture

L'évaluation de l'activité antimicrobienne du miel a été réalisée en mesurant le diamètre (en mm) du halo d'inhibition autour de chaque disque. Cette mesure a été effectuée à l'aide d'un pied à coulisse ou d'une règle décimale pour plus de précision.

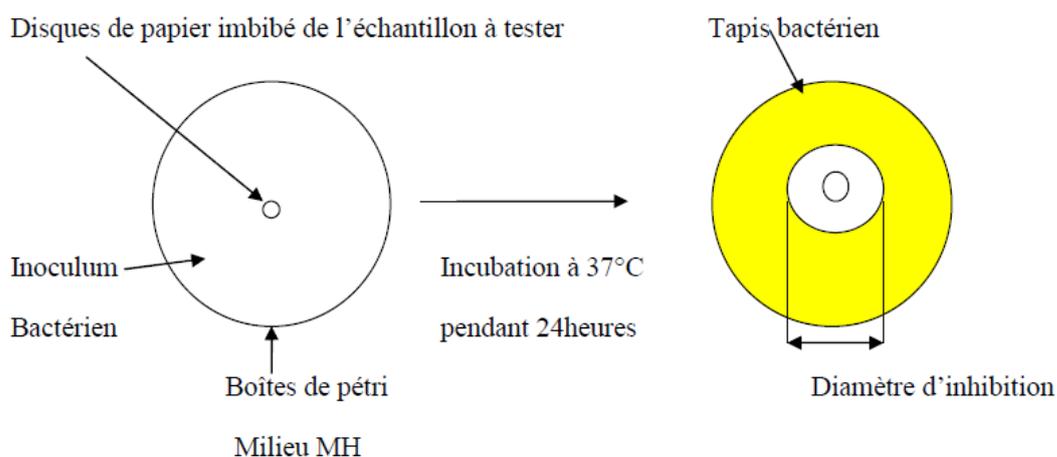


Figure 17 : Principe de l'antibiogramme.

- Méthode des puits

Souches bactériennes

Pour cette méthode, seules deux espèces bactériennes ont été utilisées pour tester l'activité antibactérienne de nos échantillons. Les bactéries utilisées sont *Escherichia coli* ATCC 8739 et *Bacillus subtilis* ATCC 6633.

Préparation des échantillons de miel

Les échantillons de miel ont été utilisés à des concentrations de 80% (p/v) et 50% (p/v). Pour la concentration de 80%, préparez une solution aqueuse d'un volume de 1 mL contenant 0,8 g de miel. Pour la concentration de 50%, préparez 1 mL d'une solution aqueuse contenant 0,5 g de miel.

Préparation des puits

À l'aide d'une pipette Pasteur stérile, réalisez des puits d'environ 5 mm de diamètre sur la gélose MH refroidie. Remplissez les puits avec les échantillons de miel.

Au centre de chaque boîte de Petri, réalisez un puits et remplissez-le avec l'antibiotique gentamicine. Les boîtes de Petri sont ensuite placées au réfrigérateur pendant 30 minutes, puis incubées à 37 °C pour *Escherichia coli* et à 30 °C pour *Bacillus subtilis* pendant 18 à 24 heures.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Les miels qui ont fait l'objet de notre étude sont le miel de cresson et le miel de thym collectés dans la Wilaya de Tlemcen. Cette étude approfondie nous a permis d'évaluer divers paramètres physico-chimiques ainsi que l'activité biologique, notamment l'activité antimicrobienne, des deux échantillons. Parmi les paramètres analysés figuraient la conductivité, la teneur en eau, l'indice de Brix, le pH, l'acidité libre, les cendres, la teneur en proline et les composés phénoliques.

Les mesures de conductivité électrique ont révélé des valeurs de $0,639\pm 0,008$ mS/cm pour le miel de thym et de $0,235\pm 0,003$ mS/cm pour le miel de cresson, confirmant ainsi leur origine florale à partir du nectar des fleurs. Ces résultats sont corroborés par les mesures de pH, qui ont affiché des valeurs de $4,18\pm 0,04$ et $4,26\pm 0,17$ respectivement pour le miel de thym et le miel de cresson, ainsi que par les teneurs en matières insolubles de $0,17\pm 0,03$ % pour le miel de thym et de $0,15\pm 0,00$ % pour le miel de cresson.

Les résultats des analyses ont également révélé que les deux miels présentaient une teneur en eau estimée à $15,40\pm 0,69$ % pour le miel de thym et $18,47\pm 0,83$ % pour le miel de cresson. Ces valeurs se situent en dessous de la limite de 20 %, ce qui indique une bonne conservation de nos échantillons.

Il convient de souligner que tous les miels sont naturellement acides, avec des degrés d'acidité variables. Lorsque la valeur d'acidité libre dépasse 50 méq/kg, cela témoigne d'une altération artificielle du miel. Nos échantillons ont révélé des valeurs de $45,33\pm 2,31$ méq/kg pour le miel de thym et de $38,60\pm 4,68$ méq/kg pour le miel de cresson, ce qui atteste de leur bonne qualité. Cette qualité est également confirmée par la mesure de la teneur en proline. En effet, une teneur inférieure à 180 méq/kg indique la présence d'ajouts de sucres, tandis que nos miels dépassent cette valeur, ce qui confirme leur caractère naturel et authentique, sans ajout de sucres.

L'évaluation de l'activité antimicrobienne a révélé que les résultats obtenus n'étaient pas très satisfaisants et qui mérite d'être plus approfondie.

En conclusion, nos résultats indiquent que le miel de thym et le miel de cresson sont des miels de bonne qualité, conformes aux normes fixées par la Commission Européenne et dotés d'une activité antimicrobienne moyenne. Il est important de souligner que ces résultats ont été obtenus à partir d'échantillons provenant de la Wilaya de Tlemcen, en Algérie, et qu'ils peuvent différer en fonction de la région et des conditions de production du miel.

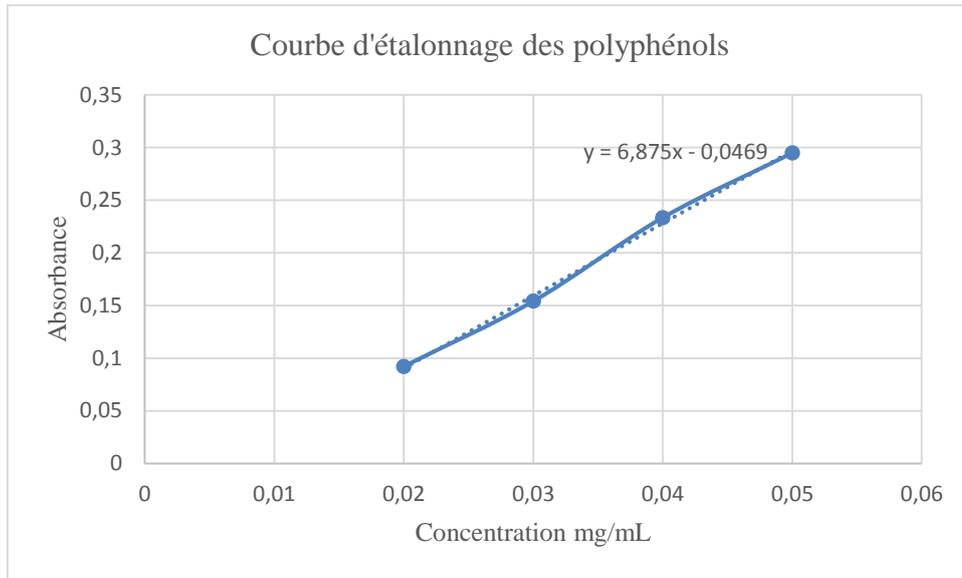
Annexes

Annexes

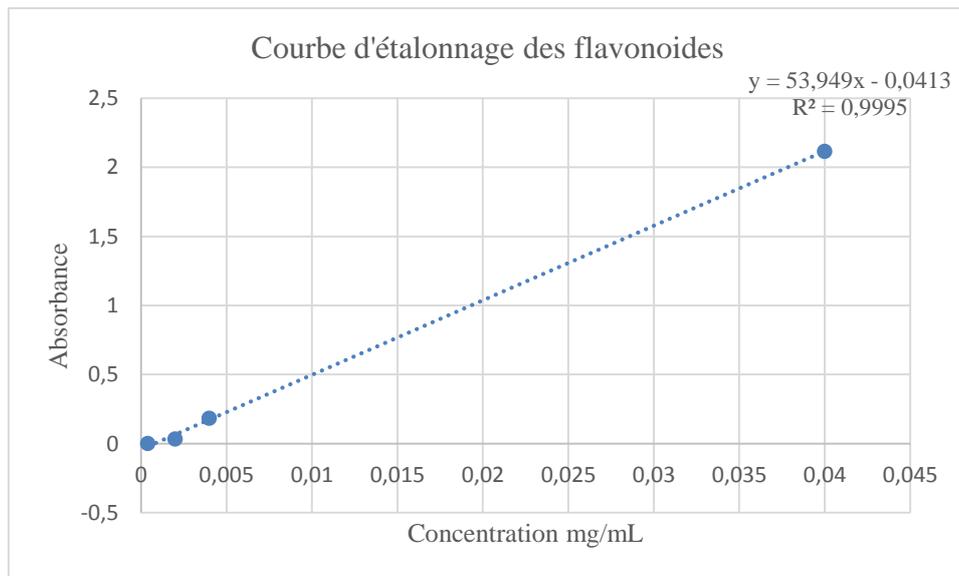
Annexe 1 : Résultats des analyses physicochimiques.

Paramètres	MT						MC					
	Test1	Test2	Test3	Moyenne	Écart type	Moy.±Écart type	Test1	Test2	Test3	Moyenne	Écart type	Moy.±Écart type
Humidité (%)	16,2	15	15	15,40	0,69	15,40±0,69	18,2	19,4	17,8	18,47	0,83	18,47±0,83
Conductivité électrique (mS/cm)	0,63	0,65	0,64	0,64	0,01	0,64±0,01	0,23	0,24	0,24	0,23	0,00	0,24±0,00
pH	4,13	4,21	4,20	4,18	0,04	4,18±0,04	4,45	4,14	4,20	4,26	0,17	4,26±0,17
Acidité libre (méq/Kg)	44	48	44	45,33	2,31	45,33±2,31	44,0	36,0	35,80	38,60	4,68	38,60±4,68
Indice de Brix (%)	82	83	83	82,67	0,58	82,67±0,58	80,5	79,0	80,5	80	0,87	80,0±0,87
Cendres (%)	0,15	0,19	--	0,17	0,03	0,17±0,03	0,15	0,14	--	0,15	0,00	0,15±0,00
Proline (mg/Kg)	380	377,67	--	378,84	1,65	378,84±1,65	222,33	219,63	--	220,98	1,901	220,98±1,91
Polyphénols (mg/100g)	25	30,6	--	27,8	3,96	27,80±3,96	24,40	27,00	--	25,70	1,84	25,70±1,84
Flavonoïdes (mg/100g)	6,13	6,50	--	6,31	0,26	6,31±0,26	3,64	4,20	--	3,92	0,39	3,92±0,39

Annexe 2 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.



Annexe 3 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.



Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] M. Homrani, O. Escuredo, M. S. Rodríguez-Flores, D. Fatiha, B. Mohammed, A. Homrani, and M. C. Seijo, "Botanical origin, pollen profile, and physicochemical properties of Algerian honey from different bioclimatic areas," *Foods*, vol. 9, p. 938, 2020.
- [2] A. S. Alqarni, A. A. Owayss, and A. A. Mahmoud, "Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia," *Arabian journal of chemistry*, vol. 9, pp. 114-120, 2016.
- [3] *La production nationale de miel a presque doublé durant des dix dernières années. Algérie presse service / ITELV (institut technique des élevages),2020.* Available: <https://www.aps.dz/economie/99990-la-production-nationale-de-miel-a-presque-double-durant-les-10-dernieres-annees>.
- [4] D. Abersi, K. Henna, and A. Rahem, "Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de certains miels locaux et importés," Université Mouloud Mammeri, 2016.
- [5] A. Kehrle, *Ma méthode d'apiculture, édition Le courrier de livre 29, rue de condé, 75006 Paris.*, 2010.
- [6] T. Bako, E. A. Mamai, and B. J. Bature, "Determination of Quality Parameters of Honey from Taraba State–Nigeria," *Chemical and Biomolecular Engineering*, vol. 4, pp. 1-9, 2019.
- [7] V. C. Nolan, J. Harrison, and J. A. Cox, "Dissecting the antimicrobial composition of honey," *Antibiotics*, vol. 8, p. 251, 2019.
- [8] D. Suhandy and M. Yulia, "Using UV-Visible spectroscopy coupled with linear discrimination analysis to discriminate between monofloral and multifloral honey from Indonesia," in *AIP Conference Proceedings*, 2021, p. 100004.
- [9] J. Yupanqui Mieles, C. Vyas, E. Aslan, G. Humphreys, C. Diver, and P. Bartolo, "Honey: An Advanced Antimicrobial and Wound Healing Biomaterial for Tissue Engineering Applications," *Pharmaceutics*, vol. 14, p. 1663, 2022.
- [10] M. Y. Achouri, M. A. Selka, and M. N. S. Yakoub, "Méthodes physiques utilisées dans la caractérisation et le contrôle de qualité des miels: revue générale," *algerian journal of pharmacy*, vol. 04, pp. 8-14, 2022.

- [11] C. Koudegnan, S. Coulibaly, M.-L. Quashie, P. Radji, and K. Kokou, "Caractérisations physico-chimiques des miels de la zone Guinéenne du Togo," *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, vol. 9, pp. 180-189, 2021.
- [12] M. Živkov-Baloš, N. Popov, S. Vidaković, D. Ljubojević-Pelić, M. Pelić, Ž. Mihaljev, and S. Jakšić, "Electrical conductivity and acidity of honey," *arhiv veterinarske medicine*, vol. 11, pp. 91-101, 2018.
- [13] A. K. Azawy, K. J. Ibrahim, O. G. Abdullah, B. A. Othman, and J. Al-Saadi, "Physical and rheological properties of poly-floral honey from the Iraqi Kurdistan region and the effect of temperature on its viscosity," *Current Nutrition & Food Science*, vol. 17, pp. 532-544, 2021.
- [14] V. H. Sedláčková, K. F. Šramková, Z. Harutyunyan, K. Pylypko, and L. Adamchuk, "Evaluation of Honeys in Some Quality Indicators Obtained from Different Plant Species and Locations," *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, vol. 6, pp. 280-291, 2022.
- [15] A. Degirmenci, Z. Can, G. M. Boyraci, O. Yildiz, E. Asadov, and S. Kolayli, "Honeys from some different regions of Azerbaijan: bioactive characteristics based on phenolic profile and antioxidant activity," *Journal of Apicultural Research*, vol. 59, pp. 390-397, 2020.
- [16] T. L. Mesele, "Review on physico-chemical properties of honey in Eastern Africa," *Journal of Apicultural Research*, vol. 60, pp. 33-45, 2021.
- [17] M. Tomczyk, A. Bocian, E. Sidor, M. Miłek, G. Zaguła, and M. Džugan, "The Use of HPTLC and SDS-PAGE Methods for Coniferous Honeydew Honey Fingerprinting Compiled with Mineral Content and Antioxidant Activity," *Molecules*, vol. 27, p. 720, 2022.
- [18] B. Yabrir, M. Touati, M. Hamidi, M. Hachi, B. Adli, E. Bezini, and O. Toumatia, "Effet de l'étage bioclimatique sur la qualité et activité antibactérienne du miel récolté dans la région de Djelfa (Milieu stéppique)," vol. 11, pp. 2744-2751, 2021.
- [19] A. L. Becerril-Sánchez, B. Quintero-Salazar, O. Dublán-García, and H. B. Escalona-Buendía, "Phenolic compounds in honey and their relationship with antioxidant activity, botanical origin, and color," *Antioxidants*, vol. 10, p. 1700, 2021.
- [20] O. Djema and L. Djouad, "Miel: composition, propriétés et utilisation en industrie alimentaire," Université Mouloud Mammeri, 2020.

- [21] M. L. Vică, M. Glevitzky, G.-A. Dumitrel, R. Bostan, H. V. Matei, Y. Kartalska, and M. Popa, "Qualitative characterization and antifungal activity of Romanian honey and propolis," *Antibiotics*, vol. 11, p. 1552, 2022.
- [22] N. e. K. Abed, D. Allag, S. Saou, and S. Malki, "Analyse pollinique et évaluation de l'activité antioxydante des échantillons du miel algérien," 2022.
- [23] P. H. Kwakman, A. A. t. Velde, L. de Boer, D. Speijer, M. Christina Vandenbroucke-Grauls, and S. A. Zaat, "How honey kills bacteria," *The FASEB Journal*, vol. 24, pp. 2576-2582, 2010.
- [24] K. Fatima, "Etude Phytochimique et Activité Antioxydante des extraits des composés phénoliques de *Thymus ciliatus* ssp *coloratus* et ssp *euciliatus*," 2014.
- [25] P. Iserin, M. Masson, J. Restellini, E. Ybert, A. De Laage de Meux, F. Moulard, E. Zha, R. De la Roque, O. De la Roque, and P. Vican, "Larousse des plantes médicinales identification, préparation, soins," *Editions Larousse, Paris*, vol. 15, 2001.
- [26] K. Soumia, "Evaluation De Quelques Activités Biologiques Du Cresson De Fontaine *Nasturtium Officinale* R.br," Master Université Saad Dahleb-Blida, 2016.
- [27] E. Panahi Kokhdan, H. Khodabandehloo, H. Ghahremani, and A. H. Doustimotlagh, "A narrative review on therapeutic potentials of Watercress in human disorders," *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2021, 2021.
- [28] A. E. Al-Snafi, "A review on *Nasturtium officinale*: A potential medicinal plant," *IOSR Journal of Pharmacy*, vol. 10, pp. 33-43, 2020.
- [29] M. Clemente, M. Miguel, K. Felipe, C. Gribner, P. Moura, A. Rigoni, L. Fernandes, J. Carvalho, I. Hartmann, and M. Piltz, "Acute and sub-acute oral toxicity studies of standardized extract of *Nasturtium officinale* in Wistar rats," *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, vol. 108, p. 104443, 2019.
- [30] M. Klimek-Szczykutowicz, A. Szopa, and H. Ekiert, "Chemical composition, traditional and professional use in medicine, application in environmental protection, position in food and cosmetics industries, and biotechnological studies of *Nasturtium officinale* (watercress)—a review," *Fitoterapia*, vol. 129, pp. 283-292, 2018.
- [31] B. Y.-B. K. Hayet, "Effet inhibiteur de quelques composées d'une huile essentielle (*Thymus coloratus*) sur l'activité de la tyrosinase: Approche in silico," 2022.
- [32] V. Sánchez-Martín, P. Morales, A. V. González-Porto, A. Iriundo-DeHond, M. B. López-Parra, M. D. Del Castillo, X. F. Hospital, M. Fernández, E. Hierro, and A. I. Haza, "Enhancement of the Antioxidant Capacity of Thyme and Chestnut Honey by Addition of Bee Products," *Foods*, vol. 11, p. 3118, 2022.

- [33] A. Chakir, A. Romane, G. L. Marcazzan, and P. Ferrazzi, "Physicochemical properties of some honeys produced from different plants in Morocco," *Arabian journal of chemistry*, vol. 9, pp. S946-S954, 2016.
- [34] E. D. Kanbur, T. Yuksek, V. Atamov, and A. E. Ozcelik, "A comparison of the physicochemical properties of chestnut and highland honey: The case of Senoz Valley in the Rize province of Turkey," *Food Chemistry*, vol. 345, p. 128864, 2021.
- [35] M. Guerzou, H. A. Aouissi, A. Guerzou, J. Burlakovs, S. Doumandji, and A. E. Krauklis, "From the beehives: identification and comparison of physicochemical properties of Algerian honey," *Resources*, vol. 10, p. 94, 2021.
- [36] A. Albu, C.-G. Radu-Rusu, I. M. Pop, G. Frunza, and G. Nacu, "Quality assessment of raw honey issued from eastern Romania," *Agriculture*, vol. 11, p. 247, 2021.
- [37] A. Rysha, G. Kastrati, L. Biber, V. Sadiku, A. Rysha, F. Zogaj, and E. Kabashi-Kastrati, "Evaluating the physicochemical properties of some kosovo's and imported honey samples," *Applied Sciences*, vol. 12, p. 629, 2022.
- [38] O. BELHAJ, J. OUMATO, and S. ZRIRA, "Étude physico-chimique de quelques types de miels marocains," *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, vol. 3, pp. 71-75, 2015.
- [39] P. M. da Silva, C. Gauche, L. V. Gonzaga, A. C. O. Costa, and R. Fett, "Honey: Chemical composition, stability and authenticity," *Food Chemistry*, vol. 196, pp. 309-323, 2016.
- [40] B. Pacholczyk-Sienicka, G. Ciepielowski, J. Modranka, T. Bartosik, and Ł. Albrecht, "Classification of Polish Natural Bee Honeys Based on Their Chemical Composition," *Molecules*, vol. 27, p. 4844, 2022.
- [41] B. Lyoussi, M. Bakour, R. El-Haskoury, H. Imtara, and C. Hano, "Characterization of Various Honey Samples from Different Regions of Morocco Using Physicochemical Parameters, Minerals Content, Antioxidant Properties, and Honey-Specific Protein Pattern," *Journal of Food Quality*, vol. 2022, p. 12, 2022.
- [42] C. A. Uthurry, D. Hevia, and C. Gomez-Cordoves, "Role of honey polyphenols in health," *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, vol. 3, pp. 141-159, 2011.
- [43] O. Escuredo, M. S. Rodríguez-Flores, L. Meno, and M. C. Seijo, "Prediction of physicochemical properties in honeys with portable near-infrared (Micronir) spectroscopy combined with multivariate data processing," *Foods*, vol. 10, p. 317, 2021.

- [44] M. I. Khalil, M. Moniruzzaman, L. Boukraâ, M. Benhanifia, M. A. Islam, M. N. Islam, S. A. Sulaiman, and S. H. Gan, "Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey," *Molecules*, vol. 17, pp. 11199-11215, 2012.
- [45] M. Hunter, J. Kellett, K. Toohey, and N. Naumovski, "Sensory and Compositional Properties Affecting the Likeability of Commercially Available Australian Honeys," *Foods*, vol. 10, p. 1842, 2021.
- [46] A. Bouyahya, J. Abrini, A. Et-Touys, F. Lagrouh, N. Dakka, and Y. Bakri, "Analyse phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des échantillons du miel marocain," *Phytothérapie*, vol. 16, pp. S220-S224, 2018.
- [47] O. BELHAJ, I. EL ABBADI, and T. OUCHBANI, "Contribution à l'étude de l'activité antibactérienne du miel naturel d'origine marocaine," *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, vol. 4, 2016.