



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

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCCEN

MEMOIRE

Présenté à :

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE CHIMIE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN CHIMIE

Spécialité : Chimie des Produits Naturels

Par :

Mlle FRITEL Kenza & Mr HADANI Mohamed

Sur le thème

Etude du Miel de l'Euphorbe: Aspects Physico-chimiques & Activités Biologiques

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

Mr	Mohammed El Amine DIB	Professeur	Université de Tlemcen	Président
Mr	Hocine ALLALI	Professeur	Université de Tlemcen	Encadrant
Mr	Okkacha BENSÄÏD	Professeur	Université de Tlemcen	Examineur

Année Universitaire : 2022 ~ 2023

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre gratitude envers Dieu le Tout-Puissant pour nous avoir accordé le courage, la volonté, l'amour du savoir et surtout la patience nécessaires pour réaliser ce modeste travail.

Nous souhaitons également exprimer notre respectueux remerciement et notre profonde reconnaissance envers notre promoteur, le Professeur Hocine ALLALI, qui nous a guidés et conseillés tout au long de ce travail. Sa précieuse aide, son assistance et ses remarques constructives ont été inestimables. Nous le remercions également d'avoir suggéré ce thème, ainsi que pour ses encouragements et toutes ses corrections.

Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers les membres du jury, les Professeurs Mohammed El Amine DIB et Okkacha BENSAID, qui ont eu l'honneur d'évaluer notre travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers Mme Dalila BEREKSI REGUIG et Mlle Nessrine KAZI TANI, les doctorantes dont les discussions et les échanges d'idées ont considérablement enrichi nos connaissances et compétences.

Nous remercions chaleureusement toute l'équipe des Ingénieurs du Département de Chimie de la Faculté des Sciences, en particulier Boumediène KHALDI, Omar KHALDI, Mourad MEBITIL et Amaria BOUNACEUR, pour leur accueil chaleureux et leur soutien pédagogique constant.

À mes chers collègues Nassima, Ghita, Faiza et Hadjer, nous exprimons notre gratitude pour leur disponibilité, leur dévouement et leurs conseils quotidiens.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide, de près ou de loin.

Dédicaces

Je dédie ce travail à

À l'âme de mon père bien-aimé, tu restes à jamais dans mon cœur. Repose en paix, cher papa.

Ma maman, tu as été ma source de soutien inconditionnel, ma confidente et ma source d'inspiration. Tu m'as montré la force du dévouement et de l'amour inébranlable.

A Mon frère Mohamed et mon frère Abdelghani, vous avez été mes compagnons de route, me poussant toujours à me dépasser. Votre présence à mes côtés m'a donné la force de persévérer et de croire en mes capacités.

À mes chers amies, Zineb, Chourouk, Maroua, Asma, Farah et Amani, vous avez été plus qu'une famille d'amis pour moi. Vous avez partagé mes rires, essuyé mes larmes et encouragé mes rêves les plus fous. Votre soutien inconditionnel et votre amitié sincère ont illuminé mes journées les plus sombres. Je suis reconnaissant d'avoir des personnes aussi formidables dans ma vie.

À ma cousine Mansouria, tu es plus qu'une cousine, tu es une amie précieuse. Ta présence et tes encouragements constants m'ont donné la force de persévérer. Je suis honoré de pouvoir compter sur toi et reconnaissant de l'amour familial qui nous lie.

Avec tout mon amour et ma gratitude, [Kenza]

Dédicaces

Je dédie ce travail

À mon Papa, tu as été ma source d'inspiration depuis toujours. Ta sagesse, ton dévouement et ta persévérance m'ont montré la voie à suivre. Je te suis reconnaissant de m'avoir transmis des valeurs fortes et de m'avoir encouragé à toujours donner le meilleur de moi-même.

Maman, mon pilier de soutien. Ton amour inébranlable et ta patience infinie m'ont permis de rester concentré et déterminé tout au long de ce projet. Ta présence bienveillante a été essentielle pour moi, et je te remercie du fond du cœur.

Karima, Faiza et Khadija, mes chères sœurs, vous êtes mes plus grandes alliées. Votre soutien constant, vos encouragements sincères et votre compréhension ont été des sources de motivation essentielles pour moi.

Mon ami Bouchiti Fouad, tu as été mon pilier dans ce périple académique. Ta présence, ton soutien et tes conseils éclairés m'ont permis de garder le cap et de continuer à avancer. Je te remercie pour ton amitié sincère.

À mes nièces Nihal, Maram, Rahaf, , Selma , Riham, et mon neveu Anes vous êtes mes rayons de soleil. Votre innocence, votre joie de vivre et votre amour inconditionnel ont été des sources d'inspiration et de motivation pour moi.

Avec toute ma gratitude [Mohamed]

الملخص

العسل هو مركب حيوي معقد ومتنوع بشكل ملحوظ، مما يمنحه خصائص فائدة عديدة على الصعيدين الغذائي والعلاجي. وتم جمع عينات من عسل الأثوربة في مناطق البيض والأغواط (أفلو) لدراسة خصائصها الفيزيائية والكيميائية. وقد تمت معالجة هذه العينات في تحليل يتضمن مستوى الحموضة، ونسبة الماء، والتوصيل الكهربائي، ومحتوى الرماد، والحموضة، والبرولين، ومضادات الأكسدة. أظهرت النتائج تبايناً بين العينات، لكن جميعها توافقت مع المعايير الدولية للجودة. تستخدم هذه المعايير الفيزيائية والكيميائية بشكل متكرر كمؤشرات رئيسية لجودة واستقرار العسل. بشكل ملخص، تسلط هذه الدراسة الضوء على أهمية المعايير الفيزيائية والكيميائية في تقييم جودة واستقرار العسل.

الكلمات المفتاحية: عسل، معايير فيزيائية وكيميائية، جودة العسل، استقرار العسل.

Résumé

Le miel est un composé biologique d'une grande complexité et d'une diversité remarquable, qui lui confère de nombreuses propriétés bénéfiques sur le plan nutritionnel et thérapeutique. Dans cette étude, des échantillons de miel d'euphorbe ont été collectés dans les régions d'El-Bayadh et Laghouat (Aflou) et ont été soumis à une analyse physicochimique pour évaluer leur qualité et leur stabilité. Les paramètres mesurés comprenaient le pH, la teneur en eau, la conductivité électrique, la teneur en cendres, l'acidité, la proline et les antioxydants. Les résultats ont montré des variations entre les échantillons, mais tous ont satisfait aux normes internationales de qualité du miel. Ces paramètres physicochimiques sont couramment utilisés comme indicateurs clés de la qualité et de la stabilité du miel. Ainsi, cette étude souligne l'importance de l'analyse physicochimique pour évaluer la qualité et la stabilité du miel, en particulier lorsqu'il est destiné à une utilisation en tant qu'ingrédient alimentaire ou à des fins thérapeutiques.

Mots clés : Miel, analyse physicochimique, euphorbe, qualité du miel, ingrédient alimentaire, thérapeutique.

Abstract

The honey is a biologically complex compound with remarkable diversity, which confers numerous beneficial properties in terms of nutrition and therapy. In order to study its physical and chemical characteristics, samples of Euphorbia honey were collected from the regions of El-Bayadh and Laghouat (Aflou). These samples underwent analysis including pH, water content, electrical conductivity, ash content, acidity, proline, and antioxidants. The results revealed variations among the samples, but all met the international standards for honey quality. These physicochemical parameters are commonly used as key indicators of honey quality and stability. In summary, this study highlights the importance of physicochemical parameters in evaluating the quality and stability of honey.

Keywords: Honey, physicochemical parameters, euphorbia, honey quality, food ingredient, therapeutic use.

Table des matières

	Page
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Le Monde Doux et Diversifié des Miels : Introduction à Leur Origine, Composition et Utilisations.....	3
1 Généralités sur l'abeille.....	3
1.1 Biologie de l'abeille.....	3
1.2 Classification des abeilles.....	3
1.3 Organisation sociale des abeilles.....	4
1.3.1 La reine.....	4
1.3.2 L'ouvrière.....	4
1.3.3 Le faux bourdon.....	4
1.4 Rôle des abeilles en pollinisation.....	5
1.4.1 <i>Apis mellifera intermissa</i>	5
1.4.2 <i>Apis mellifera sahariensis</i>	5
2 Généralités sur le miel.....	6
2.1 Définition de miel.....	6
2.2 Classification de miel.....	6
2.2.1 Selon la source naturelle.....	6
2.2.1.1 Miel de nectar.....	6
2.2.1.2 Miel de miellat.....	6
2.2.2 Selon l'origine botanique.....	7
2.2.2.1 Miels monofloraux.....	7
2.2.2.2 Miels multifloraux.....	7
2.3 Elaboration du miel.....	8
3 Composition chimique.....	8
3.1 Les sucres.....	11
3.2 Protéines.....	11
3.3 Acides organiques.....	11
3.4 Vitamines.....	11
3.5 Minéraux.....	11
3.6 Composés phénoliques.....	12

3.7	Composés volatiles.....	12
3.8	Hydroxyméthylfurfural (HMF).....	12
4	Propriétés physico-chimiques du miel.....	12
4.1	Caractères organoleptiques.....	12
4.1.1	Couleur.....	12
4.1.2	Aspect et texture.....	13
4.1.3	Goût et arômes.....	13
4.2	Propriétés Physiques.....	14
4.2.1	Densité.....	14
4.2.2	Viscosité.....	14
4.2.3	Potentiel d'hydrogène « pH ».....	14
4.2.4	Conductivité électrique.....	14
4.2.5	Hygroscopicité.....	14
4.2.6	Le pouvoir rotatoire.....	14
4.2.7	Indice de réfraction.....	15
4.2.8	La teneur en cendres.....	15
5	Propriétés thérapeutiques.....	15
5.1	Activité cicatrisante.....	15
5.2	Activité anti-inflammatoire.....	15
5.3	Propriétés antibactériennes.....	15
5.4	Propriétés antifongiques.....	16
	Chapitre II : Exploration Botanique des Miels Analysés.....	17
1	Généralités.....	17
2	Espèces du genre <i>Euphorbia</i> en Algérie.....	17
3	Description botanique d' <i>Euphorbia calyptrata</i>	18
4	Classification [56].....	19
5	Facteurs influençant le métabolisme de la plante.....	19
5.1	Situation géographique d'Aflou.....	19
5.2	Le climat.....	19
5.3	Altitude.....	20
5.4	Situation géographique d'El-Bayadh.....	21
5.5	Climat.....	21
5.6	Altitude.....	21

Chapitre III : Miels Étudiés Une Analyse Approfondie de Leurs Propriétés Physico-chimiques et de Leur Activité Biologique.....	23
1 Introduction.....	23
2 Propriétés physicochimiques.....	23
2.1 Résultats et discussion.....	24
2.1.1 Détermination de la teneur en eau.....	26
2.1.2 Proline.....	26
2.1.3 Acidité.....	27
2.1.4 pH.....	27
2.1.5 Conductivité électrique.....	27
2.1.6 Cendres.....	28
2.1.7 Degrés de Brix.....	28
3 Dosage des produits bioactifs et activité antioxydante.....	29
3.1 Dosage des produits bioactifs.....	30
3.1.1 Teneur en flavonoïdes totaux (TFT).....	30
3.1.2 Teneur en polyphénols totaux (TPT).....	30
3.2 Activité antioxydante.....	31
3.2.1 Méthode de DPPH.....	31
3.2.2 Méthode de FRAP.....	32
Chapitre IV : Partie Expérimentale.....	34
1 Appareillage, verrerie et produits chimiques.....	34
1.1 Appareillage.....	34
1.2 Verreries.....	35
1.3 Produits chimiques.....	35
2 Propriétés physico-chimiques.....	36
2.1 Les cendres.....	36
2.2 pH et acidité libre.....	36
2.3 Proline.....	37
2.4 Détermination de l'humidité et de l'indice de Brix, méthode réfractométrique..	39
2.5 Conductivité.....	39
3 Dosages des produits bioactifs et activité antioxydante.....	39
3.1 Détermination de la teneur en polyphénols totaux [73].....	39
3.2 Détermination de la teneur en flavonoïdes totaux [74].....	40

3.3	Activité antioxydante.....	41
3.3.1	Méthode de DPPH [75].....	41
3.3.2	Méthode de FRAP [75].....	42
	Conclusion générale.....	45
	Annexes.....	46
	Références bibliographiques.....	49

Liste des Tableaux

	Page
Tableau 1 : La taxonomie des abeilles : une vue d'ensemble [7].....	3
Tableau 2 : Éléments constitutifs du miel [26].....	9
Tableau 3 : Classification taxonomique de l'euphorbe.....	19
Tableau 4 : Altitude d'Aflou [62].....	20
Tableau 5 : Altitude d'El-Bayadh [62].....	22
Tableau 6 : Analyse géographique et climat des régions d'El-Bayadh et de Laghouat...	23
Tableau 7 : Propriétés physicochimiques des échantillons de miel d'euphorbe récoltés dans deux régions différentes.....	25
Tableau 8 : Évaluation des produits bioactifs et activité antioxydante : résultats des dosages.....	29
Tableau 9 : Solutions filles.....	38
Tableau 10 : Solutions étalons.....	40
Tableau 11 : Concentration des solutions de miel préparées.....	41
Tableau 12 : Préparation des solutions de miel.....	42
Tableau 13 : Solutions d'acide ascorbique.....	43

Liste des figures

	Page
Figure 1 : Contenu moyen des composés dans le miel [25].....	9
Figure 2 : Roue des arômes.....	13
Figure 3 : Photo de l' <i>Euphorbia calyptata</i>	18
Figure 4 : Données météorologiques mensuelles pour Aflou.....	20
Figure 5 : Carte topographique d'Aflou, altitude.....	20
Figure 6 : Météo mensuelle pour El-Bayadh [62].....	21
Figure 7 : Carte topographique d'El-Bayadh, altitude.....	22
Figure 8 : Géolocalisation des régions de récolte des miels : El-Bayadh et Laghouat...	24
Figure 9 : Visuel des échantillons de miel d'euphorbe.....	24
Figure 10 : % d'inhibition en fonction des concentrations de MEu 1.....	29
Figure 11 : % d'inhibition en fonction des concentrations de MEu 2.....	29
Figure 12 : Analyse du pouvoir antioxydant du miel MEu1 par la méthode FRAP.....	33
Figure 13 : Analyse du pouvoir antioxydant du miel MEu 2 par la méthode FRAP.....	33
Figure 14 : Réfractomètre.....	34
Figure 15 : Conductimètre.....	34
Figure 16: pH-mètre.....	34
Figure 17 : Four en céramique.....	34
Figure 18 : Spectrophotomètre UV-VIS.....	35
Figure 19 : Agitateur magnétique.....	35
Figure 20 : Balance analytique.....	35
Figure 21 : Cendres des miels.....	36
Figure 22 : Mesure de l'acidité.....	37
Figure 23 : Mélange avant l'ajout de 2-propanol.....	38
Figure 24 : Mélange après l'ajout de 2-propanol.....	38
Figure 25 : Solution de DPPH.....	41
Figure 26 : Mélange après incubation.....	44

Liste des abréviations

g : Gramme

mg : milligramme

EAG : Équivalent de l'acide gallique

mL : Millilitre

Abs : Absorbance

AG : acide gallique

AlCl₃ : Chlorure d'aluminium

DPPH : diphényl picrylhydrazyl

IC₅₀ : Concentration Inhibitrice efficace à 50%

UV : Ultra-violet

MEu 1 : Miel euphorbe de El-Bayadh

MEu2 : Miel euphorbe de Laghouat (Aflou)

Introduction générale

Introduction générale

Le miel est un produit sucré d'origine naturelle largement apprécié pour sa saveur délicieuse et ses multiples avantages pour la santé. Il est fabriqué par les abeilles à partir du nectar des fleurs, collecté, transformé et stocké dans les rayons de la ruche. Depuis des millénaires, le miel est utilisé comme aliment, édulcorant naturel et remède dans diverses cultures à travers le monde [1].

Composé principalement de glucose et de fructose, deux types de sucres facilement assimilables par le corps humain, le miel présente également une variété de nutriments essentiels tels que des vitamines, des minéraux et des enzymes. De plus, il contient des composés bioactifs tels que des antioxydants, des enzymes spécifiques et des composés phénoliques, qui contribuent à ses propriétés fonctionnelles et à ses bienfaits pour la santé [2].

Le miel est réputé pour ses propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et cicatrisantes. Il est utilisé pour soulager les maux de gorge, favoriser la guérison des plaies, apaiser les brûlures et est également utilisé dans les soins de beauté. Des études suggèrent également que le miel peut avoir des effets bénéfiques sur la digestion, le système immunitaire et la santé cardiovasculaire [3].

Il convient de noter que l'origine botanique et géographique du miel peut influencer ses caractéristiques, son goût et ses propriétés. Différentes fleurs et plantes produisent des nectars distincts, ce qui donne lieu à une grande variété de miels aux arômes et aux profils gustatifs uniques. Des méthodes analytiques sont utilisées pour identifier et caractériser ces variations, ce qui permet de mieux comprendre la diversité et la qualité du miel [4].

Le miel est bien plus qu'un simple édulcorant naturel. Il est apprécié pour sa saveur exquise, sa richesse en nutriments et ses multiples bienfaits pour la santé. Son attrait ne cesse de croître, et les recherches scientifiques continuent d'explorer les composés bioactifs présents dans le miel et leurs applications potentielles dans divers domaines tels que la médecine, la cosmétologie et la nutrition [5].

Dans le cadre de cette étude, deux échantillons de miels d'euphorbe ont été soigneusement collectés dans les régions de Laghouat (Aflou) et El Bayadh, dans le but de valoriser et de labéliser les produits issus de ces régions uniques. Cette démarche vise à mettre en lumière les caractéristiques spécifiques de ces miels et à promouvoir leur reconnaissance sur le marché.

Introduction générale

.....

La recherche se divise en quatre parties distinctes et complémentaires, permettant d'approfondir notre compréhension des miels d'euphorbe :

- Introduction au monde doux et diversifié des miels : Cette première partie offre un aperçu des connaissances bibliographiques essentielles sur les miels. Nous aborderons leur origine, leur processus de fabrication par les abeilles à partir du nectar des fleurs, ainsi que leur composition complexe comprenant des sucres, des nutriments essentiels tels que des vitamines, des minéraux et des enzymes, ainsi que des composés bioactifs aux propriétés bénéfiques pour la santé.
- Exploration botanique des miels analysés : Dans cette deuxième partie, nous procéderons à une étude approfondie de l'origine botanique des miels d'euphorbe de Laghouat (Aflou) et El Bayadh. Nous identifierons les fleurs et les plantes dont le nectar a été collecté par les abeilles pour produire ces miels distincts. Cette exploration botanique nous permettra de mieux comprendre les influences géographiques et environnementales qui se reflètent dans les caractéristiques aromatiques et gustatives uniques de chaque miel.
- Analyse approfondie des paramètres physico-chimiques et des propriétés biologiques : Dans cette troisième partie, nous procéderons à une évaluation détaillée des paramètres physico-chimiques des miels d'euphorbe étudiés. Nous examinerons des aspects tels que la teneur en humidité, le pH, la conductivité électrique, etc., afin de mieux caractériser ces miels spécifiques. De plus, nous quantifierons les composés phénoliques présents dans ces miels, car ils jouent un rôle crucial dans leurs propriétés antioxydantes. Les activités antioxydantes seront évaluées à l'aide des méthodes DPPH et FRAP.
- Description du matériel et des méthodes utilisées : Dans cette quatrième partie, nous détaillerons les équipements de laboratoire et les méthodes analytiques utilisées tout au long de cette étude.

Enfin, nous concluons cette étude en proposant une synthèse globale des résultats obtenus dans ce mémoire. Nous mettrons en évidence les principales caractéristiques des miels d'euphorbe, contribuant ainsi à la valorisation et à la reconnaissance de ces produits précieux.

- Chapitre I -

*Le Monde Doux et Diversifié des
Miels : Introduction à Leur
Origine, Composition et
Utilisations*

Chapitre I : Le Monde Doux et Diversifié des Miels : Introduction à Leur Origine, Composition et Utilisations

1 Généralités sur l'abeille

1.1 Biologie de l'abeille

L'abeille est un insecte hautement organisé qui vit en société. Au sein de leur colonie, seule la reine pond des œufs, tandis que leur fécondation est assurée par les mâles appelés faux bourdons. Ce rôle de reproduction est joué par seulement quelques mâles, malgré leur grand nombre au sein de la famille. Les autres tâches sont effectuées par les ouvrières, telles que la collecte de nourriture, l'organisation et l'entretien du nid, le soin des larves et la protection de la ruche contre les attaques des ennemis [6].

1.2 Classification des abeilles

Le tableau 1 ci-dessous offre une représentation détaillée de la classification des abeilles, mettant en lumière leur diversité et leur organisation taxonomique.

Tableau 1 : La taxonomie des abeilles : une vue d'ensemble [7].

Règne	Animal
Embranchement	Arthropodes
Classe	Insectes
Ordre	Hyménoptères
Sous-ordre	Apocrites
Superfamille	Apoidea
Famille	Apidae
Sous famille	Apinae
Tribu	Apini
Genre	Apis
Espèce	<i>Apis mellifera</i>

1.3 Organisation sociale des abeilles

1.3.1 La reine

La reine représente la mère de la colonie et il y en a qu'une seule. C'est elle qui pond les œufs d'où viennent les ouvrières, les faux bourdons et les futures reines. La reine mesure environ 25 mm, son abdomen est long et conique. Elle peut pondre jusqu'à 2000 œufs par jour et sa durée de vie peut aller jusqu'à 5 ans, ce qui en fait le membre le plus important et le plus longtemps vivant de la colonie.

L'alvéole royale est une cellule spéciale utilisée pour l'élevage des futures reines. Elle a une forme de cône et pend vers le bas, se distinguant ainsi des autres alvéoles du rayon. C'est dans cette alvéole que la reine pond les œufs qui donneront naissance aux futures reines de la colonie [8].

1.3.2 L'ouvrière

L'ouvrière se caractérise par sa petite taille par rapport à la reine, mesurant environ 20 mm. Elle ne pond pas en raison de son ovaire sous-développé. Sa tâche est déterminée par son stade de développement et sa durée de vie est d'environ 45 jours seulement [9].

Les tâches des ouvrières sont réparties comme suit :

- Les butineuses : elles récoltent et transportent le nectar et le pollen vers la ruche.
- Les magasinieres : elles reçoivent les récoltes des butineuses et participent à la production de miel.
- Les ventileuses : elles assurent une ventilation qui favorise la déshydratation du miel et l'aération de la ruche.
- Les gardiennes : elles protègent la ruche contre les attaques d'ennemis et surveillent les allées et venues des abeilles.
- Les nourrices : elles aident les larves et les jeunes abeilles à se nourrir.
- Les nettoyeuses : elles veillent à la propreté de la ruche et des rayons.

1.3.3 Le faux bourdon

Le mâle de l'abeille est appelé le faux bourdon, et son rôle est de féconder la reine. Il est de taille plus grande que l'ouvrière mais moins que celle de la reine.

Les faux bourdons naissent de la mi-avril jusqu'à la fin juillet et sont particulièrement présents en juin lors des essaimages et de l'accouplement. En août, lorsque la saison de butinage

se termine, les ouvrières commencent à chasser et à tuer les faux bourdons, car ils n'ont pas de rôle précis dans la colonie.

Les faux bourdons vivent normalement de 21 à 32 jours, du printemps à la mi-été. Cependant, à la fin de l'été et en automne, leur durée de vie peut s'étendre jusqu'à 90 jours [10].

1.4 Rôle des abeilles en pollinisation

La pollinisation est un processus crucial pour la reproduction de nombreuses plantes et fleurs, qu'elles soient des gymnospermes ou des angiospermes. C'est généralement l'abeille qui assure cette pollinisation en transportant les grains de pollen des étamines d'une fleur ou d'une plante vers les stigmates du pistil d'une autre. Lorsque cette opération est réalisée entre des individus de la même espèce, on parle d'autofécondation. En revanche, si la pollinisation se produit entre des espèces différentes, il s'agit d'un cas de croisement [11].

1.5 Les populations d'abeilles d'Algérie

On distingue deux sous-espèces d'abeille en Algérie l'*Apis mellifera intermissa* et *Apis mellifera sahariensi*.

1.5.1 *Apis mellifera intermissa*

L'abeille tellienne est une espèce d'abeille connue pour être très nerveuse et agressive. Elle a également une forte tendance à essaimer et à construire plusieurs cellules royales [12]. Cependant, sa répartition est limitée aux races d'abeilles de l'Afrique tropicale et d'Europe [13]. Elle possède une solide défense et utilise la propolis comme bouclier naturel pour protéger sa ruche [14].

L'espèce *Apis mellifera intermissa* est quant à elle bien adaptée aux températures élevées et résiste efficacement aux infestations du parasite *Varroa destructor* [15].

1.5.2 *Apis mellifera sahariensis*

L'abeille saharienne est connue pour être moins agressive, de petite taille et de couleur jaune. Elle se distingue par sa grande résistance aux conditions difficiles de chaleur et de sécheresse de son environnement [16]. En Algérie, cette espèce se trouve principalement dans le sud-ouest, notamment dans les monts des Ksours jusqu'à Ain El Sefra, Morgrar, Sfissifa Béchar, Djebel Bouarid, Djebel Antar, Djebel Grouz, Daria l'Hamar et Beni Ounif [17].

2 Généralités sur le miel

2.1 Définition de miel

Le miel est le résultat d'un processus réalisé par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera*, à partir de sécrétions provenant des parties vivantes des plantes et d'excrétions d'insectes appelées miellat. Il peut également être produit à partir du nectar des plantes, mélangé avec des substances sécrétées par les abeilles elles-mêmes, puis déposé, déshydraté et conservé dans les ruches [18].

2.2 Classification de miel

2.2.1 Selon la source naturelle

2.2.1.1 Miel de nectar

Le miel est principalement produit à partir du nectar des plantes. Il est récolté par les abeilles à partir des minuscules glandes végétales appelées nectarifères. Sa production est influencée par plusieurs conditions, notamment l'âge, la taille, la position et le sexe de la fleur, l'humidité de l'air, la durée de la floraison et l'environnement dans lequel se trouvent les plantes [19].

➤ Composition du nectar

Le nectar est constitué de la sève de la plante, mais sa composition diffère de celle de la sève. Il s'agit d'une solution aqueuse plus ou moins visqueuse, dont la teneur en eau peut varier considérablement. Le nectar contient de 5 à 8% de matière sèche, qui comprend environ 90% de sucres, parmi lesquels on trouve le saccharose, le glucose et le fructose. En plus des sucres, le nectar peut contenir des acides organiques tels que l'acide fumarique, l'acide succinique, l'acide malique et l'acide oxalique, des protéines comprenant des enzymes et des acides aminés tels que l'acide glutamique, l'acide aspartique, la méthionine, la sérine et la tyrosine, ainsi que des substances aromatiques et des composés inorganiques, notamment des phosphates. Ces éléments contribuent à la diversité des propriétés organoleptiques des différents types de miel [20].

2.2.1.2 Miel de miellat

Le miel obtenu à partir du miellat est généralement de couleur plus sombre que le miel de nectar. Il a une teneur en eau plus faible et est produit à partir des sécrétions de parties vivantes de plantes ou des excréments d'insectes butineurs homoptères (Hemiptera) qui sont déposées sur les parties vivantes des plantes. Les abeilles récoltent ce miellat en complément ou en remplacement du nectar. Il se distingue par une texture plus dense que celle du nectar et est plus riche en azote, en acides organiques, en minéraux et en sucres complexes [21].

➤ **Composition du miellat**

Le miellat est une substance complexe composée d'une variété de composants. En plus des pourcentages mentionnés précédemment, il contient également d'autres sucres tels que le maltose, le tréhalose, la raffinose, le glucose, et bien d'autres encore [22]. Ces différents sucres contribuent à la composition unique et à la saveur caractéristique du miellat.

De plus, le miellat renferme également d'autres éléments importants tels que des acides aminés, des enzymes, des acides organiques et des minéraux. Ces composés confèrent au miellat des propriétés nutritionnelles et aromatiques distinctes, ainsi que des bienfaits potentiels pour la santé.

Il convient de noter que la composition précise du miellat peut varier en fonction des plantes hôtes et des insectes producteurs de miellat impliqués. Cette diversité contribue à la grande variété de miellats disponibles, chacun avec ses caractéristiques uniques de goût, de couleur et de valeur nutritionnelle.

2.2.2 Selon l'origine botanique

2.2.2.1 Miels monofloraux

Le miel monofloral est obtenu à partir d'une seule espèce végétale, avec au moins 80% du nectar provenant de cette même espèce. Pour obtenir un miel monofloral, les ruches doivent être placées à proximité immédiate de l'espèce végétale ciblée pendant sa période de floraison. Cela permet aux abeilles de se concentrer sur la même variété de fleurs. De plus, il est préférable que la floraison de cette espèce soit abondante et étendue sur un vaste territoire.

Cependant, il est important de noter que la recherche de nourriture par les abeilles n'est pas une science exacte. Pour confirmer la nature monoflorale du miel, seule une analyse en laboratoire peut fournir des informations précises [23].

2.2.2.2 Miels multifloraux

Les miels multifloraux ou polyfloraux, comme leur nom l'indique, proviennent de plusieurs espèces végétales. En règle générale, ils sont désignés soit par leur source géographique (région, massif, etc.), comme le "Miel de haute montagne", soit par le paysage floral, comme le "Miel de forêt". On retrouve également l'appellation "Miel toutes fleurs" ou "miel de printemps", qui est généralement un mélange de différentes fleurs, comprenant souvent du colza. Ces miels peuvent offrir une grande diversité de saveurs et de propriétés organoleptiques en fonction de la composition florale et de la région où les abeilles ont butiné [23].

2.3 Elaboration du miel

Lorsque le nectar est ingéré par l'abeille butineuse, il subit des réactions enzymatiques dans son tube digestif. L'enzyme invertase transforme les polysaccharides (saccharose) en sucres simples (glucose et fructose). Ces transformations se poursuivent lorsque la butineuse retourne à la ruche et partage la récolte avec les abeilles ouvrières à l'intérieur. À chaque transmission, la matière est déshydratée, enrichie en sucres gastriques et en substances salivaires, et sa concentration en sucre augmente. De plus, de nouveaux sucres tels que l'erlose et la raffinose peuvent être synthétisés. Une fois les alvéoles de cire disponibles, les abeilles déposent le nectar transformé à cet endroit. À ce stade, le nectar contient encore environ 50% d'eau.

Au bout de quelques jours, l'effet combiné de la chaleur à l'intérieur de la ruche, maintenue entre 36 et 37°C, et du mouvement rapide des ailes des abeilles ventileuses favorise une ventilation qui entraîne une déshydratation supplémentaire du nectar. Cela permet d'obtenir un miel composé d'environ 80% de sucres et en moyenne seulement 18% d'eau.

Pour assurer une excellente conservation, le miel est stocké dans des alvéoles qui sont remplies et scellées avec un mince sceau de cire [24].

3 Composition chimique

Le miel est un produit d'une grande complexité. Sa composition est influencée par plusieurs étapes de fabrication. De nombreux facteurs tels que la flore environnante, la région géographique, le métabolisme spécifique des abeilles, les conditions météorologiques au moment de la collecte du nectar, la race des abeilles et l'état physiologique de la colonie, contribuent à la variation de la composition du miel.

La figure 1 et le tableau 2 ci-contre présentent une illustration de la composition chimique du miel.

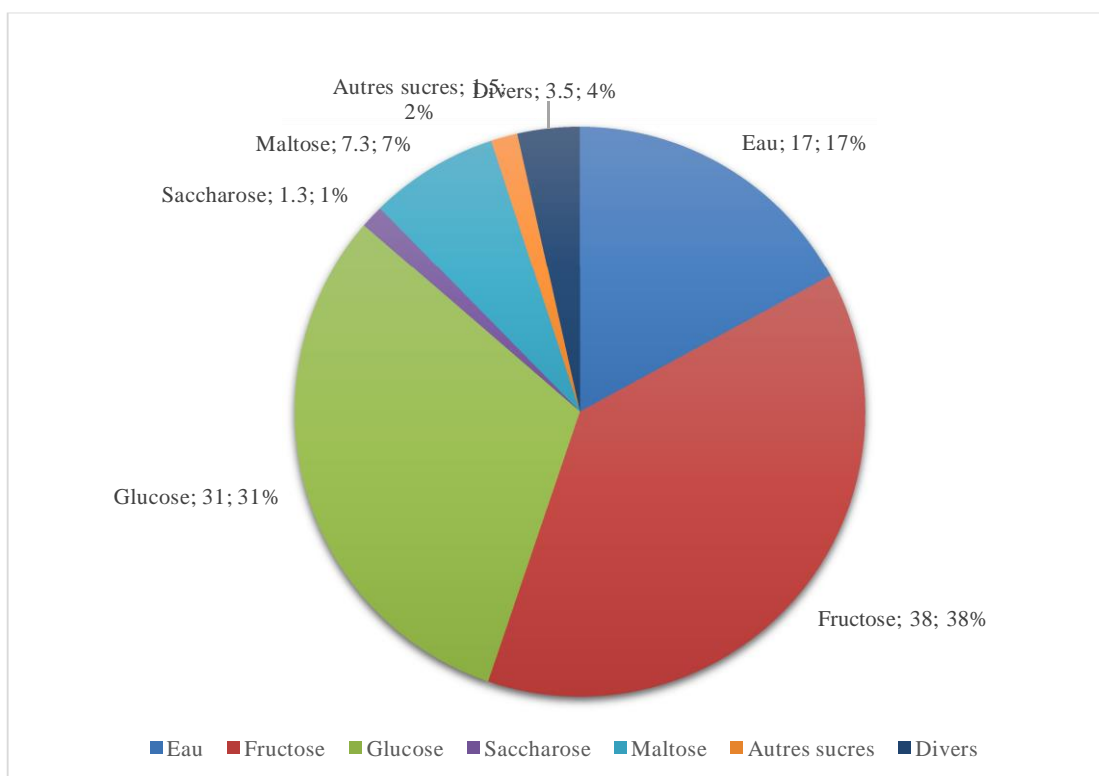


Figure 1 : Contenu moyen des composés dans le miel [25].

Le tableau 2 suivant mentionne la composition chimique du miel :

Tableau 2 : Éléments constitutifs du miel [26].

Composants	Définitions	Pourcentages (%)
Eau	Quantités d'eau dans le miel après percolation.	17-18
Sucre	3 types : <ul style="list-style-type: none"> • Monosaccharides : Fructose. 38 <li style="padding-left: 40px;">Glucose. 31 • Disaccharides : Saccharose. 1,5 <li style="padding-left: 40px;">Maltose. 7,5 • Divers sucres : Mélézitose, érlose. 1,5 	

Eléments mineurs	Acide Organique	Il contient des acides organiques combinés : acide gluconique, les acides organiques libres : acide citrique, malique, maléique, succinique, oxaliques, formique.	0,57
	Protides	Les protides sont les colloïdes, des protéines et des acides aminés libres provient d'origine animales et végétales.	0,26
	Matières minérales	Le miel contient les éléments suivants : K, Fe, Cu, Co, Cl, S, P, Mg, Mn, Ca, Na, Zn, B, Br, Ni, Cr, etc.	A l'état de traces 0,1 - 0,2 0,5 – 1
	Enzymes	Provient généralement des sécrétions salivaires de l'abeille : <ul style="list-style-type: none"> • L'amylase (α et β) : dégrade de l'amidon en dextrine puis en maltose. • La glucose-invertase : catalyse l'hydrolyse du saccharose en glucose et en fructose. • La glucose-oxydase : catalyse l'oxydation du glucose en peroxyde (catalase), et à des gluconolactones. 	-
	Vitamines	Le miel est pauvre en vitamines : il contient des vitamines des groupes B, C et quelque fois A, D et K.	Variable selon l'espèce végétale
	Pigments	Caroténoïdes (rouges) et flavonoïdes (jaunes).	-
	HMF	C'est un indicateur de fraîcheur de miel, cette molécule apparait au cours de processus de vieillissement naturel de miel.	A l'état de trace plus ou moins importante
	Lipides	Glycérides, des acides gras (acide palmitique, oléique et linoléique).	Pratiquement inexistant

3.1 Les sucres

Les monosaccharides représentent environ 75 % des sucres présents dans le miel, avec 10 à 15 % de disaccharides et un faible pourcentage d'autres sucres. Les sucres jouent un rôle essentiel dans les propriétés du miel, tels que sa valeur énergétique et sa viscosité [27]. La composition en sucres du miel dépend généralement de son origine botanique. La concentration de glucose et de fructose est utilisée pour classer les miels monofloraux [28]. Les profils de sucre du miel ont été étudiés par des scientifiques du monde entier, et de nombreux sucres ont été identifiés, tels que le fructose, le glucose, le saccharose, le rhamnose, le tréhalose, la nigerobiose, l'isomaltose, le maltose, le maltotétraose, le maltotriose, le maltulose, la melezitose, la melibiose, la nigerose, le palatinose, la raffinose, l'erlose et d'autres encore [29].

3.2 Protéines

La teneur en protéines du miel varie en fonction de l'espèce d'abeilles. Le miel d'*Apis cerana* contient entre 0,1 % et 3,3 % de protéines, tandis que le miel d'*Apis mellifera* en contient entre 0,2 % et 1,6 % [30]. Les protéines et les acides aminés présents dans le miel proviennent de sources animales et végétales, notamment des fluides et des sécrétions de nectar des glandes salivaires et du pharynx des abeilles, mais la principale source de protéines est le pollen [31].

3.3 Acides organiques

Tous les miels ont une légère acidité, en raison d'une concentration d'acides organiques d'environ 0,57 % [32]. Ces acides organiques sont formés à partir des sucres par des enzymes sécrétées par les abeilles lors de la transformation du nectar en miel, ou lorsque le nectar est directement récolté [33].

3.4 Vitamines

Le miel contient de petites quantités de vitamines, notamment du complexe de vitamines B, qui proviennent des grains de pollen présents dans le miel. Les vitamines présentes dans le miel comprennent la thiamine (B1), la riboflavine (B2), l'acide nicotinique (B3), l'acide pantothénique (B5), la pyridoxine (B6), la biotine (B8) et l'acide folique (B9). La vitamine C est également présente [21].

3.5 Minéraux

Différents groupes de composés chimiques ont été détectés dans divers types de miel, notamment des macro et microéléments minéraux tels que le potassium, le magnésium, le calcium, le fer, le phosphore, le sodium, le manganèse, l'iode, le zinc, le lithium, le cobalt, le

nickel, le cadmium, le cuivre, le baryum, le chrome, le sélénium, l'arsenic et l'argent. La teneur en minéraux varie de 0,04% dans les miels clairs à 0,2% pour les miels foncés [34]. La teneur en oligo-éléments du miel dépend du type de sol dans lequel la plante et le nectar ont été récoltés [31]. Ainsi, la couleur du miel peut être un indicateur de sa teneur en minéraux - les miels foncés étant généralement plus riches en minéraux.

3.6 Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont un groupe chimiquement hétérogène d'environ 10 000 composés, qui peuvent être divisés en différentes classes selon leur structure chimique de base. Ils comprennent des non-flavonoïdes tels que les acides phénoliques et des flavonoïdes tels que les flavones, les flavonols, les flavanones, les flavanols, les anthocyanidines, les isoflavones et les chalcones [35]. Ces composés ont un noyau aromatique avec un ou plusieurs groupes hydroxyle dans leur structure. Leur structure peut varier d'une simple molécule à un polymère phénolique complexe de haut poids moléculaire [36].

3.7 Composés volatiles

L'arôme du miel est créé par un mélange complexe de composés volatils, qui peut varier en fonction du nectar, des conditions de traitement, de l'origine et du stockage du miel. Les miels monofloraux possèdent une saveur distinctive liée à la plante d'origine, grâce à la présence de certains composés organiques volatils provenant des nectars [37].

3.8 Hydroxyméthylfurfural (HMF)

L'hydroxyméthylfurfural, ou HMF, est un dérivé de la déshydratation des hexoses qui se forme dans le miel pendant son stockage à température ambiante.

Le HMF est un indicateur du vieillissement du miel. En effet, sa concentration augmente progressivement, d'abord lentement, puis plus rapidement. La teneur initiale en HMF peut être multipliée par 1,10 au bout de 6 mois et par 2 au bout d'un an. Cette augmentation est plus prononcée dans les miels ayant un pH faible (entre 3 et 3,5) [38].

4 Propriétés physico-chimiques du miel

4.1 Caractères organoleptiques

4.1.1 Couleur

Le miel présente une grande diversité de couleurs, qui varient en fonction de ses origines florales et géographiques. On peut observer des teintes allant d'une couleur claire et transparente à des nuances plus foncées qui tendent vers le noir.

Cette palette de couleurs reflète la richesse et la variété des plantes dont les abeilles ont collecté le nectar. Certaines fleurs produisent un nectar clair, ce qui donne au miel une teinte dorée ou ambrée. D'autres plantes, en revanche, peuvent conférer au miel des tons plus foncés, comme le brun, le rougeâtre ou même le noir.

La couleur du miel peut également être influencée par d'autres facteurs, tels que le degré de cristallisation, la présence de pollens ou encore les conditions de stockage. Il est important de noter que la couleur du miel ne reflète pas nécessairement sa qualité ou ses propriétés nutritionnelles, mais elle constitue plutôt une caractéristique visuelle distinctive qui témoigne de la diversité et de la richesse de cet aliment naturel.

4.1.2 Aspect et texture

Le miel peut prendre différentes formes : liquide, cristallisé, dur, souple voire même pâteux, selon son mode de stockage et son degré de cristallisation [39].

4.1.3 Goût et arômes

Le miel possède une grande variété de goûts et de saveurs qui dépendent de son origine végétale. Le Centre Apicole de Recherche et d'Information (CARI) a développé une roue olfactive permettant de décrire les différentes sensations lors de la dégustation du miel (Figure 2) [40].

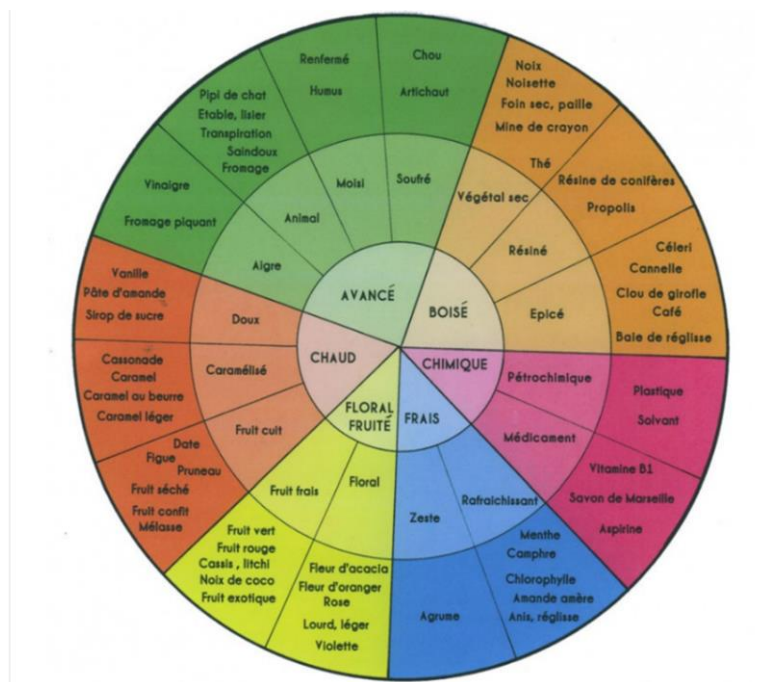


Figure 2 : Roue des arômes.

4.2 Propriétés Physiques

4.2.1 Densité

La densité du miel dépend de sa teneur en eau, exprimée en rapport de la masse volumique du miel à celle de l'eau pure à 4°C [41]. Cette densité varie en fonction de plusieurs facteurs, tels que la température et la composition chimique du miel. Elle se situe généralement entre 1,40 et 1,45, ce qui signifie qu'elle est plus élevée que celle de l'eau [42].

4.2.2 Viscosité

La viscosité correspond à la résistance à l'écoulement d'une substance, et les différents types de miel présentent une viscosité normale qui suit la loi de Newton sur l'écoulement des fluides. La viscosité du miel dépend de sa teneur en eau, de sa composition et de la température [43]. Elle est généralement plus élevée à basse température et diminue à mesure que la température augmente.

4.2.3 Potentiel d'hydrogène « pH »

Le pH est une mesure qui caractérise l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il représente la concentration en ions H^+ d'une solution [44].

Les miels de nectar ont généralement un pH compris entre 3,5 et 4,5, tandis que ceux de miellat présentent un pH entre 5 et 5,5. Les miels sont naturellement acides, indépendamment de leur origine géographique. En vieillissant, le miel tend à s'acidifier davantage [45].

4.2.4 Conductivité électrique

La conductivité électrique est la capacité d'un corps à permettre le passage du courant électrique [46]. La conductivité électrique du miel dépend de sa teneur en minéraux, ce qui en fait un paramètre clé dans le contrôle de qualité du miel. Elle est particulièrement intéressante car elle permet de distinguer le miel de nectar du miel de miellat.

Les miels de nectar présentent une conductivité électrique plus élevée que les miels de miellat [47].

4.2.5 Hygroscopicité

Le miel a tendance à absorber l'humidité de l'air lorsque celle-ci dépasse 55%. La molécule responsable de cette propriété hygroscopique est le fructose [48].

4.2.6 Le pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire des miels concerne leur comportement en présence de lumière polarisée. La plupart des miels sont lévogyres, c'est-à-dire qu'ils tournent la lumière polarisée

vers la gauche, mais il existe également des miels dextrogyres qui la font tourner vers la droite. Cette différence est due aux différents sucres présents dans le miel, qui ont tous un pouvoir rotatoire distinct [49].

4.2.7 Indice de réfraction

Il s'agit d'une propriété optique. Tout corps transparent possède un indice de réfraction spécifique. Lorsque la substance est en solution dans l'eau, l'indice de réfraction varie de manière régulière entre celui de l'eau pure et celui de la substance pure. Cet indice permet de calculer une variable essentielle, la teneur en eau, de manière beaucoup plus rapide que les autres méthodes [50].

4.2.8 La teneur en cendres

On désigne par "cendre" l'ensemble des résidus minéraux résultant de l'incinération du miel, réalisée de manière à obtenir tous les cations présents. La teneur en cendres est un critère de qualité qui varie en fonction de l'origine botanique du miel. En général, le miel de nectar présente une teneur en cendres plus faible que le miel de miellat. Les teneurs en cendres des miels se situent entre 0,020% et 1,028% [51].

5 Propriétés thérapeutiques

Le miel est une substance naturellement riche en sucre, et il présente plusieurs effets thérapeutiques bénéfiques [52].

5.1 Activité cicatrisante

L'activité cicatrisante du miel est attribuée à l'action synergique de ses différents composants, qui fournissent aux cellules les ressources nécessaires à leur multiplication, favorisant ainsi la guérison des plaies.

5.2 Activité anti-inflammatoire

Le miel a démontré des effets anti-inflammatoires, réduisant les douleurs et les gonflements associés à certaines conditions inflammatoires.

5.3 Propriétés antibactériennes

Le miel possède des propriétés antibactériennes. Il agit comme un agent bactéricide en raison de la présence de peroxyde d'hydrogène, qui provient de l'enzyme glucose oxydase, qui est le principal facteur antibactérien. De plus, le miel a des propriétés bactériostatiques en raison de son pH bas, qui empêche la croissance de nombreuses espèces bactériennes [53].

5.4 Propriétés antifongiques

Des études ont démontré l'activité antifongique du miel. Par exemple, une étude menée par Al-Waili (2004) a montré que le miel peut être efficace contre les mycoses cutanées, telles que le Pityriasis versicolor et l'Epidermophyton inguinale [53]. Il est à noter qu'une mixture composée de miel, d'huile d'olive et de cire d'abeille, appliquée trois fois par jour, a montré des résultats positifs [54]. Le miel a également montré une efficacité comparable à celle des antifongiques traditionnels dans le traitement des candidoses vaginales causées par *Candida albicans*. Cependant, des concentrations plus élevées de miel sont nécessaires pour obtenir un effet antifongique par rapport à son effet antibactérien.

En résumé, le miel présente des effets cicatrisants, anti-inflammatoires, antibactériens et antifongiques, ce qui en fait un remède naturel polyvalent aux multiples bienfaits pour la santé.

- Chapitre II -
Exploration Botanique des Miels
Analysés

Chapitre II : Exploration Botanique des Miels Analysés

1 Généralités

Dans la famille des plantes Euphorbiaceae, c'est le genre *Euphorbia* qui domine avec environ 2000 espèces, allant des annuelles aux arbres. Une grande proportion de ces espèces se trouve en Afrique et à Madagascar. Elles se caractérisent par leur latex et leurs structures florales uniques.

Les Euphorbiaceae contiennent des diterpénoïdes tels que les squelettes de tigliane, d'ingenane et de daphnane, qui irritent la peau et favorisent les tumeurs. D'autres diterpénoïdes, tels que le jatrophane, l'ingol et les diterpénoïdes myrsinane, présentent des propriétés macrocycliques antibactériennes, anticancéreuses, inhibitrices de l'activité de la PGE2, antimultirésistantes, inhibitrices de la prolyl endopeptidase, antiappétantes, anti-VIH et analgésiques, et ont récemment été isolés à partir de différentes espèces d'Euphorbes.

Dans les médecines populaires, plusieurs espèces sont utilisées pour traiter les maladies de la peau, la gonorrhée, les migraines, les parasites intestinaux et les verrues [55].

Cette famille présente une grande variabilité. Les plantes qui la composent se différencient à la fois par leur appareil végétatif et par la structure de leurs fleurs. Les fleurs sont généralement groupées en grappes et forment un cyathe lorsqu'elles sont réunies chez certains genres, comme dans le genre *Euphorbia*.

La forme des feuilles est très variable. Certaines sont longuement pétiolées, alternes, voire plus rarement opposées, simples ou composées, palmatinervées ou pennatinervées. Chez certaines espèces, elles se présentent sous forme d'épines. Généralement, le limbe est denté. Des glandes sécrétrices sont présentes sur le pétiole, le limbe et la marge du limbe.

Le fruit est une capsule tricoque qui se déhisse loculicide, septicide ou encore un schizocarpe à déhiscence explosive. La graine est albuminée et caronculée [56, 57].

2 Espèces du genre *Euphorbia* en Algérie

Plusieurs espèces d'Euphorbe sont connues, notamment *Euphorbia calyptata* Cosson et DR, *E. helioscopia* L, *E. chamaesyce* L, *E. nicaensis* All, *E. cornuta* Pers, *E. peplus* L, *E. dracunculoides* Lam. ssp. *flamandi* (Batt), *E. pithyusa* L, *E. dracunculoides* Lam. ssp. *glebulosa*

(Cosson et DR), *E. pubescens* Vahl, *E. dracunculoides* Lam. ssp. *inconspicua* (Ball.), *E. sanguinea* Hochst. et Steud, *E. echinus* Hook fil. et Coss, *E. guyoniana* Boiss. et Reut, *E. terrciana* L et *E. granulata* Forsk. [58,59].

3 Description botanique d'*Euphorbia calyptrata*

La plante décrite est une herbacée monoïque annuelle ou vivace, glabre, pouvant atteindre jusqu'à 70 cm de hauteur, et possédant une racine pivotante charnue. Les feuilles sont étroites, linéaires, dentées à leur extrémité, mesurant environ 10 cm de long et se rétrécissant à leur base, avec une pointe acérée pour les feuilles supérieures.

L'inflorescence est constituée de groupes de fleurs terminales ou axillaires appelées "cyathes", presque sessiles (2-3 mm de diamètre) sur de courtes pousses feuillées, avec des glumes en forme de coupe et des lobes minuscules. Chaque cyathe contient quatre glandes transversalement ovales, qui peuvent comporter 2 à 4 courtes cornes ou 6 à 10 palmatifides. Les fleurs sont unisexuées et verdâtres, avec des fleurs mâles monandres possédant une étamine d'environ 1,5 mm de long (dont le nombre varie de cinq à sept) et une seule fleur femelle centrale avec un pédicelle réfléchi d'environ 1,5 mm de long. Le périanthe est en forme de bourrelet, l'ovaire est supère et glabre, avec trois locules et trois styles bifides.

Le fruit de cette plante est une capsule 3-lobée d'environ 5 à 6 mm de diamètre, contenant 3 graines coniques lisses, gris bleuâtre, d'une longueur d'environ 2 à 2,5 mm, avec une grosse caroncule comportant de 10 à 15 crêtes membraneuses (Figure 3) [60].



Figure 3 : Photo de l'*Euphorbia calyptrata*.

4 Classification [56]

La classification botanique complète de l'euphorbe est affichée dans le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3 : Classification taxonomique de l'euphorbe.

Taxon	<i>Rhizophytes</i>
Embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Sous-embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Sous-classe	<i>Dialypétales</i>
Série	<i>Thalamiflores</i>
Sous-série	<i>Méristémones</i>
Ordre	<i>Tricoques</i>
Famille	<i>Euphorbiaceae</i>
Sous-famille	<i>Euphorbiadeae</i>

5 Facteurs influençant le métabolisme de la plante

5.1 Situation géographique d'Aflou

La ville d'Aflou est située dans le sud-ouest de l'Algérie, à une distance de 406 km d'Alger, 320 km d'Oran et à environ 110 km à l'ouest de Laghouat. Elle est considérée comme la deuxième plus grande ville de cette région, et est également la ville la plus haute de l'Algérie. Aflou se trouve au carrefour de quatre wilayas, à savoir Laghouat, Djelfa, Tiaret et El Bayadh. La géographie d'Aflou est caractérisée par une région montagneuse, étant située au cœur de la chaîne de l'Atlas saharien, qui sépare le Tel du Sahara [61].

5.2 Le climat

L'été à Aflou est caractérisé par une courte période, mais avec des températures très élevées, un climat sec et généralement dégagé. En revanche, l'hiver est long, avec des températures très froides, la présence de neige, des vents forts et parfois partiellement nuageux. Tout au long de l'année, les températures varient entre 0°C et 33°C, avec rarement des valeurs inférieures à -4°C ou supérieures à 36°C [62].

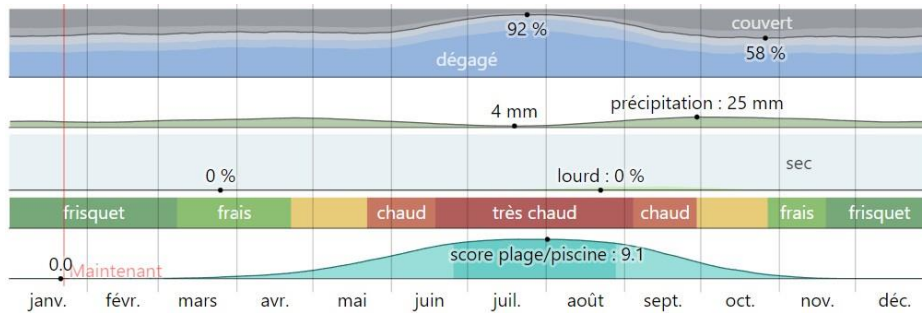


Figure 4: Données météorologiques mensuelles pour Aflou.

5.3 L'Altitude

Aflou est cartographiée à l'aide d'une carte topographique détaillée qui représente son relief et son altitude (Figure 5 et tableau 4). Cette carte permet d'observer avec précision les variations de terrain présentes dans la région d'Aflou. L'altitude d'Aflou est particulièrement intéressante, car la ville se trouve dans une zone montagneuse. Les altitudes élevées dans cette région contribuent à la formation de paysages impressionnants et offrent des vues panoramiques sur les environs. Les montagnes environnantes ajoutent une dimension géographique importante à Aflou et influencent les conditions climatiques et écologiques de la région.

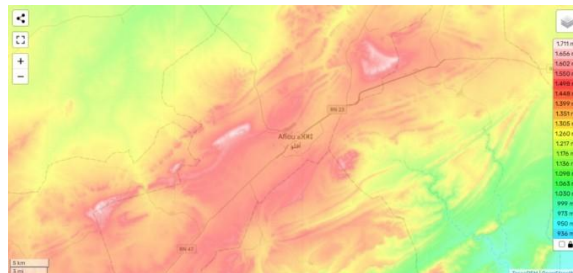


Figure 5 : Carte topographique d'Aflou, altitude.

Tableau 4 : Altitude d'Aflou [62].

Altitude	(m)
Minimum	1.148
Maximum	1.711
Moyenne	1.385

5.4 Situation géographique d'El-Bayadh

La ville d'El-Bayadh est située de manière stratégique à différentes distances clés par rapport à d'autres grandes villes. Elle se trouve à 370 km au sud-est d'Oran, à 520 km au sud-ouest d'Alger, à 500 km au nord-est de Béchar, à seulement 105 km de Bougtob, et à environ 194 km de Saïda. Cette position géographique privilégiée confère à El-Bayadh une accessibilité essentielle et facilite les échanges et les connexions avec les centres urbains environnants. Grâce à ces distances stratégiques, la ville joue un rôle important en termes de liaisons commerciales, de transports et de dynamisme régional.

5.5 Climat

La période de forte chaleur à El-Bayadh s'étend sur environ 2,9 mois, du 12 juin au 10 septembre. Pendant cette période, la température moyenne maximale dépasse généralement les 29 °C. Le mois de juillet est le plus chaud de l'année, avec une température moyenne maximale de 33 °C et une minimale de 21 °C.

En revanche, la saison fraîche à El-Bayadh dure environ 3,9 mois, du 15 novembre au 12 mars. Pendant cette période, la température moyenne maximale reste généralement inférieure à 14 °C. Le mois de janvier est le plus froid, avec une température moyenne minimale d'environ 1 °C et une maximale d'environ 9 °C (Figure 6).

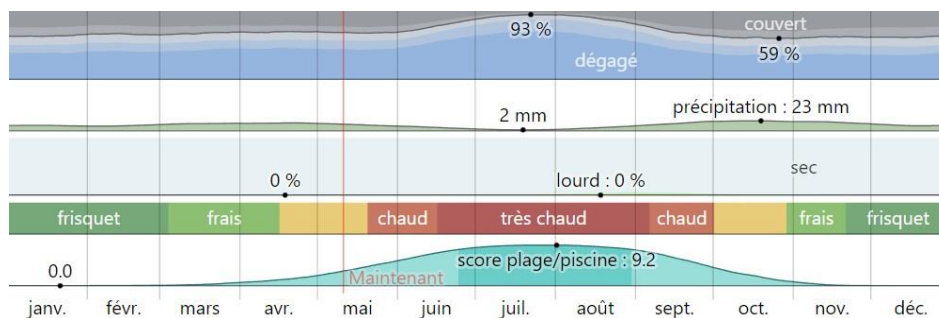


Figure 6 : Météo mensuelle pour El-Bayadh [62].

5.6 Altitude

El-Bayadh est une ville située dans la région du Sahara en Algérie. Elle est caractérisée par une topographie montagneuse, avec une altitude moyenne de 852 mètres (Figure 7 et tableau 5). La ville est située au cœur du massif de l'Ouarsenis, dans la chaîne de l'Atlas saharien. Cette topographie influence fortement le climat de la région, en particulier les températures qui varient en fonction de l'altitude. La carte topographique d'El-Bayadh montre une région avec des pentes

Exploration Botanique des Miels Analysés

.....
abruptes et des vallées profondes, reflétant les caractéristiques géologiques et géomorphologiques de la région.

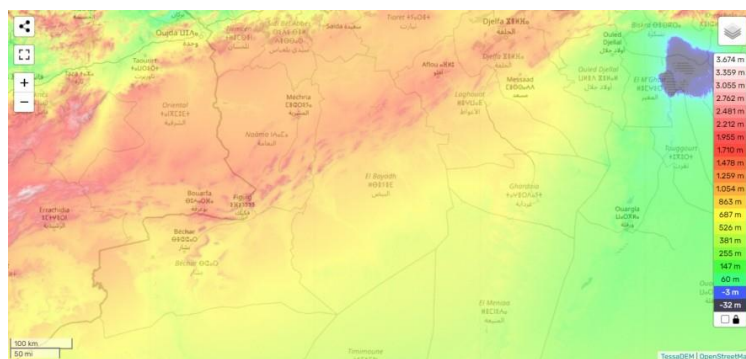


Figure 7 : Carte topographique d'El-Bayadh, altitude.

Tableau 5 : Altitude d'El-Bayadh [62]

Altitude	(m)
Minimum	370
Maximum	2173
Moyenne	852

- Chapitre III -

*Miels Étudiés : Une Analyse
Approfondie de Leurs Propriétés
Physico-chimiques et de Leur
Activité Biologique*

Chapitre III : Miels Étudiés Une Analyse Approfondie de Leurs Propriétés Physico-chimiques et de Leur Activité Biologique

1 Introduction

Le miel est un produit naturel précieux, composé de plusieurs éléments tels que les sucres, l'eau, les vitamines, les acides et les acides aminés, entre autres. Cependant, ces derniers temps, le miel est souvent victime de fraudes en raison de sa rentabilité économique. C'est pourquoi il est nécessaire de réaliser des analyses physicochimiques pour garantir sa qualité [63]. Dans notre étude, nous avons également évalué l'activité antioxydante de nos échantillons de miel en utilisant deux méthodes, à savoir la méthode de DPPH et la méthode de FRAP. Ces méthodes nous permettent de mesurer la capacité du miel à neutraliser les radicaux libres et à prévenir l'oxydation. En combinant ces analyses physicochimiques et les évaluations de l'activité antioxydante, nous visons à garantir la qualité et l'authenticité de nos miels.

2 Propriétés physicochimiques

L'analyse physico-chimique a été effectuée sur des échantillons de miel d'euphorbe collectés dans deux régions différentes en Algérie : El-Bayadh et Laghouat (Aflou) (Figure 8). Les échantillons ont été prélevés et conservés dans des flacons hermétiques, puis stockés au réfrigérateur à une température de 4 °C pour préserver leur intégrité (Figure 9). Le tableau 6 ci-dessous présente les caractéristiques géographiques et climat des régions de collecte des miels.

Tableau 6 : Analyse géographique et climat des régions d'El-Bayadh et de Laghouat.

Echantillon	Région	Climat	Saison/Année de récolte	Altitude moyenne (m)	Coordonnées GPS
MEu 1	El-Bayadh	Semi-aride	Été 2022	852	33° 40' 49.001" N 1° 1' 13.001" E
MEu 2	Laghouat (Aflou)	Aride	Été 2022	1385	34° 6' 26.951" N 2° 6' 3.055" E

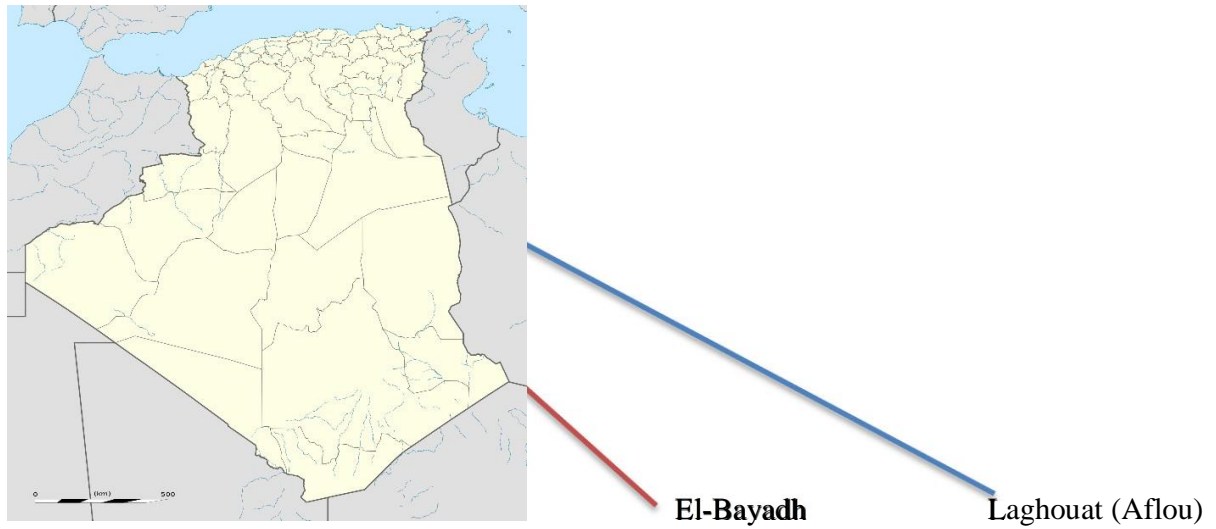


Figure 8 : Géolocalisation des régions de récolte des miels : El-Bayadh et Laghouat.



Figure 9 : Visuel des échantillons de miel d'euphorbe.

2.1 Résultats et discussion

Les analyses physicochimiques qui ont été réalisées ont conduit aux résultats présentés dans le tableau 7 ci-contre :

Tableau 7 : Propriétés physicochimiques des échantillons de miel d'euphorbe récoltés dans deux régions différentes.

Echantillon	Humidité (%)	Acidité (méq/kg)	Conductivité électrique (mS/cm)	pH	Proline (mg/kg)	Cendres (%)	Indice de Brix
MEu 1	17,13±1,22	36,53±2,14	0,28±0,02	4,91±0,06	291,92±18,92	0,074±0,035	81,16±1,26
MEu 2	13,40±0,00	35,46±0,50	0,78±0,01	5,48± 0,05	225,91±12,45	0,098±0,002	84,50±0,00
Normes	≤ 20 %	≤ 50 méq/kg	≤ 0.8 mS/cm	3.5 à 4.5 5 à 5.5		≤ 0,6	≥ 80 %

1.1.1 Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau est l'une des propriétés les plus importantes du miel, car elle permet d'estimer sa maturité, sa stabilité contre la fermentation et sa cristallisation pendant le stockage [64]. Dans notre étude, les deux échantillons de miel d'euphorbe, nommés MEu 1 et MEu 2, respectent les normes internationales du *Codex Alimentarius*.

La teneur en eau du MEu 1 est de 17,13 %, tandis que celle du MEu 2 est de 13,40 %. Cette différence est observée malgré le fait que les deux miels proviennent de la même espèce botanique. Cependant, elle s'explique par les différentes régions de récolte. Le MEu 1 provient de la région d'El Bayadh, tandis que le MEu 2 provient de Laghouat (Aflou). Il est bien connu que la région de Laghouat bénéficie d'un climat aride plus chaud que la région d'El Bayadh, qui est semi-aride. Cette variation climatique explique la différence d'humidité entre les deux miels.

En comparant nos résultats avec des études menées au Maroc sur le miel d'euphorbe, nous constatons une similarité avec la teneur en eau obtenue pour El-Bayadh, qui est de $(17,13 \pm 1,10)$ % [65].

1.1.2 Proline

La proline est un acide aminé essentiel présent dans le miel, principalement issu des sécrétions salivaires de l'abeille *Apis mellifera* lors de la transformation du nectar en miel. La teneur en proline est largement reconnue comme un indicateur de la maturité du miel [66].

Les résultats de notre étude révèlent une variation de la teneur en proline, allant de $225,91 \pm 12,45$ mg/kg pour le miel d'euphorbe MEu 2 à $291,92 \pm 18,92$ mg/kg pour le MEu 1. Cette variation s'explique par les différences géographiques et climatiques entre les deux régions de récolte. Il est important de noter que ces valeurs dépassent la concentration minimale de proline admissible (200 mg/kg) établie par la Commission Internationale du Miel. Ces résultats confirment ainsi le degré de maturité des miels étudiés et attestent de l'absence d'altération due à l'ajout de sucre.

En comparaison avec une étude menée sur un miel d'euphorbe marocain, la teneur en proline obtenue était de $441,67 \pm 11,62$ mg/kg [66]. Cette différence peut être attribuée aux particularités propres à chaque région et à leurs conditions environnementales distinctes.

1.1.3 Acidité

L'acidité du miel est attribuable à la présence d'acides organiques, principalement l'acide gluconique, ainsi qu'à leurs lactones ou esters internes, et à des ions inorganiques tels que les phosphates, les sulfates et les chlorures [66].

Les analyses ont révélé que les miels étudiés présentaient une acidité libre de $35,46 \pm 0,50$ méq/kg pour le miel Meu2 et de $36,53 \pm 2,14$ méq/kg pour le miel Meu1. Ces résultats, inférieurs à 50 méq/kg, indiquent l'absence de fermentation indésirable dans les échantillons de miel. Une étude portant sur le miel d'euphorbe au Maroc a rapporté des résultats similaires, avec une valeur d'acidité de $32,58 \pm 0,49$ méq/kg [66].

Ces données mettent en évidence la bonne qualité des miels étudiés et confirment leur stabilité et leur faible risque de fermentation.

1.1.4 pH

Le pH joue un rôle essentiel dans l'extraction et le stockage du miel, car il influence sa texture, sa stabilité et sa conservation [67].

Dans notre étude, les valeurs de pH obtenues sont de $4,91 \pm 0,06$ pour MEu1 et de $5,48 \pm 0,05$ pour Meu2. Selon la littérature, les miels MEu1 et MEu2 peuvent être classés comme des miels de miellat en raison de leur valeur de pH se situant dans la plage de 4,5 à 5,5.

Cette caractéristique de pH est cohérente avec la composition typique des miels de miellat et confirme la classification des échantillons étudiés.

1.1.5 Conductivité électrique

La conductivité électrique des miels est étroitement liée à la concentration en sels minéraux, en acides organiques et en protéines [67]. Ce paramètre varie fortement en fonction de l'origine florale, c'est pourquoi il est considéré comme l'un des meilleurs paramètres de différenciation des miels.

La valeur de conductivité électrique de Meu 1 est de $0,28 \pm 0,02$ mS/cm, ce qui indique que c'est un miel de nectar, étant donné que cette valeur est inférieure à 0,80 mS/cm. En comparaison, la conductivité électrique de MEu 2 est de $0,78 \pm 0,01$ mS/cm, une valeur très proche de 0,80 mS/cm, ce qui suggère également que c'est un miel de nectar.

Il convient de souligner que la différence de conductivité électrique entre les deux miels peut être due à des facteurs géographiques et climatiques différents entre les zones de récolte,

ainsi qu'à leur composition florale respective. Cependant, la valeur de conductivité électrique reste un critère important pour différencier les miels selon leur origine.

1.1.6 Cendres

La teneur en cendres est un critère de qualité utilisé pour la détermination de l'origine botanique et géographique du miel [67]. Elle est principalement influencée par la présence de minéraux et de matières organiques dans le miel.

Dans notre étude, la teneur en cendres de MEu 1 est de $0,074 \pm 0,035$ %, tandis que celle de MEu 2 est de $0,098 \pm 0,002$ %. Ces résultats respectent les normes internationales du Codex Alimentarius, qui fixent une limite maximale de 0,6 % pour la teneur en cendres dans le miel. En comparaison avec d'autres résultats obtenus pour des miels d'euphorbe marocains, une valeur de $0,15 \pm 0,06$ % a été rapportée [67]. Ces variations peuvent s'expliquer par les différences dans les pratiques apicoles, les conditions environnementales et la composition florale spécifique à chaque région.

Il convient de noter que la teneur en cendres peut également être influencée par d'autres facteurs tels que les méthodes d'analyse utilisées. Ainsi, les résultats obtenus dans notre étude confirment la conformité des deux miels étudiés aux normes internationales en termes de teneur en cendres.

1.1.7 Degrés de Brix

Le degré Brix est une mesure de la quantité de matière sèche présente dans le miel, exprimée en grammes pour 100 grammes de miel [68]. Il est souvent utilisé comme indicateur de la concentration des solides solubles dans le miel, tels que les sucres et autres composants solubles.

Dans notre étude, le miel provenant de la région d'El-Bayadh présente une valeur de degré Brix de $81,16 \pm 1,26$. Cela signifie que pour 100 grammes de ce miel, environ 81,16 grammes correspondent à la matière sèche. Quant au miel de la région de Laghouat (Aflou), sa valeur de degré Brix est de $84,50 \pm 0,00$. Cela indique une concentration légèrement plus élevée de matière sèche par rapport au miel d'El-Bayadh.

Il est important de noter que le degré Brix peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la composition florale du miel, les conditions climatiques, les pratiques apicoles et la période de récolte. Ces différences peuvent également être influencées par les méthodes d'analyse utilisées.

En général, un degré Brix élevé peut indiquer un miel plus concentré en sucres et en autres composants solubles, ce qui peut affecter sa viscosité, sa texture et sa conservation. Cependant, il convient de prendre en compte d'autres paramètres et caractéristiques du miel pour une évaluation complète de sa qualité et de son profil sensoriel.

Ainsi, les résultats obtenus dans notre étude démontrent des valeurs spécifiques de degré Brix pour les miels d'El-Bayadh et de Laghouat (Aflou), mettant en évidence leur composition en matière sèche.

2 Dosage des produits bioactifs et activité antioxydante

Les composés phénoliques présents dans le miel sont largement reconnus pour leurs propriétés fonctionnelles, notamment en tant qu'antioxydants. Leur présence contribue à renforcer la réputation bénéfique du miel pour la santé. Afin d'évaluer la teneur en composés bioactifs et de mesurer l'activité antioxydante, nous avons effectué des dosages et utilisé deux méthodes complémentaires : le test DPPH et le test FRAP. Les résultats détaillés de ces dosages et des mesures d'activité antioxydante sont présentés dans le tableau 8 ci-dessous :

Tableau 8 : Évaluation des produits bioactifs et activité antioxydante : résultats des dosages.

Echantillon	TCP mg EAG/100g	TTF mg EQ/100g	DPPH CI ₅₀ mg/mL	Valeur de FRAP mg EAA/100g
MEu 1	26,18±0,29	1,77±0,08	15,38±1,91	16,75±2,19
MEu 2	20,94±1,56	4,74±0,24	69,26±2,22	23,15±3,32

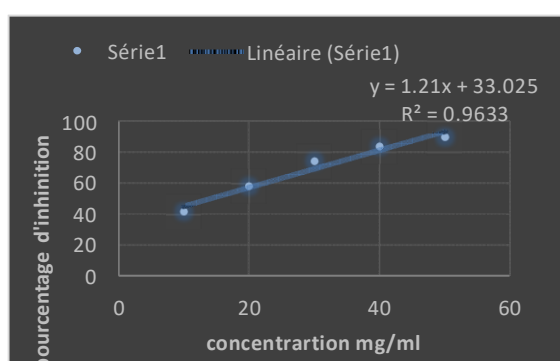


Figure 10 : % d'inhibition en fonction des concentrations de MEu 1.

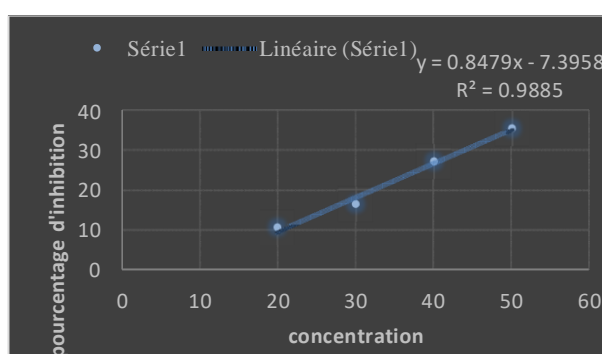


Figure 11 : % d'inhibition en fonction des concentrations de MEu 2.

2.1 Dosage des produits bioactifs

2.1.1 Teneur en flavonoïdes totaux (TFT)

L'utilisation des flavonoïdes, des composés bioactifs présents dans de nombreux aliments d'origine végétale, apparaît comme une approche prometteuse pour étudier l'origine botanique et géographique du miel, en raison de leur présence spécifique dans certaines plantes [69]. Ces substances sont reconnues pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anticancéreuses, ce qui confère au miel un potentiel bénéfique pour la santé humaine.

Afin de déterminer la teneur en flavonoïdes, des dosages précis ont été réalisés pour les miels MEu 1 et MEu 2. Les résultats de ces analyses révèlent une différence significative entre les deux miels en termes de teneur en flavonoïdes. Le miel MEu 2 se démarque en affichant la teneur la plus élevée en flavonoïdes, avec une valeur de $4,74 \pm 0,24$ mg EQ/100g. Cette concentration élevée en flavonoïdes suggère une présence abondante de plantes sources riches en ces composés dans la région de Laghouat (Aflou).

En revanche, le miel MEu 1 présente une teneur en flavonoïdes de $1,77 \pm 0,08$ mg EQ/100g, ce qui représente une quantité inférieure par rapport au miel MEu 2. Cette différence peut être attribuée à plusieurs facteurs, tels que les variations dans les sources florales, les conditions climatiques et la période de récolte. Ces éléments démontrent la complexité de l'influence de l'origine botanique et géographique sur la composition en flavonoïdes du miel.

Ces résultats renforcent l'idée que la teneur en flavonoïdes peut servir de marqueur distinctif pour différencier les miels provenant de différentes régions ou de différentes espèces végétales. Ils soulignent également l'importance de prendre en compte ces composés bioactifs dans l'évaluation de la qualité et des propriétés bénéfiques du miel.

2.1.2 Teneur en polyphénols totaux (TPT)

Les composés phénoliques jouent un rôle important dans la contribution des propriétés fonctionnelles et bénéfiques du miel. Ils sont reconnus pour leurs puissantes propriétés antioxydantes, qui aident à neutraliser les radicaux libres dans l'organisme et à prévenir les dommages oxydatifs.

Le miel MEu 1 se distingue par son taux élevé de composés phénoliques totaux, atteignant $26,18 \pm 0,29$ EAG/100g. D'autre part, le miel MEu 2 affiche un taux légèrement inférieur de composés phénoliques totaux, avec une valeur de $20,94 \pm 1,56$ EAG/100g. Bien que

ce taux soit légèrement inférieur à celui du miel MEu 1, il reste néanmoins significatif et témoigne de la présence de composés phénoliques bénéfiques dans ce miel également.

En comparaison avec des études réalisées au Maroc, où la teneur en polyphénols totaux est mesurée à $59,29 \pm 0,025$ EAG/100g [70], on constate une différence notable dans les niveaux de composés phénoliques totaux entre les miels étudiés. Ces variations peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, tels que les différences dans les sources florales utilisées par les abeilles, les conditions environnementales spécifiques à chaque région de récolte et les pratiques apicoles propres à chaque zone géographique.

Ces résultats soulignent l'importance de l'origine géographique dans la composition des composés phénoliques du miel. Ils mettent également en évidence l'importance de la caractérisation précise de ces composés, car ils contribuent non seulement aux propriétés antioxydantes, mais aussi à d'autres propriétés fonctionnelles et bénéfiques du miel, telles que ses effets antimicrobiens, anti-inflammatoires et immunomodulateurs.

Il est donc essentiel de prendre en compte la variabilité naturelle des composés phénoliques dans le miel lors de l'évaluation de sa qualité et de ses bénéfices pour la santé. Ces résultats incitent également à poursuivre les recherches sur les mécanismes d'action des composés phénoliques dans le miel et leur impact sur la santé humaine, afin d'exploiter pleinement le potentiel thérapeutique de cette précieuse substance naturelle.

2.2 Activité antioxydante

2.2.1 Méthode de DPPH

La méthode de mesure de l'activité antioxydante par le radical DPPH est largement utilisée pour évaluer cette propriété en raison de sa stabilité et de sa simplicité d'analyse. Le radical DPPH est un composé qui présente une couleur violette en raison de son état radicalaire. Lorsqu'il est exposé à un antioxydant, tel que celui présent dans le miel, il subit une réduction par transfert d'hydrogène, ce qui entraîne un changement de couleur de la solution de DPPH, passant du violet au jaune [71].

Dans notre étude, nous avons mesuré l'activité antiradicalaire des miels MEu 1 et MEu 2 en utilisant la méthode du radical DPPH. Les résultats montrent une activité antiradicalaire significative pour les deux miels. La concentration inhibitrice (CI_{50}), qui est la concentration nécessaire pour inhiber 50% de l'activité du radical DPPH, est de $15,38 \pm 1,91$ mg/mL pour le miel MEu 1 et de $69,26 \pm 2,218$ mg/mL pour le miel MEu 2.

Ces résultats indiquent que le miel MEu 1 présente une plus grande capacité antiradicalaire que le miel MEu 2. Cette disparité peut être attribuée aux différences dans la composition chimique des miels examinés, qui sont elles-mêmes influencées par l'origine géographique des échantillons. Les variations dans les sources florales, les conditions environnementales et les pratiques apicoles spécifiques à chaque région peuvent contribuer à ces différences.

Il est important de souligner que l'activité antioxydante d'un miel ne dépend pas uniquement de sa concentration en composés phénoliques, mais également de la synergie entre les différents composants bioactifs présents. Ainsi, d'autres composés, tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques et les enzymes antioxydantes, peuvent également contribuer à l'activité antiradicalaire globale du miel.

En conclusion, l'utilisation de la méthode du radical DPPH nous a permis d'évaluer l'activité antiradicalaire des miels MEu 1 et MEu 2. Ces résultats mettent en évidence la capacité du miel à agir comme un antioxydant naturel, contribuant ainsi à sa réputation bénéfique pour la santé. Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour approfondir notre compréhension des mécanismes d'action des composés antioxydants présents dans le miel et leur impact sur la santé humaine.

2.2.2 Méthode de FRAP

Les miels d'euphorbe (MEu 1 et MEu 2) ont été évalués aussi pour leur pouvoir antioxydant en utilisant la méthode FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) (Figures 12 et 13). Cette méthode est largement utilisée pour mesurer la capacité des substances à réduire le complexe ferrique Fe^{3+} en complexe ferreux Fe^{2+} . La réduction du Fe^{3+} est détectée par une coloration verte, et les absorbances sont mesurées à une longueur d'onde de 700 nm. Les valeurs obtenues sont ensuite comparées à des solutions étalons d'antioxydants, tels que l'acide ascorbique, pour évaluer la teneur en ions Fe^{2+} .

Les résultats montrent que ces miels présentent une capacité significative à réduire le complexe ferrique. En effet, la mesure de l'activité antioxydante révèle des valeurs de $16,75 \pm 2,19$ mg EAA/100 g pour le miel MEu 1 et de $23,15 \pm 3,32$ mg EAA/100 g pour le miel MEu 2.

Ces résultats démontrent que les miels d'euphorbe étudiés possèdent une capacité antioxydante significative, ce qui les rend potentiellement bénéfiques pour la santé. Les

composés bioactifs présents dans ces miels, tels que les flavonoïdes, les polyphénols et d'autres antioxydants naturels, contribuent probablement à cette activité antioxydante.

Il convient de noter que l'activité antioxydante d'un miel ne dépend pas uniquement de sa teneur en composés phénoliques et en antioxydants spécifiques, mais également de la synergie entre les différents composés présents. Par conséquent, il est important de considérer l'ensemble du profil phytochimique du miel, ainsi que ses caractéristiques géographiques et environnementales, pour comprendre pleinement son potentiel antioxydant.

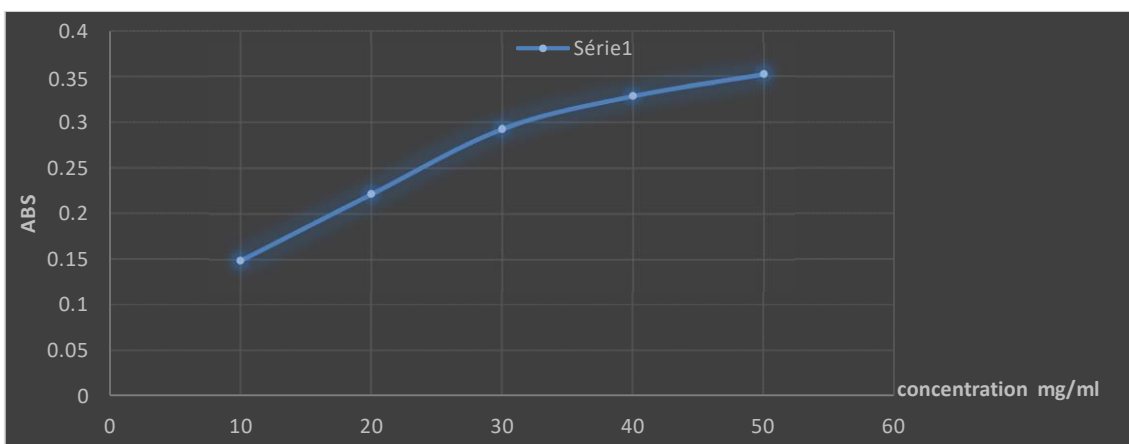


Figure 12 : Analyse du pouvoir antioxydant du miel MEu1 par la méthode FRAP.

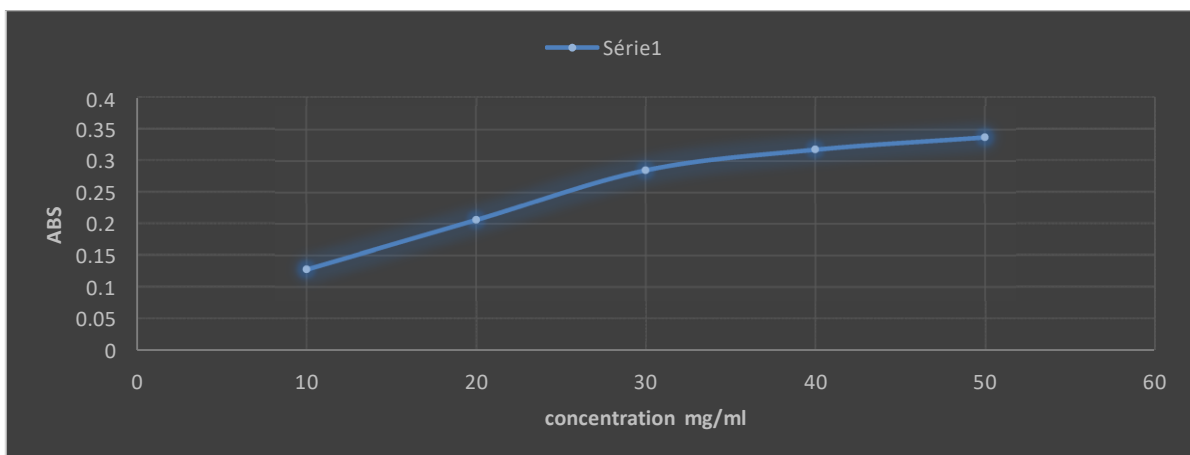


Figure 13 : Analyse du pouvoir antioxydant du miel MEu 2 par la méthode FRAP.

- Chapitre IV -

*Exploration Scientifique des Miels
: La Partie Expérimentale*

Chapitre IV : Partie Expérimentale

Les protocoles d'analyse des paramètres physicochimiques du miel, résumés dans ce chapitre, revêtent une importance capitale pour approfondir notre compréhension de ce produit sucré et naturel. Ils fournissent une ressource inestimable qui nous permet d'évaluer la qualité du miel, de détecter d'éventuelles fraudes, de garantir la conformité aux normes réglementaires et d'explorer les multiples utilisations de cette substance précieuse.

1 Appareillage, verrerie et produits chimiques

1.1 Appareillage

On a réalisé notre travail en utilisant un :

- Réfractomètre : ATAGO® NAR-1TLIQUID avec DIGITAL THERMOMETER
- Conductimètre : HANNA instrument HI 2300 EC/TDS/NaCl Meter
- pH mètre : Consort multi-parameter analyser C3030,
- Four en céramique : Nabertherm MORE TNAN HEAT 30-3000°C avec controller B170,
- Spectrophotomètre : Spectrophotomètre UV-VIS SPECORD® 200 plus (made in Germany by Analytik Jena),
- Agitateur magnétique : VELP scientifica,
- Balance analytique.



Figure 14 :
Réfractomètre



Figure 15 :
Conductimètre



Figure 16: pH-mètre



Figure 17 : Four en
céramique

Partie expérimentale



Figure 18 :
Spectrophotomètre UV-VIS



Figure 19 : Agitateur
magnétique



Figure 20 : Balance
analytique

1.2 Verreries

- Bêchers de différents volumes
- Fioles jaugées de 10 mL, 25 mL, 50 mL, 100 mL, 250 mL
- Eprouvettes graduées de 10 mL, 25 mL, 50 mL
- Creusets
- Entonnoir
- Pipettes graduées
- Burette graduée de 25 mL
- Tubes à essai
- Spatule
- Cristalliseur

1.3 Produits chimiques

- Hydroxyde de sodium (NaOH)
- Acide formique
- Éthanol, méthanol, et 2-propanol
- Carbonate de potassium
- Chlorure d'aluminium (AlCl_3)
- Acide trichloroacétique
- Ferricyanure de potassium [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$]
- Chlorure ferrique [FeCl_3]
- Quercétine

- DPPH
- Acide ascorbique
- Proline
- Ninhydrine
- Phosphate ($\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$)
- Réactif de Folin.

2 Propriétés physico-chimiques

2.1 Les cendres

Dans une étuve, chauffer les creusets pour éliminer l'humidité, puis les peser individuellement à l'aide d'une balance analytique et noter leur poids respectif. Prélever 2g de miel et ajouter deux gouttes d'huile d'olive dans chaque creuset. L'ajout d'huile d'olive vise à éviter la formation de mousse. Placer les creusets dans un four en céramique de type Nabertherm MORE TNAN HEAT 30-3000°C avec le contrôleur B170. Chauffer le four jusqu'à atteindre une température de 600°C et maintenir cette température pendant 30 minutes. Ensuite, laisser le four refroidir naturellement jusqu'à ce que sa température soit équivalente à la température ambiante. Retirer les creusets du four et les peser de la même manière qu'ils ont été initialement notés [66].



Figure 21 : Cendres des miels.

2.2 pH et acidité libre

- Étalonnage du pH-mètre :

Étalonner l'appareil avec deux solutions tampon.

- Préparation des solutions :

- Solution de miel :

Peser d'abord 0,5g de miel dans un petit bécher sur une balance analytique, diluer avec un peu d'eau distillée et transmettre la préparation dans une fiole de 50 mL et ajuster jusqu'au trait de jauge. (Préparer 3 échantillons pour 1 seul miel pour faire 3 essais).

Partie expérimentale

- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) :

Préparer une solution de NaOH 0,05M.

En se servant d'une balance analytique peser 0,5 g de NaOH poudre sur un bout de papier, transmettre dans une fiole de 250 mL, diluer avec une petite quantité d'eau distillée et ajuster jusqu'au trait de jauge.

➤ Procédure :

- Mesure du pH de miel :

A l'aide d'une éprouvette graduée prendre 25 mL de solution de miel et mettre dans un petit bécher, introduire un barreau magnétique, déposer le bécher sur un agitateur magnétique et lancer l'agitation, rincer et essuyer l'électrode, puis émerger le dans le bécher et attendre dès que la valeur de pH mètre se stabilise et prendre cette valeur [68].

- Mesure de l'acidité libre :

Placer une burette remplie avec de la solution de NaOH au-dessus de bécher et commencer le dosage en goutte à goutte (0,05 mL), arrêter lorsque la valeur de pH arrive à ou dépasse 8,30. Toutes les mesures ont été effectuées en se servant d'un pH-mètre de type Consort multi-parameter analyser C3030.

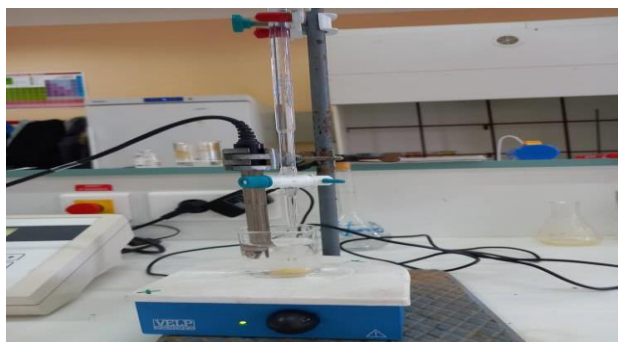


Figure 22 : Mesure de l'acidité.

2.3 Proline

➤ Préparation des solutions :

- Solution de référence :

Dissoudre 40 mg de proline pesée au moyen d'une balance analytique dans une fiole jaugée de 50 mL avec de l'eau distillée, prélever 1 mL de cette solution dans une fiole de 25 mL et ajuster jusqu'au trait de jauge (solution mère à une concentration de 0,8 g/L). Préparer 4 solutions filles à partir de la solution mère.

Partie expérimentale

.....

Tableau 9 : Solutions filles.

Volume de solution mère (mL)	2	1	0,8	0,5
Concentration (mg/L)	64	32	25,6	16

- Solution de miel :

Peser dans un petit bêcher 0,5 g de miel, diluer avec un peu d'eau distillée, transmettre dans une fiole de 10 mL et ajuster jusqu'au trait de jauge (3 essais pour chaque miel).

- Solution de ninhydrine :

Préparer une solution de ninhydrine à 3% dans l'éthanol. Diluer 1,5 g de ninhydrine dans 50 mL d'éthanol en se servant d'une fiole jaugé de 50 mL.

- Solution de 2-propanol :

Préparer une solution de 2-propanol à 50% dans l'eau distillée. A l'aide d'une éprouvette prélever 50 mL de 2-propanol dans une fiole de 100 mL et ajuster avec de l'eau distillée.

- Procédure :

Prélever à l'aide d'une pipette graduée 0,5 mL de la solution de miel dans 3 tubes à essai. Prélever également 0,5 mL d'eau distillée dans un autre tube à essai pour réaliser l'essai à blanc. Ajouter ensuite 0,5 mL de la solution de référence de proline dans trois autres tubes à essai.

Dans chaque tube, ajouter 1 mL d'acide formique et 1 mL de la solution de ninhydrine [66]. Placer les tubes dans un bain d'eau bouillante et les laisser chauffer pendant 15 minutes. Ensuite, ajuster la chaleur à 70°C et poursuivre la chauffe pendant 10 minutes. Retirer les tubes du bain d'eau bouillante. Ajouter 5 mL de solution de 2-propanol dans chaque tube, puis attendre 45 minutes pour permettre la réaction chimique de se compléter. Passer ensuite à la lecture des absorbances à 510 nm en utilisant un spectrophotomètre UV-VIS SPECORD® 200 plus (fabriqué en Allemagne par Analytik Jena).

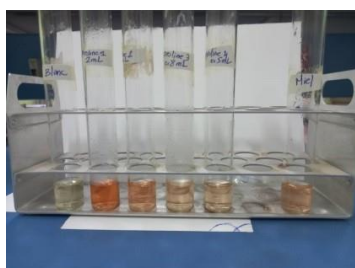


Figure 23 : Mélange avant l'ajout de 2-propanol.

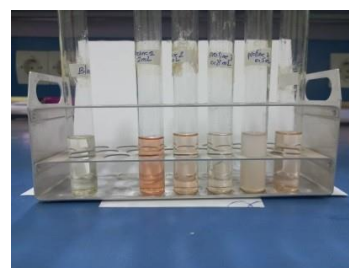


Figure 24 : Mélange après l'ajout de 2-propanol.

2.4 Détermination de l'humidité et de l'indice de Brix, méthode réfractométrique

➤ Calibrage de réfractomètre :

En utilisant le réfractomètre ATAGO® NAR-1TLIQUID avec DIGITAL THERMOMETER, déposer une goutte d'eau distillée sur le prisme réfractométrique en veillant à ne pas laisser de bulles d'air. Fermer ensuite le prisme d'éclairage, placer votre œil sur l'oculaire réglable et ajuster la ligne de séparation à l'aide de la molette de réglage. L'indice de réfraction égal à 1,33 à une température de 20°C.

➤ Procédure :

En utilisant une spatule, prélever une petite quantité de miel et réchauffer-le sur un bain-marie à 50°C jusqu'à ce que tous les cristaux de sucre soient dissous. Laisser le miel refroidir à température ambiante, puis étaler-le sur le prisme réfractométrique. Fermer le prisme d'éclairage, placer votre œil sur l'oculaire réglable et ajuster la ligne de séparation à l'aide de la molette de réglage. Noter ensuite les deux valeurs : l'indice de réfraction et l'indice de brix [72].

2.5 Conductivité

Dissoudre préalablement 2 g de miel dans un petit bécher en ajoutant une petite quantité d'eau distillée. Transférer ensuite la solution dans une fiole jaugée de 10 mL et ajuster le niveau jusqu'au trait de jauge. Noter la constante de cellule du conductimètre (HANNA instrument HI 2300 EC/TDS/NaCl Meter). Verser la préparation dans une éprouvette, puis immerger la cellule du conductimètre dans la solution (voir figure 14) et noter la valeur mesurée [68].

3 Dosages des produits bioactifs et activité antioxydante

3.1 Détermination de la teneur en polyphénols totaux [73]

• Préparation des solutions :

- Solution de Folin :

Mettre 2,5 mL du réactif de Folin dans une fiole de 25 mL et remplir jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée

- Solution de carbonate de sodium :

Dissoudre 7,5 g de carbonate de potassium avec de l'eau distillée dans une fiole de 100 mL et ajuster jusqu'au trait de jauge.

➤ Solution de miel :

Peser 0,5 g de miel et dissoudre dans 10 mL de méthanol en se servant d'une fiole de 10 mL.

Partie expérimentale

➤ Procédure :

Dans un tube à essai, ajouter 0,5 mL de la solution de miel, 2,5 mL de réactif de Folin et 2 mL de carbonate de sodium. Pour l'échantillon blanc, mettre dans un autre tube à essai 0,5 mL d'eau distillée, 2,5 mL de réactif de Folin et 2 mL de carbonate de sodium. Incuber les tubes à l'abri de la lumière pendant 1 heure, puis mesurer les absorbances à 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-VIS SPECORD® 200 plus (fabriqué en Allemagne par Analytik Jena).

3.2 Détermination de la teneur en flavonoïdes totaux [74]

➤ Préparation de la courbe d'étalonnage

Dissoudre 10 mg de quercétine dans 10 mL de méthanol à l'aide d'une fiole de 10 mL puis préparer différentes concentrations dans des tubes à essais de la manière suivante :

Tableau 10 : Solutions étalons.

Solution mère de quercétine (mL)	0,2	0,4	0,6
Volume du méthanol nécessaire (mL)	0,8	0,6	0,4
Concentration (mg/mL)	0,2	0,4	0,6

- Préparation des solutions :

- Solution de chlorure d'aluminium (AlCl_3) :

Préparer une solution de AlCl_3 à 2% dans de l'eau distillée : Dissoudre 5 g de AlCl_3 , préalablement pesés à l'aide d'une balance analytique, dans une fiole de 250 mL avec une petite quantité d'eau distillée, puis ajuster le volume jusqu'au trait de jauge.

- Pour préparer les solutions de miel :

Dans un bécher, peser 0,1 g de miel, puis le dissoudre avec une petite quantité de méthanol. Transférer la préparation dans une fiole jaugée de 10 mL et ajuster le volume jusqu'au trait de jauge avec du méthanol.

- Préparation des échantillons :

Dans un tube à essai, mélanger 1 mL de solution de miel avec 1 mL de AlCl_3 , puis laisser le mélange incuber à l'abri de la lumière pendant 10 minutes. Étiqueter chaque tube avec le nom du miel correspondant. Après l'incubation, procéder à la lecture des absorbances à 415 nm en utilisant un spectrophotomètre UV-VIS SPECORD® 200 plus (fabriqué en Allemagne par Analytik Jena) et noter les résultats obtenus.

3.3 Activité antioxydante

3.3.1 Méthode de DPPH [75]

- Préparation des solutions :

- Solution de DPPH :

Dans une fiole de 50 mL, dissoudre préalablement 0,002 g de DPPH, qui a été préalablement pesé sur un morceau de papier, dans du méthanol. L'absorbance du contrôle négatif, mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre, est estimée à 1,3. Pour obtenir une absorbance inférieure à 0,9, diluer la préparation à 50%. Cela correspond à une absorbance de 0,64.

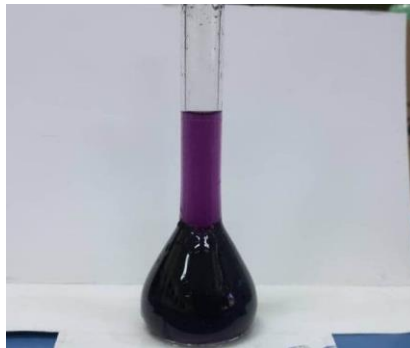


Figure 25 : Solution de DPPH.

- Solutions des miels :

Préparer cinq différentes concentrations de chaque miel. Pour chaque concentration, peser la quantité nécessaire de miel dans un petit bécher à l'aide d'une balance analytique, puis le dissoudre dans une petite quantité de méthanol. Transférer la préparation dans une fiole jaugée de 10 mL et compléter jusqu'au trait de jauge avec du méthanol.

Tableau 11 : Concentration des solutions de miel préparées.

	1 ^{er} échantillon	2 ^{ème} échantillon	3 ^{ème} échantillon	4 ^{ème} échantillon	5 ^{ème} échantillon
Quantité (mg)	100	200	300	400	500
Concentration (mg/mL)	10	20	30	40	50

Transférer les préparations dans des tubes à essais et les étiqueter correctement.

Partie expérimentale

.....

➤ Préparation des échantillons :

En utilisant une pipette de 1 mL, prélever 1 mL d'échantillon de miel et 1 mL de solution de DPPH, puis mélanger-les dans un tube à essai. Recouvrir le tube avec du papier aluminium et placer toutes les préparations dans un endroit sec et obscur pour une incubation d'une heure. De la même manière, préparer les différentes concentrations d'acide ascorbique en utilisant les volumes appropriés dans les tubes à essai pour établir la courbe d'étalonnage. Après l'incubation, passer à la lecture des absorbances à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-VIS SPECORD® 200 plus (fabriqué en Allemagne par Analytik Jena) et notez les résultats. Utilisez le méthanol comme blanc de référence.

3.3.2 Méthode de FRAP [75]

➤ Préparation des solutions :

- Solution tampon phosphate ($\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$) (0,2M à 6,6 pH) :

Dissoudre 0,6862 g de NaH_2PO_4 (acide) dans 40 mL d'eau distillée et 0,6814 g de Na_2HPO_4 (base) dans 60 mL d'eau distillée, puis mélanger les deux solutions dans une fiole de 100 mL.

- Solution aqueuse à 1% de ferricyanure de potassium [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$]:

Peser 1 g de ferricyanure de potassium, puis transférer dans une fiole de 100 mL. Dissoudre avec une petite quantité d'eau distillée et ajuster jusqu'au trait de jauge.

- Solution d'acide trichloroacétique à 10% :

Dans une fiole de 100 mL, solubiliser 10 g d'acide trichloroacétique avec de l'eau distillée et ajuster jusqu'au trait de jauge.

- Solution de chlorure ferrique (FeCl_3) à 0,1% :

Dans une fiole de 100 mL, solubiliser 0,1 g de FeCl_3 avec de l'eau distillée et ajuster jusqu'au trait de jauge.

- Solutions des miels :

Pour chaque miel préparer les concentrations suivantes :

Tableau 12 : Préparation des solutions de miel.

	1 ^{er} échantillon	2 ^{ème} échantillon	3 ^{ème} échantillon	4 ^{ème} échantillon	5 ^{ème} échantillon
Quantité (mg)	100	200	300	400	500
Concentration (mg/mL)	10	20	30	40	50

Partie expérimentale

.....

Peser la quantité nécessaire de miel dans un petit bécher à l'aide d'une balance analytique, puis dissolver-le dans une petite quantité d'eau distillée. Transférer la préparation dans une fiole de 10 mL et compléter jusqu'au trait de jauge. Transférer et étiqueter les préparations dans des tubes à essais.

- Solutions d'acide ascorbique :

Préparer différentes concentrations d'acide ascorbique : Peser 0,01 g d'acide ascorbique et le dissoudre dans une fiole jaugée de 100 mL à l'aide de méthanol. Ajuster le volume jusqu'au trait de jauge avec du méthanol.

Préparer les concentrations suivantes en diluant la solution d'acide ascorbique préparée :

Pour la concentration X, prendre X mL de la solution d'acide ascorbique préparée et ajouter du méthanol jusqu'à obtenir un volume final de 10 mL. Répéter cette étape pour chaque concentration souhaitée, en ajustant le volume avec du méthanol pour obtenir un total de 10 mL dans chaque tube à essai. Étiqueter chaque tube à essai en indiquant la concentration d'acide ascorbique correspondante.

Tableau 13 : Solutions d'acide ascorbique.

	1 ^{er} échantillon	2 ^{ème} échantillon	3 ^{ème} échantillon
Volume de solution mère (mL)	1,5	1	0,5
concentration (mg/L)	6	4	2

Pipeter les volumes nécessaires dans une fiole jaugée de 25 mL et ajuster avec du méthanol pour atteindre le trait de jauge. Transférer les préparations dans des tubes à essais préalablement étiquetés.

➤ Procédure :

Pipeter 1 mL de la solution de miel et transférer-la dans un tube à essai. Ajoutez 2,5 mL de la solution tampon phosphate et 2,5 mL de ferricyanure à 1%. Incubez le mélange dans un bain-marie à 50°C pendant 20 minutes. Ensuite, laisser-le refroidir à température ambiante. Ajouter 2,5 mL d'acide trichloroacétique et centrifuger le mélange à 3000 tours/minute pendant 10 minutes. Transférer ensuite 2,5 mL du surnageant dans un autre tube à essai propre. Mélanger-le avec 2,5 mL d'eau distillée et 0,5 mL de FeCl₃ à 0,1%. Laisser incuber pendant 10 minutes. Ensuite, passer à la lecture des absorbances à la longueur d'onde 700 nm à l'aide d'un

Partie expérimentale

.....

spectrophotomètre UV-VIS SPECORD® 200 plus (fabriqué en Allemagne par Analytik Jena).
Dans les mêmes conditions, préparer les échantillons d'acide ascorbique.

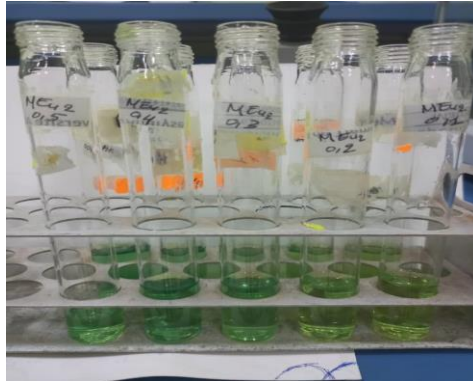


Figure 26 : Mélange après incubation.

Conclusion générale

Conclusion générale

En explorant en détail les caractéristiques physico-chimiques des miels d'euphorbe d'El-Bayadh et de Laghouat (Aflou), nous avons réalisé une investigation minutieuse sur plusieurs paramètres essentiels. La teneur en eau, l'indice de Brix, le pH, l'acidité libre, la conductivité électrique, les cendres, la proline, ainsi que les dosages des composés bioactifs tels que les polyphénols et les flavonoïdes ont été rigoureusement évalués. Ces données ont joué un rôle fondamental dans notre compréhension approfondie des propriétés chimiques et physiques des deux miels d'euphorbe étudiés.

Une partie importante de notre recherche s'est concentrée sur l'activité biologique du miel d'euphorbe, en mettant l'accent particulièrement sur son activité antioxydante. Pour cela, nous avons employé des méthodes telles que le DPPH et le FRAP afin d'analyser cette activité antioxydante. Ces investigations approfondies nous ont permis d'élargir nos connaissances quant au potentiel du miel d'euphorbe en tant qu'agent naturel antioxydant et à son éventuelle influence sur la santé humaine.

À travers notre mémoire, nous avons apporté une contribution significative à la compréhension du miel d'euphorbe et à son potentiel. Nos résultats auront un impact important dans divers domaines tels que l'agroalimentaire, la pharmacutique, la cosmétique et la parfumerie. Ils pourraient également avoir des implications pratiques, notamment dans les domaines de la santé, de la nutrition et de la recherche médicale.

Il est important de souligner que la recherche sur le miel d'euphorbe et ses propriétés est en constante évolution. Les résultats de notre mémoire serviront de base solide pour des études futures approfondies et pour explorer davantage les applications potentielles de ce miel unique. Ils ouvrent des perspectives intéressantes dans des secteurs variés, offrant de nouvelles opportunités dans l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique, cosmétique et parfumerie.

Annexes

Annexes

- Résultats des analyses physico-chimiques des miels :

Humidité (%)						
Echantillon	Test 1	Test 2	Test 3	Moy.	Ecart type	Moy ± Ecart type
MEu1	17,40	15,80	18,20	17,13	1,22	17,3±1,22
MEu2	13,40	13,40	13,40	13,40	0	13,40±0,00

Conductivité (mS/cm)						
Echantillon	Test 1	Test 2	Test 3	Moy.	Ecart type	Moy ± Ecart type
MEu1	0,29	0,27	0,29	0,28	0,02	0,28±0,02
MEu2	0,77	0,78	0,79	0,78	0,01	0,78±0,01

pH						
Echantillon	Test 1	Test 2	Test 3	Moy.	Ecart type	Moy.±Ecart type
MEu1	4,85	4,94	4,95	4,91	0,06	4,91±0,06
MEu2	5,53	5,49	5,43	5,48	0,05	5,48±0,05

Acidité libre (méq/kg)						
Echantillon	Test 1	Test 2	Test 3	Moy.	Ecart type	Moy.±Ecart type
MEu1	38,4	37	34,2	36,53	2,12	36,53±2,12
MEu2	36	35,4	35	35,47	0,50	35,46±0,50

Proline (mg/kg)					
Echantillon	Test 1	Test 2	Moy.	Ecart type	Moy.±Ecart type
MEu1	278,54	305,29	291,92	18,92	291,92±18,92
MEu2	217,11	234,71	225,91	12,45	225,91±12,45

Annexes

Indice de Brix (%)						
Echantillon	Test 1	Test 2	Test 3	Moy.	Ecart type	Moy.±Ecart type
MEu1	81	82,5	80	81,17	1,26	81,17±1,26
MEu2	84,5	84,5	84,5	84,50	0	84,50±0,00

Cendres (%)					
Echantillon	Test 1	Test 2	Moy.	Ecart type	Moy.±Ecart type
MEu1	0,0496	0,0991	0,074	0,035	0,074±0,035
MEu2	0,0963	0,0993	0,098	0,002	0,098±0,002

- Résultats des dosages des produits bioactifs:

Teneur en flavonoïdes totaux exprimée en EQ/100g					
Echantillon	Test 1	Test 2	Moy.	Ecart type	Moy.±Ecart type
MEu1	1,827	1,716	1,77	0,08	1,77±0,08
MEu2	4,904	4,57	4,74	0,24	4,74±0,24

Teneur en polyphénols totaux exprimée en EAG/100g					
Echantillon	Test 1	Test 2	Moy.	Ecart type	Moy.±Ecart type
MEu1	26,39	25,98	26,18	0,29	26,18±0,29
MEu2	22,04	19,83	20,94	1,56	20,94±1,56

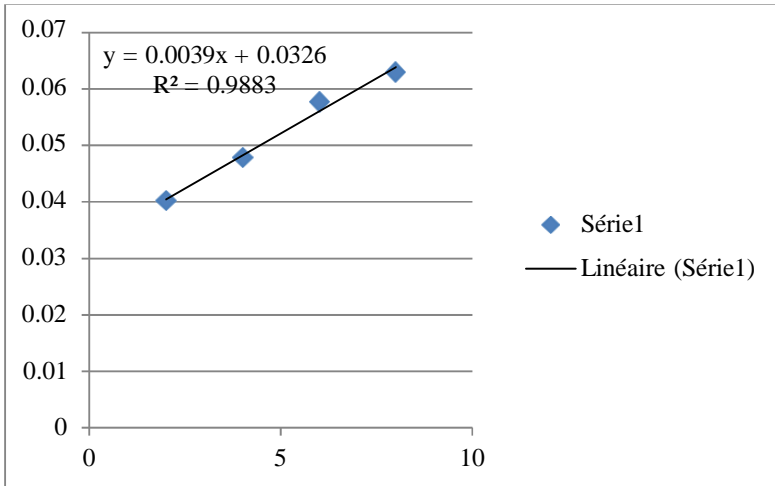
- Résultats de la mesure des activités antioxydantes des miels étudiés :

Test DPPH exprimée en CI₅₀ (mg/mL)					
Echantillon	Test 1	Test 2	Moy.	Ecart type	Moy.±Ecart type
MEu1	16,7311	14,0289	15,38	1,91	15,38±1,91
MEu2	67,6917	70,8282	69,26	2,22	69,26±2,22

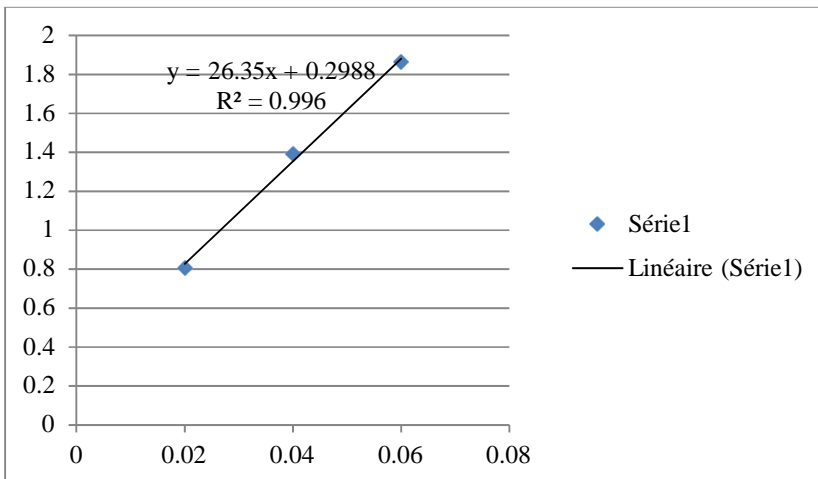
Test de FRAP exprimée en mg EAA/100g de miel					
Echantillon	Test 1	Test 2	Moy.	Ecart type	Moy.±Ecart type
MEu1	15,20	18,30	16,75	2,19	16,75±2,19
MEu2	25,50	20,80	23,15	3,32	23,15±3,32

Annexes

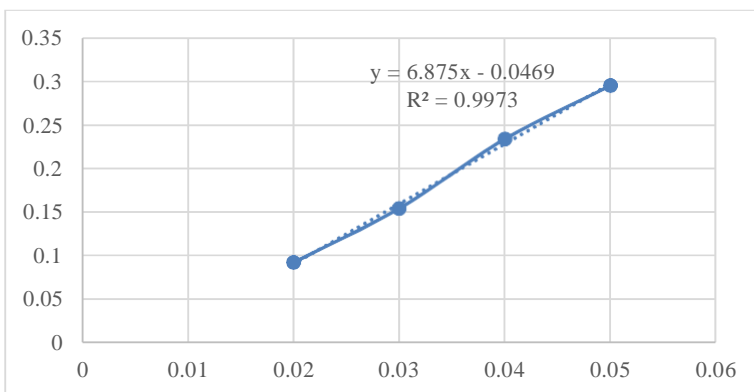
- Courbes d'étalonnage de l'acide ascorbique :



- Courbe d'étalonnage de la quercétine pour les flavonoïdes :



- Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour les polyphénols :



Références Bibliographiques

Références bibliographiques

1. Al-Waili, N.S., *Natural Honey and Cardiovascular Risk Factors; Effects on Blood Glucose, Cholesterol, Triacylglycerole*, 2011, CRP, and Body Weight Compared with Sucrose. *The Scientific World Journal*, 11, 1462-1470.
2. Bogdanov, S., *Honey as Nutrient and Functional Food: A Review*. *Bee Product Science*, 2009, 1(4), 1-31.
3. Erejuwa, O.O. et al., *Honey – A Novel Antidiabetic Agent*, 2012. *International Journal of Biological Sciences*, 8(6), 913-934.
4. Gheldof, N. et al., *Identification and Quantification of Antioxidant Components of honeys from Various Floral Sources*, 2003. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(3), 587-591.
5. Khalil, M.I. et al., *Biological Activities of Honey Samples from Different Floral Sources*, 2010. *Nutrición Hospitalaria*, 25(5), 727-732.
6. Biri, M., *Le grande livre des abeilles cours d'apiculture moderne* 2002, nouvelle Edition mise à jour - Editions de Vecchi s.a. - Paris imprime en Italie.
7. Ravazzi, G., *Abeilles et apiculture* 2003, Editions de Vecchi.
8. Reguig, A., *Caractérisation pollinique et physicochimique de deux catégories de miel : Miel d'importation et Miel locaux*, in *Département des sciences Agronomiques* 2019, Biskra.
9. Available from: <https://ruche.ooreka.fr/comprendre/abeille-a-miel>
10. Available from: <https://www.syngenta.fr/agriculture-durable/bonnes-pratiquesagricoles/article/organisation-des-insectes-sociaux>
11. Available from: <https://www.apiculture.net/blog/mieux-comprendre-pollinisationabeilles-n115>.
12. Clément, H., et al., *Traité Rustica; Paris: 2002*. Le traité Rustica de l'apiculture, 2002: p. 528.
13. Peyvel, C., *L'espèce Apis mellifera: les grandes races géographiques*. *Bull. Tech. Apic.*, 1994. **21**: p. 129-138.
14. Ruttner, F., *Morphometric analysis and classification*. *Biogeography and taxonomy of honeybees*, 1988: p. 66-78.

Références bibliographiques

15. Haddad, N.J., et al., *Draft genome sequence of the Algerian bee Apis mellifera intermissa*. Genomics data, 2015. **4**: p. 24-25.
16. Phillip J. Baldensperger, *The Various Races found in North Africa and the Outstanding Characteristics of Each*. North African Bees 1924: p. 175-176.
17. Haccour, P., *Recherche sur la race d'abeille saharienne au Maroc*. CR Soc. Sci. Nat. Phys. Extrait de *La Belgique Apicole*, 1960. **25**: p. 13-18.
18. FAO, OMS, *Norme pour le miel*. Codex Alimentarius, 2019.
19. Sanz, M., et al., *A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey*. Food Chemistry, 2005. **91**(2): p. 313-317.
20. Hoyet, C., *Le miel: de la source à la thérapeutique*, 2005, UHP-Université Henri Poincaré.
21. Jean-Prost, P., P. Médori, and Y. Le Conte, *l'apiculture, connaître l'abeille*. Conduire le rucher. 7^{ème} édition Lavoisier. 682 p., 2005.
22. *Miel. Les miels monofloraux ou miels de cru* 2019; Available from: <http://www.guide-du-miel.com/Lemiel/Miels-monofloraux.html>.
23. Clement, H., *Guide des miels* 2002, Paris, Rustica. 64.
24. E, B., *les produits de la ruche*, in *Le traité rustica de l'apiculture* 2002: Paris. p. 354-384.
25. Gonnet, M., *INRA station expérimentale d'apiculture*. 1982 p. 1-18.
26. Kamal, M.A. and P. Klein, *Determination of sugars in honey by liquid chromatography*. Saudi Journal of Biological Sciences, 2011. **18**(1): p. 17-21.
27. Escuredo, O., et al., *Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon*. Food Chemistry, 2014. **149**: p. 84-90.
28. De La Fuente, E., et al., *Carbohydrate composition of Spanish unifloral honeys*. Food Chemistry, 2011. **129**(4): p. 1483-1489.
29. Won, S.-R., et al., *Immunological characterization of honey major protein and its application*. Food Chemistry, 2009. **113**(4): p. 1334-1338.
30. Escuredo, O., et al., *Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic area*. Food Chemistry, 2013. **138**(2-3): p. 851-856.
31. Karabagias, I.K., et al., *Characterization and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics*. Food Chemistry, 2014. **146**: p. 548-557.
32. Cherchi, A., et al., *Solid-phase extraction and high-performance liquid chromatographic*

Références bibliographiques

.....
determination of organic acids in honey. Journal of Chromatography A, 1994. **669**(1-2): p. 59-64.

33. Alqarni, A.S., et al., *Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia*. Journal of Saudi Chemical Society, 2014. **18**(5): p. 618-625.

34. Fossen, T. and Ø. Andersen, *Spectroscopic techniques applied to flavonoids*. Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications, 2006: p. 37-142.

35. Pyrzynska, K. and M. Biesaga, *Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey*. Trac Trends in Analytical Chemistry, 2009. **28**(7): p. 893-902.

36. Castro-Vázquez, L., M. Díaz-Maroto, and M. Pérez-Coello, *Aroma composition and new chemical markers of Spanish citrus honeys*. Food Chemistry, 2007. **103**(2): p. 601-606.

37. Küçük, M., et al., *Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia*. Food Chemistry, 2007. **100**(2): p. 526-534.

38. Tappi, S., et al., *Investigation of water state during induced crystallization of honey*. Food Chemistry, 2019. **294**: p. 260-266.

39. *Au Bon Miel. Dégustation du miel*. 2020; Available from: <http://www.aubonmiel.com/degustation-du-miel>.

40. Sana, H., *Etude des propriétés physico-chimiques et antioxydantes du miel soumis au vieillissement accéléré [Mémoire]*. Bejaia: Université Abderrahmane Mira de Béjaïa, 2017.

41. Boukraâ, L., *Honey in Traditional and Modern Medicine*, 2010.

42. Younes-Chaouch, L. and N. Bounsiar, *Contrôle qualité des miels locaux et importés [Mémoire]*. Tizi Ouzou: Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 2018.

43. J, L., *Composition, propriétés et technologie du miel*. Masson et Cie ed. Traité de biologie de l'abeille 1968, Paris.

44. Khalil, M.I., et al., *Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey*. Molecules, 2012. **17**(9): p. 11199-11215.

45. Gonnet, M., *Le miel. Composition, propriétés, conservation*; 2. 1982.

46. Rossant, A., *Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes [Thèse]*. Limoges: Université de Limoges, 2011.

47. Sotodonou, D., *Caractérisation Physico-Chimique des miels de quatre Communes du Bénin*, 2014, EPAC/UAC/CAP.

48. Louveaux, J., *Les abeilles et leur élevage*. Vol. 165. 1985: Opida Paris.

49. Louveaux, J., *La technologie du miel (1)*. Les Annales de l'Abeille, 1959. **2**(4): p. 343-354.

Références bibliographiques

50. Alqarni, A.S., et al., *Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia*. Journal of Saudi Chemical Society, 2014. **18**(5): p. 618-625.
51. Fossen, T. and Ø. Andersen, *Spectroscopic techniques applied to flavonoids*. Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications, 2006: p. 37-142.
52. Pyrzynska, K. and M. Biesaga, *Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey*. Trac Trends in Analytical Chemistry, 2009. **28**(7): p. 893-902.
53. Castro-Vázquez, L., M. Díaz-Maroto, and M. Pérez-Coello, *Aroma composition and new chemical markers of Spanish citrus honeys*. Food Chemistry, 2007. **103**(2): p. 601-606.
54. Küçük, M., et al., *Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia*. Food Chemistry, 2007. **100**(2): p. 526-534.
55. Tappi, S., et al., *Investigation of water state during induced crystallization of honey*. Food Chemistry, 2019. **294**: p. 260-266.
56. *Au Bon Miel. Dégustation du miel*. 2020; Available from: <http://www.aubonmiel.com/degustation-du-miel>.
57. Sana, H., *Etude des propriétés physico-chimiques et antioxydantes du miel soumis au vieillissement accéléré [Mémoire]*. Bejaia: Université Abderrahmane Mira de Béjaïa, 2017.
58. Boukraâ, L., *Honey in Traditional and Modern Medicine*, 2010.
59. Younes-Chaouch, L. and N. Bounsiar, *Contrôle qualité des miels locaux et importés [Mémoire]*. Tizi Ouzou: Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 2018.
60. J, L., *Composition, propriétés et technologie du miel*. Masson et Cie ed. Traité de biologie de l'abeille 1968, Paris.
61. Khalil, M.I., et al., *Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey*. Molecules, 2012. **17**(9): p. 11199-11215.
62. Gonnet, M., *Le miel. Composition, propriétés, conservation*; 2. 1982.
63. Rossant, A., *Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes [Thèse]*. Limoges: Université de Limoges, 2011.
64. Sotodonou, D., *Caractérisation Physico-Chimique des miels de quatre Communes du Bénin*, 2014, EPAC/UAC/CAP.
65. Louveaux, J., *Les abeilles et leur élevage*. Vol. 165. 1985: Opida Paris.
66. Louveaux, J., *La technologie du miel (1)*. Les Annales de l'Abeille, 1959. **2**(4): p. 343-354.

Références bibliographiques

67. Louveaux, J., *Composition, propriétés et technologie du miel. In traité de biologie de l'abeille*, Tome 3: les produits de la ruche, Sect l'abeille et la fleur, Masson et CIE ed, Paris. 1968, 277-318.
68. Gharbi, M., *Les produits de la ruche: origines-fonctions naturelles-composition-propriétés thérapeutiques: apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire*, 2011.
69. Lin, S.M., P.C. Molan, and R.T. Cursons, *The controlled in vitro susceptibility of gastrointestinal pathogens to the antibacterial effect of manuka honey*. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 2011. **30**(4): p. 569-574.
70. Al-Waili N.S. *An alternative treatment for pityriasis versicolor, tinea cruris, tinea corporis and tinea faciei with topical application of honey, olive oil and beeswax mixture: an open pilot study*. *Complementary Therapies in Medicine*, 2004, (12), 45-47.
71. Jassbi, A.R., *Chimie et activité biologique des métabolites secondaires dans Euphorbe d'Iran*. ScienceDirect, 2006.
72. Ozenda, P., *Flore et végétation du Sahara*. Ed. CNRS, (3^{ème} édition augmentée), 1991, Paris, P.
73. Sousa, J.M., et al., *Polyphenolic profile and antioxidant and antibacterial activities of monofloral honeys produced by Meliponini in the Brazilian semiarid region*. *Food Research International*, 2016. 84: p. 61-68.
74. Abderrahim, L.A., et al., *Euphorbia honey and garlic: Biological activity and burn wound recovery*. *Burns*, 2019. 45(7): p. 1695-1706.
75. Santo, M.d., C.V. Nunez, and H.D. Moya, *A new method for quantification of total polyphenol content in medicinal plants based on the reduction of Fe (III)/1, 10-phenanthroline complexes*. *Adv Biol Chem*, 2013. 3: p. 525-535.