

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1955- سكيكدة
UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



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

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Biochimie Appliquée

Intitulé :

**Caractérisation et évaluation des activités
biologiques de quelques miels de l'Est Algérien.**

Présenté Par :

Bouhouche Miyada, Sahli Asma, Boulainine Soumia & Alouane Asma.

Membre de Jury :

Mr. Djerrou Zouhir (Professeur)	Président	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda
Mr. Réggami Yassine (MCA)	Promoteur	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda
Mr. Bouzebda Abderrezak (MCB)	Examineur	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire 2022/2023

Remerciements

*Nous tenons en premier lieu à remercier **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, l'amour du savoir et surtout la patience pour achever ce modeste travail.*

*Nous remercions également **nos familles** pour les sacrifices qu'elles ont faites pour voir notre réussite.*

*Nous exprimons notre remerciement à notre promoteur **Dr. REGGAMI Yassine**, pour ses orientations, ses immenses contributions et sa disponibilité à toute heure pour mener à temps notre travail.*

*Nos sincères gratitudes s'adressent à **Pr. DJERROU Zouhir**, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de travail.*

*Nos remerciements vont également à **Dr. BOUZEBDA Abderrazek**, qui a aimablement accepté de juger et examiner notre mémoire.*

*Nous tenons évidemment à remercier l'ensemble des équipes des **laboratoires du hall technologique de l'université 20 août 1955-Skikda**, le personnel du **laboratoire d'Analyses Médicales de l'Hôpital Tamalous**, le personnel du **laboratoire de l'ONAB** et l'équipe de l'**institut Merdj-Eddib** pour leurs aides, leurs conseils et leur contribution active à notre travail.*

*Nous adressons de même nos remerciements à tous **Nos Enseignants du Département des Science de la Nature et de la Vie**.*

Enfin nous tenons à remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*À la personne la plus chère à mon cœur : **Ma mère**, des milliers mots ne suffisent pas pour t'exprimer mon profond amour pour toi, tu as été toujours une mère idéale. Je te demande pardon et encore une fois merci. Que ALLAH te protège et te procure santé et longue vie.*

*À la mémoire de **mon cher père**, que ALLAH t'accueille dans son vaste paradis. Et que ce travail soit la preuve modeste d'une reconnaissance infinie et d'un profond amour pour mes chers parents.*

*À mes chers frères : **Ahmed et Mohamed Sadek** qui, chaque jour, m'apportent la joie et le bonheur.*

*À **ma grand-mère et mon grand-père**, puisse ALLAH les garder et les protéger.*

*À tous les membres de **ma famille**, tous ceux que j'aime et qui m'aime.*

*À mes amies depuis mon enfance qui ont marché ensemble alors que nous ouvrons ensemble vers le succès et la créativité « **Imane, Chaima, Imane, Enfel, Ines** ».*

*À mon trinôme « **Soumia, Asma, Asma** ». Et à tous mes amis et mes collègues, que j'ai pu connaître lors de mon cursus universitaire.*

À tous mes proches et toutes celles que j'ai involontairement omis de citer et qui n'en demeurent pas moins chers. Et à tous ceux que ma réussite leur tient à cœur.

À tous ceux-là je dédie ce travail que je demande à ALLAH d'accepter.

Miyada



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*À ma **chère mère**, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

*À mon **cher père**, que le dieu lui garde dans son paradis, qui m'a quitté il y'a 20 ans, j'espère que tu es fier de moi. À jamais vivant dans mon cœur.*

*À mon **cher grand père** que dieu ait pitié de lui, qui m'a toujours conseillé d'étudier et de rechercher la connaissance.*

*À mon **cher oncle Muhammad** le père de mon mari, que Dieu ait pitié de lui qui nous a quittés récemment, au paradis, j'ai toujours souhaité qu'il soit présent et qu'il soit fier de moi.*

*À mon **cher mari**, pour tes sacrifices, ton soutien moral et ta gentillesse, que dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein, que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.*

*À ma sœur de sang "**Ihcene**" et la sœur que la vie m'a offerte "**Ferdous**". Je vous adore tant leur bonté, leur générosité de cœur et leur aide si précieuse qui a rendu possible la soutenance de ce mémoire.*

À ma grande famille, mes amies et collègues et tous ceux et toutes celles que j'ai involontairement omis de citer et qui n'en demeurent pas moins chers Et à tous ceux que ma réussite leur tient à cœur.

À tous mes enseignants, je leurs exprime ma profonde gratitude.

À tous la promotion Biochimie Appliqué 2022-2023.

ASMA S.



Dédicaces

Avec l'expression de ma profonde reconnaissance, je dédie ce modeste projet de fin d'étude :

*Avant tout à mes chers parents **Alouane Djamel** et **Zouali Malika**, qui ont tout sacrifié pour mon bien-être et qui ont su m'encourager et me motiver tout le long de mon cursus étudiant, quoi que je dise je ne saurais les remercier comme il se doit.*

Ainsi à toutes mes sœurs qui m'ont toujours soutenue et poussée à aller de l'avant.

Sans oublier tous mes proches qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Une spéciale dédicace à mes amies et camarades avec qui j'ai partagé des moments pleins d'émotions et des souvenirs inoubliables.

ASMA A.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À ceux qui m'ont comblé d'affection et d'amour,

À ceux qui n'ont jamais cessé de se sacrifier pour mon avenir,

À ceux que je dois mon bonheur et mes joies, A mes très chers parents Abdelhafid et Rebiha,

À ma Chère sœur "Asma", et À mes très chers frères : Abdellali, Mohcen et DiyaaEddine.

À toute la famille : BOULAININE et KAHLOUCHE

À mes amies : Miyada, Manel, Asma, pour leur fidèle amitié et les bons moments passés.

SOUMIA



Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation du miel en Algérie et son objectif est de caractériser et d'évaluer certaines propriétés biologiques de sept échantillons de miel collectés dans différentes régions de l'Est Algérien (Skikda, Annaba, El-Tarf et Constantine). L'examen organoleptique a montré que la majorité de nos échantillons ayant une odeur florale, leur couleur varie entre le jaune pâle et le marron foncé, d'autre part, leurs saveurs sont appréciables. Les analyses physicochimiques ont révélé que les valeurs de nos échantillons sont incluses dans les normes fixés par le Codex Alimentaire; la teneur en eau effectuée par séchage et réfraction ont indiqué que les miels testés sont murs, Le taux de cendres, l'intensité de la couleur, la conductivité électrique et le potentiel hydrogène nous a permis de supposer que les échantillons analysés sont issus de nectar, à l'exception du miel E4. Les valeurs d'acidité libre témoignent de l'absence de fermentation de ces échantillons. Les valeurs de densité sont conformes à la norme internationale. La concentration des protéines des échantillons de miels étudiés oscille de 30,12 à 91,04 mg EBSA/100 g ; ces différences peuvent être expliquées par le fait que ces composés proviennent des sécrétions des abeilles ou des plantes (nectar, pollen) et diffèrent selon l'origine botanique du miel. Les dosages phytochimiques et du pouvoir antioxydant nous dévoilent qu'il y'a une bonne corrélation entre l'activité antiradicalaire, analysée par le test de DPPH, et le contenu en polyphénols des miels étudiés. De Plus, l'analyse pollinique qualitative, nous a permis de déterminer l'origine botanique de quelques échantillons. L'étude de l'activité antimicrobienne montre que les bactéries testées (*Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*) ont été sensibles, avec une certaine variabilité d'un échantillon de miel à l'autre et d'une souche à l'autre, le pouvoir antibactérien a été plus important pour les échantillons non dilués, et il a diminué avec les dilutions successives.

En conclusion, les analyses physico-chimiques et polliniques sont un bon moyen pour estimer la qualité du miel. L'amélioration qui peut être introduite au miel Algérien en général est d'inciter les apiculteurs à faire caractériser leurs miels par ces tests afin d'assurer que ces miels sont 100% naturels et sains et de les valoriser en tant que produits alimentaires et thérapeutiques.

Mots clés : Algérie, Analyses physicochimiques, Etude pollinique, Qualité du miel, Propriétés biologiques.

Abstract

This work is part of the valorization of honey in Algeria and its objective is to characterize and evaluate certain biological properties of seven samples of honey collected in different regions of eastern Algeria (Skikda, Annaba, El-Tarf and Constantine). The organoleptic examination showed that the majority of our samples having a floral smell, their color varies between pale yellow and dark brown, on the other hand, their flavors are appreciable. The physicochemical analyzes revealed that the values of our samples are included in the standards set by the Food Codex; the water content carried out by drying and refraction indicated that the honeys tested are ripe, the ash content, the intensity of the color, the electrical conductivity and the hydrogen potential allowed us to suppose that the analyzed samples are from nectar, with the exception of E4 honey. The free acidity values show the absence of fermentation in these samples. The density values are in accordance with the international standard. The protein concentration of the studied honey samples ranges from 30.12 to 91.04 mg EBSA/100 g; these differences can be explained by the fact that these compounds come from the secretions of bees or plants (nectar, pollen) and differ according to the botanical origin of the honey. The phytochemical and antioxidant power assays reveal that there is a good correlation between the anti-free radical activity, analyzed by the DPPH test, and the polyphenol content of the studied honeys. In addition, the qualitative pollen analysis allowed us to determine the botanical origin of some samples. The study of the antimicrobial activity shows that the tested bacteria (*Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*) were sensitive, with a certain variability from one sample of honey to another and from one strain to another, the antibacterial activity was greater for undiluted samples, and it decreased with successive dilutions.

In conclusion, physicochemical and pollen analyzes are a good way to estimate the quality of honey. The improvement that can be introduced to Algerian honey in general is to encourage beekeepers to characterize their honeys by these tests in order to ensure that these honeys are 100% natural and healthy and to promote them as food and therapeutic products.

Keywords: Algeria, Physicochemical analyses, Pollen study, Honey quality, Biological properties.

ملخص

هذا العمل يندرج في إطار ترمين العسل في الجزائر وهدفه هو توصيف وتقييم بعض الخصائص البيولوجية لسبع عينات من العسل تم جمعها في مناطق مختلفة من شرق الجزائر (سكيكدة، عنابة، الطارف وقسنطينة). أظهر الفحص الحسي أن غالبية عيناتنا لها رائحة زهرية، ويتفاوت لونها بين الأصفر الباهت والبني الغامق، ومن ناحية أخرى، نكهاتها ملحوظة. كشفت التحاليل الفيزيائية والكيميائية أن قيم عيناتنا مدرجة في المعايير التي حددها الدستور الغذائي؛ يشير المحتوى المائي الذي تم إجراؤه عن طريق التجفيف والانكسار إلى أن العسل المختبر ناضج، وأن محتوى الرماد وشدة اللون والناقلية الكهربائية والأس الهيدروجيني سمحت لنا بافتراض أن العينات التي تم تحليلها مصدرها من الرحيق، باستثناء عسل E4. تظهر قيم الحموضة الحرة عدم وجود تخمر في هذه العينات. قيم الكثافة متوافقة مع المعيار الدولي. يتراوح تركيز البروتين في عينات العسل المدروسة من 30.12 إلى 91.04 مجم EBSA / 100 جم. يمكن تفسير هذه الاختلافات من خلال حقيقة أن هذه المركبات تأتي من إفرازات النحل أو النباتات (الرحيق، حبوب اللقاح) وتختلف حسب الأصل النباتي للعسل. تكشف التحاليل الفيتوكيميائية والنشاطية المضادة للأكسدة أن هناك علاقة جيدة بين النشاط المضاد للجذور الحرة، الذي تم تحليله بواسطة اختبار DPPH، ومحتوى البوليفينول في العسل المدروس. بالإضافة إلى ذلك، سمح لنا التحليل النوعي لحبوب اللقاح بتحديد الأصل النباتي لبعض العينات. أظهرت دراسة النشاط المضاد للميكروبات أن البكتيريا المختبرة (*Escherichia coli*) و (*Pseudomonas aeruginosa*) كانت حساسة، مع تباين من عينة عسل إلى أخرى ومن سلالة إلى أخرى، وكان النشاط المضاد للبكتيريا أكبر بالنسبة للعينات غير المخففة، وانخفض مع التخفيفات المتتالية.

في الختام، تعد التحاليل الفيزيائية والكيميائية وتحاليل حبوب اللقاح طريقة جيدة لتقدير جودة العسل. التحسين الذي يمكن إدراجه على العسل الجزائري بشكل عام هو تشجيع النحالين على توصيف أعسالهم بهذه الاختبارات للتأكد من أنها طبيعية وصحية بنسبة 100٪ والترويج لها كمنتجات غذائية وعلاجية.

الكلمات المفتاحية: الجزائر، التحاليل الفيزيائية والكيميائية، دراسة حبوب اللقاح، جودة العسل، الخواص البيولوجية.

TABLE DES MATIERES

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

I : Synthèse bibliographique

1. Généralités sur le miel.....	3
1.1. Définition.....	3
1.2. Historique.....	3
1.3. Origine florale du miel	4
1.3.1. Miel de nectar.....	5
1.3.2. Miel du miellat.....	5
1.4. Différents types de miel	5
1.4.1. Miels monofloraux	5
1.4.2. Miels polyfloraux	6
1.5. Élaboration du miel par l'abeille	6
2. Composition biochimique du miel.....	7
2.1. Eau.....	8
2.2. Glucides.....	9
2.3. Acides.....	9
2.4. Acides aminés et protéines.....	9
2.5. Enzymes.....	9
2.6. Matières minérales ou cendres	9
2.7. Hydroxyméthylfurfural	10
2.8. Composés phénoliques	10
2.9. Vitamines.....	10
2.10. Pollen.....	10
3. Propriétés organoleptiques du miel	11
3.1. Couleur.....	11
3.2. Texture.....	11
3.3. Goût et arômes.....	11
4. Propriétés physicochimiques	11
4.1. Densité	11
4.2. Viscosité.....	12

4.3. Activité de l'eau.....	12
4.4. Teneur en eau.....	12
4.5. Conductivité électrique.....	12
4.6. Conductivité thermique.....	12
4.7. pH.....	12
4.8. Acidité.....	13
4.9. Indice de réfraction.....	13
5. Propriétés nutritionnelles, thérapeutiques et biologiques.....	13
5.1. Valeur alimentaire et diététique.....	13
5.2. Propriétés thérapeutiques.....	14
5.3. Propriétés antibactériennes.....	14
5.4. Propriétés antioxydantes.....	15

II : Matériel & Méthodes

1. Échantillonnage.....	17
2. Laboratoires d'accueil.....	18
3. Méthodes analytiques.....	18
3.1. Analyse sensorielle du miel.....	18
3.2. Analyses physicochimiques du miel.....	18
3.2.1. Détermination de la teneur en eau.....	18
3.2.2. Détermination de la teneur en cendres.....	19
3.2.3. Détermination de la teneur en matière sèche (en degrés Brix).....	20
3.2.4. Détermination de l'intensité de la couleur du miel.....	20
3.2.5. Détermination de la conductivité électrique.....	21
3.2.6. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH).....	21
3.2.7. Détermination de l'acidité libre.....	22
3.2.8. Détermination de la densité.....	23
3.2.9. Détermination de la teneur en protéines.....	24
3.3. Étude pollinique du miel.....	24
3.4. Évaluation de l'effet antioxydant de miel.....	25
3.4.1. Phénols totaux.....	25
3.4.2. Flavonoïdes totaux.....	25
3.4.3. Activité anti-radicalaire.....	26
3.5. Étude in vitro de l'effet antibactérien de miel.....	26
3.5.1. Préparation des différentes dilutions du miel.....	26
3.5.2. Choix des souches bactériennes.....	27

3.5.3. Préparation de l'inoculum	27
3.5.4. Ensemencement des boites de Pétri	27
3.5.5. Méthode de diffusion par disque (aromatogramme).....	27
3.5.6. Méthode de diffusion en puits.....	28
3.5.7. Incubation et lecture de résultats.....	29

III. Résultats & Discussion

1. Paramètres sensoriels du miel	31
2. Paramètres physicochimiques du miel.....	32
2.1. Teneur en eau (%).....	32
2.2. Teneur en cendres	34
2.3. Teneur en matière sèche	35
2.4. Conductivité électrique	35
2.5. Intensité de la couleur Abs450.....	36
2.6. Potentiel d'hydrogène (pH)	36
2.7. Acidité libre.....	37
2.8. Densité	37
2.9. Teneur en protéines.....	38
3. Étude pollinique du miel	39
4. Dosages phytochimiques et pouvoir antioxydant du miel	41
4.1. Phénols totaux	41
4.2. Flavonoïdes totaux	42
4.3. Activité anti-radicalaire.....	43
5. Étude in vitro de l'effet antibactérien de miel.....	44
5.1. Méthode de diffusion par disque (aromatogramme)	44
5.2. Méthode de diffusion en puits	44
6. Analyse statistique	45
6.1. Statistiques descriptives	45
6.2. Corrélation entre les paramètres physicochimiques, phytochimiques et du pouvoir antioxydant de miel.....	46
Conclusion et perspectives	48

Références bibliographiques

Annexes

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Miel naturel des agrumes.....	3
Figure 2 :	Peinture rupestre des relations Homme-abeille sur les parois de la grotte de l'Araignée.....	3
Figure 3 :	Exemple de localisation des nectaires sur une plante.....	5
Figure 4 :	Morphologie de l'abeille.....	6
Figure 5 :	Composition moyenne du miel.....	7
Figure 6 :	Structure de de l'hydroxyméthylfurfural (HMF).....	10
Figure 7 :	Échantillons des miels étudiés.....	17
Figure 8 :	Détermination du taux d'humidité par séchage.....	19
Figure 9 :	Capsules contenant les échantillons de miel dans le four à moufle.....	20
Figure 10 :	Évaluation de l'intensité de la couleur du miel par spectrophotométrie.....	21
Figure 11 :	Mesure de la conductivité électrique du miel.....	21
Figure 12 :	Estimation du potentiel d'hydrogène (pH) du miel.....	22
Figure 13 :	Détermination de l'acidité libre du miel.....	23
Figure 14 :	Mesure de la densité du miel.....	23
Figure 15 :	Schéma de préparation du pollen du miel pour l'analyse melisso-palynologique.....	24
Figure 16 :	Analyse pollinique du miel.....	25
Figure 17 :	Préparation des différentes dilutions du miel.....	26
Figure 18 :	Ensemencement de la suspension bactérienne par écouvillonnage.....	27
Figure 19 :	Stérilisation des disques dans l'autoclave.....	28
Figure 20 :	Réalisation des puits.....	28
Figure 21 :	Taux d'humidité des échantillons de miel obtenu par séchage.....	33
Figure 22 :	Teneur en eau des échantillons de miel obtenu par réfraction.....	33
Figure 23 :	Teneur en cendres des échantillons de miel.....	34
Figure 24 :	Teneur en matière sèche des échantillons de miel.....	35
Figure 25 :	Conductivité électrique des échantillons de miel.....	35
Figure 26 :	Intensité de la couleur Abs450 des échantillons de miel.....	36
Figure 27 :	pH des échantillons de miel.....	36
Figure 28 :	Acidité libre des échantillons de miel.....	37
Figure 29 :	Densité des échantillons de miel.....	38
Figure 30 :	Teneurs en protéines des miels analysés.....	38
Figure 31 :	Origine végétale des différents pollens trouvés dans les échantillons de miel.....	40
Figure 32 :	Teneur en polyphénols totaux des miels analysés.....	41
Figure 33 :	Teneur en flavonoïdes totaux des miels analysés.....	42
Figure 34 :	Pourcentage de réduction du DPPH par les différents miels étudiés.....	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition chimique moyenne des miels européens.....	8
Tableau 2 : Identification des miels analysés.....	17
Tableau 3 : Analyse organoleptique des échantillons de miels avec les nombres de dégustateurs.....	32
Tableau 4 : Pollens déterminés dans les échantillons de miel	39
Tableau 5 : Statistiques descriptives.....	45

LISTE DES ABRÉVIATIONS

°C : Degré Celsius

Abs : Absorbance

AMX: Amoxicilline

Ca : Calcium

CN : Gentamicine

Cu : Cuivre

E: Erythromycine

Fe: Fer

g : Gramme, Unité de masse.

h : Heure

I : Intermédiaire

J/kg : Joule par kilogramme

Kg : Kilogramme

M: Molarité

mAU : Unité de masse atomique unifiée

méq : Milliéquivalent

mg : Milligramme

min : Minute

ml : Millilitre

mm : Millimètre

Mn: Manganèse

mS : Millisiemens

Na: Sodium

nm : Nanomètre

Of: Ofloxacin

P : Poids

pH : Potentiel hydrogène

R : Résistante

S : Sensibilité

V: Volume

VA: Vancomycine

α: Alpha, est la première lettre de l'alphabet grec.

β : Bêta, est la deuxième lettre de l'alphabet grec.

μl : Microlitre

Introduction

Le miel, Cette substance précieuse, fournie par la nature est connue et utilisée par l'homme depuis l'Antiquité. Ce produit noble constitue une source abondante de matières sucrées, c'est un assemblage complexe, due de l'interaction entre les plantes mellifères butinées, le sol et les systèmes métaboliques associés à la singularité génétique des abeilles de l'espèce *Apis mellifera* (Viel et Doré, 2003).

Le miel est reconnu par la science, comme étant un remède pour de nombreux maux qui touchent l'être humain. Et notre Saint Coran mentionne ses bienfaits dans la sourate Les abeilles (*Nahl*) : « [Et voilà] ce que ton seigneur enseigna aux abeilles : « Prenez des demeures dans les montagnes, les arbres et les treillages que les hommes font * Puis mangez de toute espèce de fruits, et suivez les sentiers de votre Seigneur, rendus faciles pour vous. De leur ventre, sort une liqueur, aux couleurs variées, dans laquelle il y a une guérison pour les gens. Il y a vraiment là une preuve pour les gens qui réfléchissent*. » Traduction au français des [Versets 68 et 69 de la sourate Les abeilles](#). De même, la Sunna vient confirmer des vertus bénéfiques du miel pour nous soigner.

Actuellement, le miel est de plus en plus utilisé dans l'industrie comme source peu coûteuse d'édulcorant pour former des produits sans aucun effet secondaire. Il a été redécouvert comme agent antioxydant, anti-inflammatoire et antibactérien dans de nombreux produits qui peuvent être préparés à partir du miel avec sa richesse nutritionnelle et ses bienfaits potentiels pour la santé. Cette capacité antioxydante du miel joue un rôle important dans ses effets bénéfiques et est associée à une variété de composés, notamment des composés phénoliques, des peptides, des acides organiques et des enzymes ([Adgaba et al., 2020](#)).

La production de miel en Algérie est encore faible par rapport aux potentiels mellifères que le pays possède, à savoir la diversité végétale et les conditions climatiques favorables aux abeilles ainsi que les ressources naturelles très variées des zones rurales du littoral.

Dans ce contexte global et vu les propriétés nutritionnelles ainsi que thérapeutiques du miel; notre travail s'inscrit dans le cadre d'une contribution à l'étude de la qualité de sept variétés de miels provenant de quelques régions de l'Est Algérien et leur caractérisation en se basant sur l'évaluation organoleptique, les analyses physico-chimiques (Teneur en eau, contenu en matière sèche, densité, acidité, pH, conductibilité électrique, teneur en cendres, teneur en polyphénols et en flavonoïdes...), l'étude pollinique « la mélisso-palynologie» afin de déterminer l'origine botanique et géographique de ces miels et enfin l'évaluation de quelques effets biologiques du miel à savoir ses effets : antioxydant et antibactérien.

I : Synthèse bibliographique

1 Généralités sur le miel

1.1 Définition

Le *Codex Alimentarius* (1993) définit le miel (**Figure 1**) comme étant la substance naturelle sucrée produite par les abeilles *Apis Mellifera* (**Figure 4**) à partir du nectar des plantes ou à partir des sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou à partir d'excrétions d'insectes laissées sur les parties vivantes de plantes, que les abeilles butinent, transforment en les combinant avec des substances spécifiques qu'elles sécrètent elles-mêmes, déposent, déshydratent, emmagasinent et laissent affiner et mûrir dans les rayons de la ruche.



Figure 1 : Miel naturel des agrumes.

1.2 Historique

La plus ancienne représentation des relations Homme-abeille (**Figure 2**) date de la période du Néolithique : elle concerne une peinture rupestre datant de 7 000 ans avant Jésus Christ, trouvée sur les parois d'une grotte espagnole "grotte de l'Araignée" (*cueva d'aralia*) de la région de Valence, montrant une silhouette humaine pratiquant la récolte du miel.



Figure 2 : Peinture rupestre des relations Homme-abeille sur les parois de la grotte de l'Araignée.

On lui reconnaît aussi depuis la plus haute antiquité des propriétés médicinales préventives et curatives qui ont été longtemps utilisées empiriquement :

- Dès 2700 avant J.c., des tablettes d'argile mésopotamiennes mentionnent le miel non pas comme un aliment, mais comme un médicament.
- Mille ans plus tard, le papyrus d'Ebers écrit à Thèbes, donne la formule d'un mélange de miel et de pain de Saint Jean indiqué comme médicament propre à la diurèse.
- Les égyptiens connaissaient bien le miel dont ils se servaient mélangé à de la propolis pour embaumer leurs morts. Ils l'utilisaient également pour panser les blessures et pour soigner les yeux.
- A Babylone, des textes médicaux assyriens font état de l'utilisation du miel en friction : "Tu froteras la bouche du malade avec du miel et du beurre purifié".
- Les philosophes grecs Démocrite et Pythagore, affirmaient que leur exceptionnelle longévité était due à leur consommation régulière de miel.
- Lors des jeux Olympiques les athlètes buvaient de l'eau miellée pour recouvrer rapidement leurs forces.
- Les médecins hindous déclaraient, il y a 5000 ans que les hommes ne s'alimentant que de lait et de miel pouvaient vivre 500 ans.
- Hippocrate (460-377 avant J.c.), père spirituel de la médecine, conseillait le miel dans le but de prolonger l'existence dans toute sa vigueur. Il faisait du miel un fortifiant de la vue et des organes sexuels, un remède contre les douleurs d'oreille et un cicatrisant efficace des plaies de toutes sortes.
- Nikandros de Colophon (135 avant J.c.) donne des formules à base de miel : ce sont les fameuses thériaques.
- Les armées napoléoniennes transportaient dans leurs campagnes du miel afin de soigner les soldats blessés.

Finalement, le miel est le premier aliment sucré de l'histoire avant la découverte de la canne à sucre (Viel et Doré, 2003).

1.3 Origine florale du miel

Les abeilles produisent le miel à partir du nectar recueilli dans les fleurs au niveau de petites glandes végétales nectarifères se situant le plus souvent au fond de la corolle (**Figure 3**), ou à partir du miellat recueilli sur les plantes. Donc d'après leurs origines botaniques les miels peuvent être classifiés en deux types ; miel de nectar et miel de miellat (Sanz *et al.*, 2005).

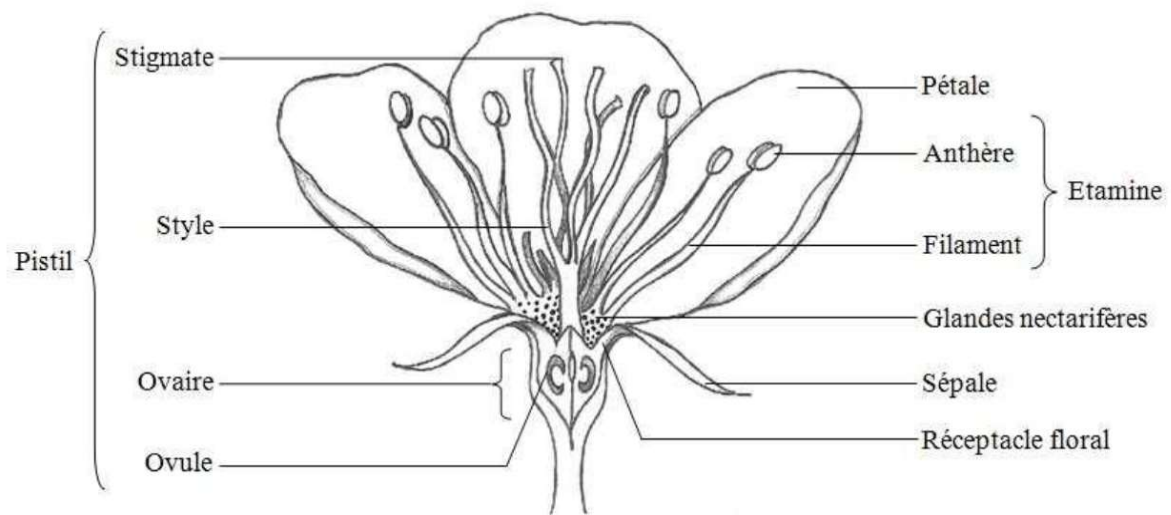


Figure 3 : Exemple de localisation des nectaires sur une plante (Lequet, 2010).

1.3.1 Miel de nectar

Le nectar est un liquide sucré et mielleux, il se produit à la surface des parties végétales spéciales appelés nectaires (Ouchemoukh, 2012). Le nectar est essentiellement la source de sucre pour les abeilles. En fait, le nectar est une solution sucrée plus ou moins concentrée de 5 % à 80 %, composée de trois principaux sucres (saccharose, glucose et fructose). Les proportions de ces trois sucres varient d'une plante à une autre et influent sur la qualité de miel. En plus des sucres, il en existe d'autres constituants tels que des acides aminés (0,05 %), des minéraux (0,02 à 0,45 %), de petites quantités d'acides organiques, des vitamines et des composés aromatiques (Bonté et Desmoulière, 2013).

1.3.2 Miel du miellat

Le miellat est obtenu à partir d'excrétion d'insectes suceurs de sève tels que les pucerons ou à partir des sécrétions de divers arbres ou arbustes : sapin, mélèze, épinette, pin, cèdre, érable, chêne, tilleul et grains dont le maïs. Ce miellat est un liquide épais et visqueux, diffère de nectar par sa composition. Les miels de miellat sont caractérisés par une forte saveur, une couleur très foncée et une cristallisation très lente, il renferme près de 70 % de substances azotées et de dextrines (Dawney et al., 2005). Leur production est sous la dépendance de nombreux facteurs écologiques : sol, microclimat, insectes (Hoyet, 2005).

1.4 Différents types de miel

Les miels peuvent être divisés en deux groupes : Miels monofloraux et Miels polyfloraux.

1.4.1 Miels monofloraux

Les miels monofloraux sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant d'une seule espèce végétale et cela nécessite d'installer les ruches à proximité de la plante recherchée. De tels miels sont exceptionnels, car il est rare que l'abeille ne butine qu'une seule espèce mellifère. Donc

les miels unis floraux naturels sont provenant d'une plante déterminée mais non à 100% (Rossant et Desmouliere, 2011).

1.4.2 Miels polyfloraux

Ces miels sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant de plusieurs espèces végétales. Pour valoriser leurs spécificités et permettre au consommateur de reconnaître leurs caractères dominants, les apiculteurs indiquent leurs origines géographiques ; celle-ci indique soit l'aire de production, région, département, massif,...etc. (Rossant et Desmouliere, 2011).

1.5 Élaboration du miel par l'abeille

Les abeilles appartiennent à l'ordre des Hyménoptères qui regroupent 20000 espèces. Toutes collectent du nectar et du pollen, s'en nourrissent et participent sans relâche à la pollinisation des plantes et au maintien des équilibres naturels. C'est l'abeille mellifère (**Figure 4**) et ses races que l'on retrouve un peu partout à travers le monde, car c'est la plus intéressante à élever, c'est elle qui assure les meilleurs rendements. De nombreux rôles sont définis à l'intérieur de la ruche comme gardiennes, ouvrières, butineuses... Chaque abeille accomplira au cours de sa vie toutes ces fonctions.

Une butineuse effectue entre 20 et 50 voyages par jour, chacun demandant environ 15 minutes. Le rayon d'action moyen se situe entre 500 mètres et 2 kilomètres, d'où l'importance, en plus des conditions climatiques et de la nature du sol, de la végétation des alentours du rucher.

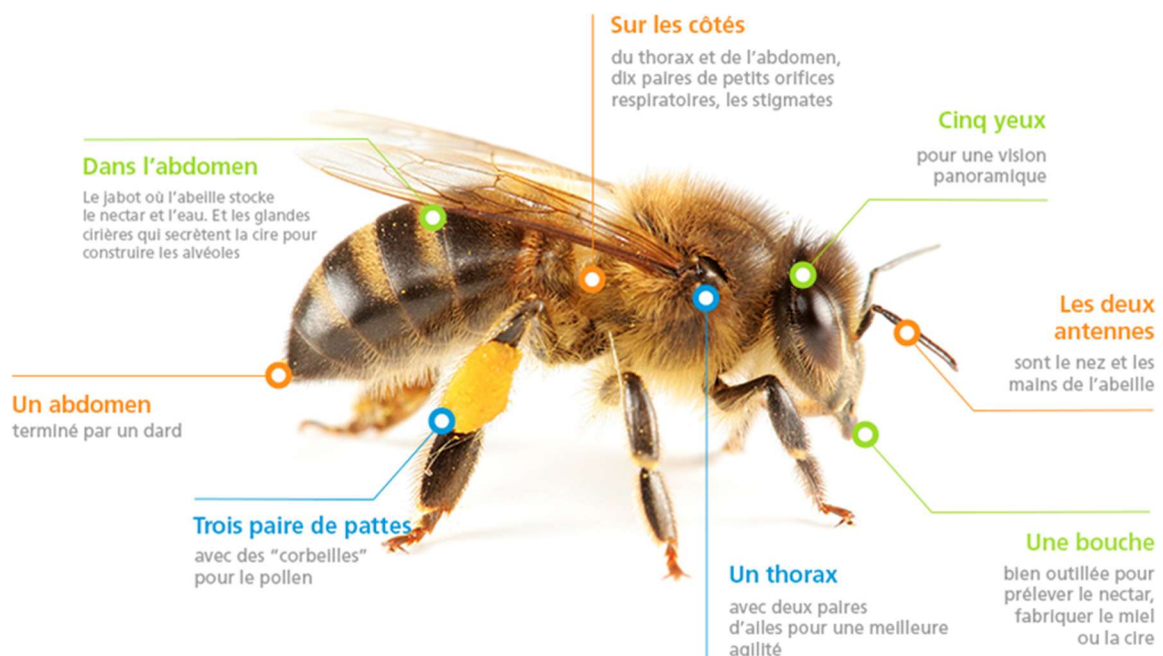


Figure 4 : Morphologie de l'abeille.

L'abeille butineuse plonge dans la fleur afin de puiser son nectar, et le conserve dans son jabot, où commence alors la transformation du nectar en miel. En effet, dès son passage dans le tube digestif, le nectar subit des modifications sous l'action d'enzymes, dont l'invertase qui clive les molécules de saccharose en sucres simples (glucose, fructose, maltose). De retour à la ruche,

la butineuse transfère le nectar « pré digéré » à des abeilles ouvrières qui vont par trophallaxie, compléter et achever la transformation commencée, avant d'aller dégorger ce liquide dans les alvéoles de cires disponibles. Ainsi, au fil des échanges entre les abeilles, la composition de la miellée évolue : sa teneur en eau s'abaisse tandis que sa concentration en sucres augmente, elle s'enrichit en substances salivaires, notamment en enzymes (invertase, diastase, glucose-oxydase), d'autre part, les abeilles ventileuses vont créer un flux d'air afin de déshumidifier progressivement le futur miel. Lorsqu'il atteint la teneur en eau souhaitée, 17 % en moyenne, pour environ 83% de sucres, les abeilles ferment les alvéoles par un opercule de cire [Loubreau-callen et al., 1999](#)).

2 Composition biochimique du miel

La composition du miel varie en fonction de nombreux facteurs, mais il est principalement composé de sucres naturels divers, essentiellement du fructose et du glucose (75-80 %), d'eau (15-20 %) et environ de 1-5 % de composés mineurs (**Figure 5**) dont les acides, les protéines, les acides aminés, les enzymes, les flavones, les minéraux, les pigments, les vitamines et les éléments figurés (grains de pollen, spores diverses, levures), la fraction volatile responsable de l'arôme, etc.

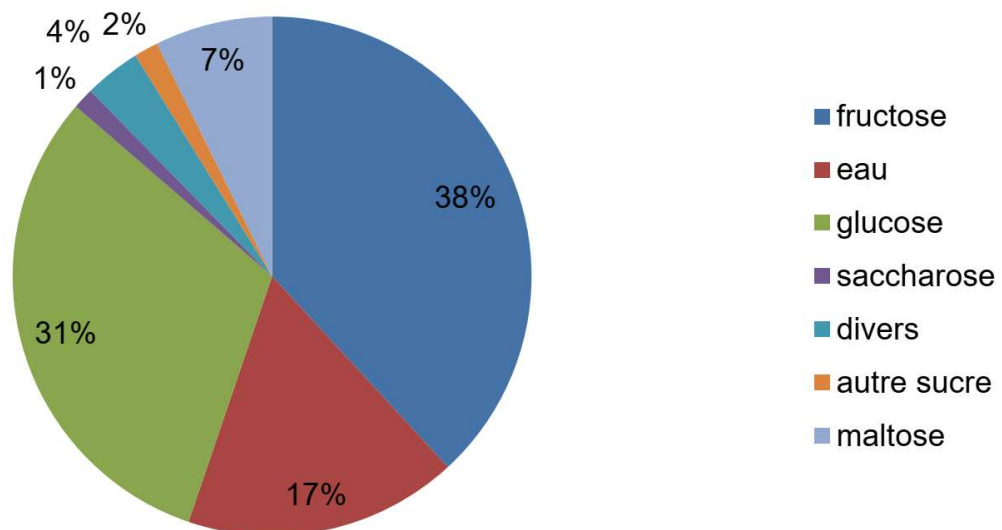


Figure 5 : Composition moyenne du miel ([Bruneau, 2002](#)).

[Hoyet \(2005\)](#) résume parfaitement les résultats des différents travaux relatifs à la composition moyenne des miels européens **Tableau 1**

Tableau 1 : Composition chimique moyenne des miels européens (Hoyet, 2005).

Composition	Pourcentage total	Type de composés	Principaux composants
Eau	15 à 20% (moyenne 17%)		
Hydrates de carbone	75 à 80 %	Monosaccharides	Glucose (33%) Fructose (39%)
		Disaccharides	Maltose (0,9%), Isomaltose, Saccharose (2,3%)
		Polysaccharides	Erlose, Raffinose, (mélézitose), (kojibiose), (dextrantriose), (mélébiose)
Substances diverses	1 à 5 %	Acides (0,1 à 0,5%)	Gluconique (0,1 à 0,4 %), (maléique), (succinique), (oxalique), (glutamique), (pyroglutamique), (citrique), (glucuronique), formique (0,01 à 0,05%)
		Protéines et acides aminés (0,2 à 2%)	Matières albuminoïdes, matières azotées, (proline), (tyrosine), (leucine), (histidine), (alanine), (glycine), (méthionine), (acide aspartique)
		Vitamines	B,C, (A,D,K)
		Enzymes provenant des glandes hypopharyngiennes	Amylases α et β , gluco-invertase, glucose oxydase
		Enzymes provenant du nectar	(Catalase), (amylases), (phosphatases acides)
		Minéraux	K, Ca, Na, Mg, Mn, Fe, Cu, (Co, B, Si, Cr, Ni, Au, Ag, Ba, P, Cs)
		Arômes	
Arômes		Esters	Méthylantranlylates, acétates, méthyléthylcétone...
		Aldéhydes et acétone	Formaldéhyde, acétaldéhyde...
		Alcools	Méthanol, éthanol, isobutanol, 2-phényléthanol...
Flavones			Flavanol, catéchine, quercétine
Lipides	Traces	Acides gras	(Acides palmitique, butyrique, caprique, caproïque, valérique)
Les substances indiquées entre parenthèses sont à l'état de traces; les % sont donnés par rapport au poids total du miel			

2.1 Eau

L'eau est l'un des composants les plus importants du miel. Il provient du nectar butiné par les abeilles. La teneur en eau, est un paramètre lié au degré de maturité, il est responsable de la stabilité du miel lors de l'entreposage. Elle est largement inférieure à 20 %. On la trouve comprise entre 17 et 19 % (Laurent, 2005). La teneur en eau du miel dépend des conditions environnementales et de la période de récolte, et il peut varier d'une année à une autre (Acquarone et al., 2007).

2.2 Glucides

En général, le miel est une solution sursaturée en sucres ; c'est le principal constituant du miel, représentant environ 90 à 95 g/100g de matière sèche ; ils sont produits par les abeilles à partir du nectar, qui est transformé par l'action de plusieurs enzymes (Mora et Marioli, 2001). Il existe une quinzaine de sucres, mais ils ne sont pas tous présents en même temps (Laurent, 2005). On trouve des monosaccharides (glucose et fructose) qui représentent 85% à 95% des sucres du miel mais c'est le fructose (lévulose) qui est presque toujours dominant, avec une teneur de 38% du poids du miel, tandis que la teneur en glucose est de 31%. On y trouve également du saccharose (1,5%) et du maltose (7,5%) ainsi que d'autres sucres présents à l'état de traces (Emmanuelle *et al.*, 1996).

2.3 Acides

Tous les miels ont une réaction acide. La plupart des acides organiques contenus dans le miel proviennent du nectar ou des transformations effectuées par les abeilles. L'acide gluconique dérivé du glucose prédomine. Il existe également plus de 20 types d'acides organiques, dont certains volatiles, comme les acides acétique, citrique, lactique, malique, oxalique, butyrique, pyroglutamique et succinique. D'autres composés, comme les lactones, dont la présence est constante, possèdent également des fonctions acides (Huchet *et al.*, 1996).

2.4 Acides aminés et protéines

Les protides sont présents en faible quantité (0,26 %) et la teneur en azote est négligeable (de l'ordre de 0,041%). Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines et de nucléoprotéines issues de végétaux (nectar, grains de pollen) ou de sécrétions d'abeilles. Il existe également des traces d'acides aminés, tels que la proline, la trypsine, l'histidine, l'alanine, la glycine, la méthionine, etc. La proline est l'acide aminé le plus abondant dans le miel (Meda *et al.*, 2005).

2.5 Enzymes

On retrouve dans le miel : l'invertase, l' α -amylase, la β -amylase, l' α -glucosidase et la glucose-oxydase, qui catalyse la conversion du glucose en acide gluconique et de l'eau oxygénée, ainsi que la diastase, qui est responsable de la dégradation de l'amidon en sucres plus simples. Le miel contient aussi une catalase et une phosphatase. Ces enzymes sont détruites par un chauffage exagéré du miel, qu'il y a donc lieu d'éviter si on veut bénéficier de leur action. Ainsi, leur dosage permet de détecter les fraudes liées au chauffage du miel (Huchet *et al.*, 1996).

2.6 Matières minérales ou cendres

Les miels ont une teneur en cendres inférieure à 1 % (elle est en général de l'ordre de 0,1 %). On y trouve, dans l'ordre d'importance, du potassium, du calcium, du sodium, du magnésium, du cuivre, du manganèse, du chlore, du phosphore, du soufre et du silicium

ainsi que plus de trente oligo-éléments. Leur teneur dépend des plantes visitées par les abeilles ainsi que du type de sol sur lequel elles poussent (Emmanuelle *et al.*, 1996).

2.7 Hydroxyméthylfurfural

L'hydroxyméthylfurfural (HMF) (**Figure 6**) est un excellent indicateur de fraîcheur du miel. Cette molécule apparaît au cours du processus de son vieillissement naturel. Ce processus est accéléré si les miels sont chauffés ou s'ils sont très acides. L'analyse de la quantité d'HMF est donc une excellente méthode pour apprécier la qualité d'un miel : son vieillissement et son chauffage (Deschamps, 1998).

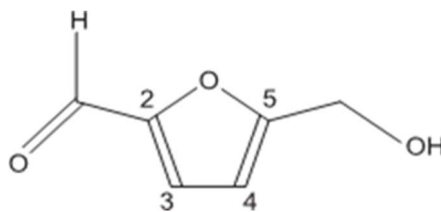


Figure 6 : Structure de l'hydroxyméthylfurfural (HMF) (Kowalski *et al.*, 2013).

2.8 Composés phénoliques

Les composés phénoliques (flavonoïdes, flavonols,...) proviennent de la propolis, du nectar ou du pollen et sont responsables de la coloration du miel. Les flavonoïdes possèdent des propriétés antioxydantes très intéressantes car ils participent à la neutralisation des radicaux libres de l'organisme. La quantité et le type de flavonoïdes varient selon la source florale. En règle générale, plus les miels sont foncés, plus ils sont riches en flavonoïdes. Parmi les flavonoïdes retrouvés dans le miel, il y a la pinocembrine, la pinobanskine, la chrysin, la galangine, la quercétine, la lutéoline et le kaempférol (Lachman *et al.*, 2010).

2.9 Vitamines

Le miel contient une quantité infime de vitamines, essentiellement des vitamines du groupe B provenant des grains de pollen en suspension.

Le miel de menthe (*Mentha aquatica*) a la particularité de contenir de la vitamine C (ou acide ascorbique). Les vitamines du miel sont d'autant mieux conservées que le pH est faible (Bonté *et Desmoulière*, 2013).

2.10 Pollen

Les grains de pollen sont de petits éléments sphériques ou ovoïdes de taille oscillant entre 20 et 40 microns, contenus dans les sacs polliniques des anthères de la fleur (**Figure 3**). Ils constituent les gamètes mâles des végétaux supérieurs. Il existe de nombreux types de pollens, tout autant que de fleurs différentes (Donadieu, 1987). Le pollen constitue la base de l'alimentation des abeilles car représente leur seul apport protéinique et permet la pérennité de la ruche. Les ouvrières nourrissent

le couvain avec le pollen récolté et les larves sont nourries à partir d'un mélange de miel et de pollen plusieurs dizaines de fois par jour (Kaoudji *et al.*, 2020). Le pollen est introduit involontairement dans le miel par les abeilles qui le porte sur leurs fourrures, leurs pièces buccales et sur leurs pattes. L'origine botanique du miel peut être identifiée par une observation microscopique des grains de pollen (Nair, 2014).

3 Propriétés organoleptiques du miel

Les propriétés organoleptiques peuvent varier en fonction du type de miel et de la région où il est produit.

3.1 Couleur

Selon son origine florale et géographique, le miel peut prendre différentes couleurs. Il existe des miels aussi clairs que l'eau, jaunes, ambrés, verts, rouges et certains presque noirs (Hoyet, 2005). Le miel foncé a généralement un goût plus prononcé et sa teneur en sels minéraux est élevée ; le miel clair a une saveur plus délicate (Bradbear, 2005). Les pigments responsables de la coloration des miels sont principalement les caroténoïdes et les flavonoïdes (Irina *et al.*, 2010).

3.2 Texture

La texture du miel peut varier en fonction de la teneur en eau et de la cristallisation. Ainsi les miels peuvent être liquides, crémeux, visqueux ou même granuleux (François, 2017). Les miels liquides ont une teneur en eau plus élevée et sont plus fluides, tandis que les miels crémeux ont une teneur en eau plus faible et sont plus épais.

3.3 Goût et arômes

Selon la source florale, le miel peut prendre de nombreuses saveurs et arômes différents. Elles sont végétales, florales ou fruitées, puissantes ou impuissantes, délicates, lourdes, etc (CARI, 2018). La plante mellifère dominante confère au miel une odeur qui lui est spécifique. En principe, cette odeur permettrait de reconnaître l'origine botanique du miel (Mahouachi, 2008). L'odeur de fumée ou de fermentation est un défaut du miel (Fredot, 2009).

4 Propriétés physicochimiques

4.1 Densité

La densité d'un miel homogène est le rapport de la masse volumique de ce miel au nombre décimal de la masse volumique de l'eau pure à 4°C. Le miel a une densité relativement élevée qui varie entre 1,40 et 1,45 g/cm³ (Bogdanov *et al.*, 2003). C'est une donnée très utile pouvant être utilisée pour mesurer la teneur en eau des miels. On peut admettre une moyenne de 1,4225 à 20°C (Emmanuelle *et al.*, 1996).

4.2 Viscosité

La viscosité du miel est conditionnée essentiellement par sa teneur en eau, sa composition chimique et la température à laquelle il est conservé ; par ailleurs, les sucres contenus dans le miel peuvent cristalliser en partie sous l'influence de certains facteurs (Température, agitation, composition chimique), entraînant alors une modification complète de son aspect physique mais sans rien changer à sa composition chimique (Donadieu, 1984).

Plus la teneur en glucose est élevée, plus rapide sera la cristallisation du miel, les miels avec plus de 28 % de glucose se cristallisent très rapidement, mais aussi, plus la concentration en fructose par rapport à celle du glucose (rapport fructose/glucose) est élevée, plus la cristallisation est lente. En principe, le miel reste liquide au-dessus d'un rapport fructose/glucose proche de 1,3 (Bogdanov, 1999).

4.3 Activité de l'eau

L'activité de l'eau (a_w) est le facteur le plus décisif pour la conservabilité d'une denrée alimentaire. L'influence de la composition du miel sur la valeur a_w a été étudiée dans les travaux de Ruegg et Blanc (1981). Les valeurs a_w du miel varient entre 0,55 et 0,75 (Bogdanov et al., 1995). Les miels ayant une $a_w < 0,60$ peuvent être, du point de vue microbiologique, qualifiés de stables. Bien que l'activité de l'eau soit un facteur de qualité important, on ne la détermine que rarement (Bogdanov et al., 2003).

4.4 Teneur en eau

La teneur en eau du miel varie entre 14% et 25%. La valeur optimale est d'environ 17 %, car un miel trop épais est difficile à extraire et à conditionner, tandis qu'un miel trop liquide et riche en eau présente un risque de fermentation.

4.5 Conductivité électrique

La conductivité électrique est un bon critère pour déterminer l'origine botanique du miel (Terrab et al., 2003). Elle permet de distinguer aisément entre les miels de miellat et ceux des fleurs, les premiers ayant une conductibilité bien plus élevée que les seconds (Emmanuelle et al., 1996). Cette mesure dépend de la teneur en minéraux et de l'acidité du miel ; plus elles sont élevées, plus la conductivité correspondante est élevée (Bogdanov et al., 2001).

4.6 Conductivité thermique

La conductivité thermique est une mesure du transfert de chaleur. Elle est également connue sous le nom d'indice de chaleur. Le miel a une faible conductivité de chaleur (Bogdanov et al., 1995).

4.7 pH

La mesure de l'acidité est donnée par la valeur du pH, plus la solution est acide, plus la valeur du pH est faible. Le pH est l'un des facteurs utilisés pour expliquer la survie et le développement des

micro-organismes (Terrab *et al.*, 2003). Le pH du miel varie entre 3,2 et 5,5. Il est généralement inférieur à 4 dans les miels de nectar, supérieur à 5 dans ceux de miellat. Les miels à pH bas se dégradent plus facilement, il faudra alors prendre un soin particulier à leur conservation (Gonnet *et Vache*, 1985).

4.8 Acidité

L'acidité provient des acides organiques présents dans le miel et également de sa fermentation. Les miels naturels contiennent des levures et champignons microscopiques responsables de fermentations alcooliques. Ces microorganismes proviennent du nectar, mais également de pollutions accidentelles dues aux abeilles ou intervenant après la récolte (Louveaux, 1985). Ces fermentations peuvent intervenir lorsque plusieurs facteurs favorables sont réunis :

- Une teneur en eau du miel supérieure à 18% ;
- La présence de levures vivantes en quantité suffisante ;
- Une température voisine de 16°C, et comprise de toute façon entre 10 et 25°C (Gonnet, 1982).

Le miel qui fermente dégage des bulles de gaz carbonique ; sa surface se soulève, son goût change, et il n'est plus commercialisable (Prost, 1987).

4.9 Indice de réfraction

L'indice de réfraction est une propriété optique qui caractérise toute substance transparente. Elle est en fonction de la teneur en eau et de la température. Le miel a un indice de réfraction plus élevé en raison de sa faible teneur en eau (Ravazzi, 2007).

5 Propriétés nutritionnelles, thérapeutiques et biologiques

5.1 Valeur alimentaire et diététique

Le miel est un aliment glucidique à haute valeur énergétique (320 calories/100 g ou 13400 J/kg) ; il est composé essentiellement d'un couple d'hexoses :

- ✓ Le glucose, qui est assimilé directement ;
- ✓ Le fructose, qui est assimilé après une légère conversion.

Ce produit présente aussi l'avantage de contenir des sels minéraux ainsi que des substances aromatiques qui rendent sa consommation plus agréable. Le miel est un aliment très favorable à la croissance des jeunes enfants (Jean-Prost *et Le Conte*, 2005), Il convient aux personnes âgées et aux sportifs.

De par sa richesse en éléments biologiques, le miel peut être introduit dans certains régimes alimentaires mais il n'est pas considéré comme un aliment complet car il est pauvre en protéides, en lipides, et en vitamines (Blasa *et al.*, 2006).

5.2 Propriétés thérapeutiques

Le miel est connu pour avoir des propriétés thérapeutiques bénéfiques pour la santé humaine depuis des milliers d'années. Les constituants mineurs du miel lui confèrent des propriétés médicinales indéniables (Par exemple, les flavonoïdes améliorent la circulation veineuse).

✓ Administré par la voie buccale :

- Le miel peut guérir ou soulager les troubles intestinaux, les ulcères d'estomac, l'insomnie, les maux de gorge, certaines affections cardiaques, etc.
- Il augmente la teneur du sang en hémoglobine et la vigueur musculaire.
- Le miel facilite la rétention du calcium, il active l'ossification et la sortie des dents et il est légèrement laxatif.

✓ En usage externe :

- Il active la guérison des brûlures, des plaies et des affections rhinopharyngées (en instillation) grâce à une inhibine et à des substances provenant des plantes butinées qui lui communiquent des propriétés antibactériennes.
- L'élément essentiel de cette activité antibiotique du miel, une enzyme, la gluco-oxydase, provoque un dégagement d'eau oxygénée. Il est prouvé qu'il favorise la cicatrisation des plaies. Certains hôpitaux l'utilisent dans ce domaine en France et dans d'autres pays ([Jean-Prost et Le Conte, 2005](#)).

5.3 Propriétés antibactériennes

Le miel possède des propriétés antibactériennes naturelles, ce qui en fait un remède traditionnel pour les infections bactériennes. Plusieurs hypothèses concernant le mécanisme d'action peuvent être envisagées. Premièrement, comme nous l'avons vu précédemment, le miel, quelle que soit son origine, contient beaucoup de sucre et très peu d'humidité. Le dernier facteur empêche la prolifération bactérienne. De plus, la haute pression osmotique du miel aide à extraire l'eau contenue dans l'œdème, ainsi que les bactéries, ce qui entraîne leur déshydratation et leur élimination ([Eddy et al., 2008](#)). Cependant, même dilués les miels restent actifs face aux bactéries. Ceci est dû à la production de peroxyde d'hydrogène en présence d'eau grâce à l'activation d'une glucose-oxydase. Cette enzyme a pour rôle d'oxyder le glucose en acide gluconique et peroxyde d'hydrogène. Ce dernier est alors le composant principal responsable de l'activité antibactérienne du miel ([Irlande, 2010](#)). Le miel peut également contenir d'autres substances antimicrobiennes telles que la défensine-1 et le méthylglyoxal ([Desmoulière, 2013](#)).

La variation de cette activité antibactérienne dépend de :

- La concentration en miel ;
- Son origine florale et son acidité ;

- La quantité de peroxyde d'hydrogène produite ;
- L'action de la catalase ;
- La chaleur qui détruit l'activité du miel (même s'il paraît stable pour des températures inférieures à 40°C) ;
- La durée de conservation (qui peut aller jusqu'à 2 ans) ;
- La lumière, et surtout la lumière directe du soleil (Fanny, 2012).

5.4 Propriétés antioxydantes

Le miel est une source naturelle d'antioxydants qui jouent un rôle primordial dans la réduction de nombreuses maladies telles que le cancer, le diabète, la cataracte, les maladies cardiovasculaires et de différents processus de l'inflammation (Viuda-Martos *et al.*, 2008 ; Ferreira *et al.*, 2009).

Vu son caractère antioxydant le miel est utilisé en agroalimentaire pour le décaillage des jus de fruits, pour la conservation des denrées alimentaires (évite le brunissement) et enfin comme additif dans de nombreux produits alimentaires (produits laitiers, pâtisseries, confitures) (Bogdanov *et al.*, 2006).

Le mécanisme protecteur antioxydant du miel utilise à la fois les enzymes telles que la catalase et la peroxydase, les acides phénoliques, les flavonoïdes et la proline (Meda *et al.*, 2005).

II : Matériel & Méthodes

1 Échantillonnage

Dans la présente étude, nous avons analysés sept échantillons de miels collectés auprès de différents apiculteurs de la région Est de l'Algérie (Skikda, Annaba, Constantine, El Tarf) (**Figure 7 ; Tableau 2**). La collecte des échantillons de miel aura lieu en 2022.

Tableau 2 : Identification des miels analysés.

Échantillon	Origine florale présumée	Mode d'extraction	Origine géographique	Période de récolte
E1	Miel de jujubier	Manuel	Skikda (Cheraia)	2022
E2	Miel de montagne	Manuel	Skikda (Ain Aghbel)	2022
E3	Miel d'eucalyptus	Centrifugation	Annaba	Juillet 2022
E4	Miel de fleurs épineuses	Centrifugation	Annaba	Août 2022
E5	Miel multifloral	Manuel	El Tarf	2022
E6	Miel multifloral	Manuel	Skikda (Kerkera)	2022
E7	Miel multifloral	Manuel	Constantine	2022



Figure 7 : Échantillons des miels étudiés.

Les échantillons de miels ont été d'abord caractérisés par différentes analyses physicochimiques, organoleptiques et polliniques, et dans une seconde étape quelques propriétés biologiques (activités antioxydante et antibactérienne) ont été évaluées *in vitro*.

2 Laboratoires d'accueil

Notre travail expérimental a été effectué durant trois mois (début Mars jusqu'au fin Mai 2023) au sein des laboratoires suivants :

- Le Laboratoire de Biochimie et de Microbiologie du Département des Sciences de la Nature et de Vie (SNV) de l'Université 20 août 1955-Skikda (évaluation de certains paramètres physico-chimiques et étude de l'effet antioxydant).
- Le Laboratoire de l'Office nationale d'alimentation de bétail (ONAB) d'El Harrouche (le reste des paramètres physico-chimiques et l'analyse pollinique).
- Le Laboratoire d'Analyses Médicales de l'Hôpital Tamalous-Skikda (étude de la sensibilité des souches bactériennes).
- Le Laboratoire Merdj-Eddib de l'Institut des Sciences Agroalimentaires (étude qualitative de l'activité antibactérienne du miel).

3 Méthodes analytiques

3.1 Analyse sensorielle du miel

C'est une technique qui fait appel tout d'abord au sens de l'observation (couleur, propreté, homogénéité de la masse, défaut éventuel de cristallisation etc...), on procède ensuite à un examen olfactif qui permet de déceler les odeurs et les arômes. Enfin, la dégustation permet d'apprécier les saveurs du miel, d'en percevoir les différentes composantes (goût sucré, acidité ou amertume) on peut aussi, de cette façon apprécier éventuellement la finesse de la cristallisation ([Gonnet et Vache, 1985](#)).

3.2 Analyses physicochimiques du miel

3.2.1 Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau (le taux d'humidité) a été déterminée par deux méthodes : le séchage et l'indice de réfraction.

Méthode 1 (le séchage)

- **Principe**

Cette méthode se base sur l'évaporation d'eau contenu dans les échantillons de miel et la calcul de différence de poids avant et après séchage à une température n'engendrant pas l'incinération de la matière organique.

- **Mode opératoire**

5 g d'échantillon de miel sont pesés dans un verre de montre pré-pesé, qui a été ensuite séchés à 105 °C dans une étuve de type **Memmert** pendant 3 heures ([Adeonipekun et al., 2016](#)).

- **Expression des résultats**

Le taux d'humidité H % est donnée par la formule suivante :

$$H\% = (P1 - P2) / PE * 100$$

Avec :

PE : Poids de l'échantillon (g).

P1 : Poids du verre de montre contenant l'échantillon avant séchage (g).

P2 : Poids du verre de montre contenant l'échantillon après séchage (g).



Figure 8 : Détermination du taux d'humidité par séchage.

Méthode 2 (l'indice de réfraction)

- **Principe**

C'est la mesure optique de l'indice de réfraction de miel pour la détermination de la teneur en eau du miel. Elle se mesure à l'aide d'un réfractomètre dans lequel un rayon lumineux traverse une goutte de miel, puis éclaire une échelle graduée ([Commission internationale du miel, 2002](#)).

- **Mode opératoire**

- A l'aide d'une spatule on dépose rapidement une goutte de miel sur le prisme du refractomètre (Abbé) qui a été étalonné avec de l'eau distillé (1,3330).
- La lecture se fait à 20°C à travers l'oculaire au niveau de la ligne horizontale de partage entre une zone clair et une zone obscure.

- **Expression des résultats :**

L'indice de réfraction est ensuite converti en taux d'humidité, en se référant au tableau de CHATAWAY ([Annexe 2, Tableau A1](#)) ([Chataway et al., 1935](#)).

3.2.2 Détermination de la teneur en cendres

- **Principe**

D'après [la commission internationale du miel \(2002\)](#), la teneur en cendres du miel est le résidu obtenu par le processus d'incinération à des températures ne dépassant pas 600°C.

- **Mode opératoire**

- Introduire 5g du miel dans une capsule en silice.
- Mettre la capsule dans un four à 550°C pendant 4 heures.

- Refroidir la capsule dans un dessiccateur

- **Expression des résultats**

La teneur en cendres a été calculée selon la formule suivante (Bogdanov *et al.*, 1995) :

$$\text{Teneur en cendres} = [(G-G1)/ M]*100$$

G : Poids de la capsule avec les cendres.

G1 : Poids de la capsule vide.

M : Prise d'essai (5g).



Figure 9 : Capsules contenant les échantillons de miel dans le four à moufle.

3.2.3 Détermination de la teneur en matière sèche (en degrés Brix)

Grâce à la méthode d'AOAC, (1995), nous pouvons évaluer le teneur en matière sèche après avoir mesuré l'indice de réfraction et le taux d'humidité, on lit la valeur de la matière sèche (en degrés Brix) sur la première échelle graduée de l'oculaire du réfractomètre.

3.2.4 Détermination de l'intensité de la couleur du miel

- **Mode opératoire**

Les échantillons de miel sont dilués à 50 % (p/V) avec l'eau distillée chaude (45-50°C). La solution obtenue est filtrée à l'aide d'un papier filtre, l'absorbance était mesurée à 450 et 720 nm au moyen d'un spectrophotomètre (El Sohaimy *et al.*, 2015).

- **Expression des résultats**

La différence d'absorbance a été exprimée en mAU par la formule suivante :

$$\text{ABS 450 (mAU)} = (\text{Abs 450} - \text{Abs 720}) * 100$$



Figure 10 : Evaluation de l'intensité de la couleur du miel par spectrophotométrie.

3.2.5 Détermination de la conductivité électrique

- **Principe**

C'est la mesure de la capacité d'une solution aqueuse de miel à transmettre un flux électrique à 20°C à l'aide d'un conductimètre.

- **Mode opératoire**

- Dissoudre 5 grammes de miel dans quelques millilitres d'eau distillée et compléter à 50 millilitres.
- Agiter pendant 10 minutes.
- Plonger la cellule de mesure du conductimètre.
- Lire la valeur de conductivité affichée à l'écran (Piazza, 1991).

- **Expression des résultats**

La conductivité électrique du miel se mesure en Siemens par centimètre.



Figure 11 : Mesure de la conductivité électrique du miel.

3.2.6 Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)

- **Principe**

Le pH ou « potentiel d'hydrogène » encore appelé indice de « Sorensen ». C'est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu, il représente la concentration des ions H^+ d'une solution. Le pH a été évalué par la méthode d'AOAC (1995).

- **Mode opératoire**

- Peser dans un petit bécher 5g du miel le dissoudre dans 50ml d'eau distillé.
- Placer la solution de miel à analyser sous agitation magnétique pendant 10 min.
- Plonger l'électrode du pH mètre dans la solution à analyser.
- Attendre la stabilisation de la valeur du pH.

- **Expression des résultats**

La valeur du pH est lue directement sur l'écran de l'appareil.



Figure 12 : Estimation du potentiel d'hydrogène (pH) du miel.

3.2.7 Détermination de l'acidité libre

- **Principe**

L'acidité libre du miel fait référence à la teneur de tous les acides libres, elle est déterminée par la méthode titrimétrique (AOAC,1990).

- **Mode opératoire**

- Dissoudre 10 grammes de miel dans 75 ml d'eau distillée dans un bécher.
- Agiter à l'aide d'un agitateur magnétique.
- Immerger l'électrode du pH-mètre dans la solution de miel.
- Après lecture du pH, titrer la solution de miel avec une solution de soude NaOH à 0,1M (en présence de 4 ou 5 gouttes de phénolphtaléine) jusqu'à pH = 8,3 et enfin enregistrer le volume de NaOH utilisé.

- **Expression des résultats**

L'acidité libre (AL) du miel est exprimée en milliéquivalents par kilogramme de miel et déterminée par la formule suivante :

$$AL = V \times 10$$

V : le volume (ml) de NaOH à 0,1 M utilisé lors du titrage.



Figure 13 : Détermination de l'acidité libre du miel.

3.2.8 Détermination de la densité

Selon [Gommet \(1992 ; 1993\)](#), la mesure de la densité d'un miel est un moyen de connaître sa teneur en eau.

- **Mode opératoire**

- Peser un tube à essai (ou autre récipient) vide et tarer la balance pour éliminer le poids du tube.
- Le remplir avec 10 ml de l'eau distillée (ou jusqu'au trait de jauge) et peser.
- Vider et sécher le récipient de l'eau distillée.
- Le remplir avec 10 ml (même volume) du miel et peser.

- **Expression des résultats**

La densité est calculée selon la formule suivante :

$$D = M / M'$$

M : Masse du volume du miel.

M': Masse de même volume d'eau distillée.



Figure 14 : Mesure de la densité du miel.

3.2.9 Détermination de la teneur en protéines

- **Principe**

La teneur en protéines est déterminée par une méthode colorimétrique d'*Azeredo et al., (2003)*.

- **Mode opératoire**

Un volume de 0,1 ml de solution de miel à 50 % est homogénéisé avec 5 ml du réactif de *Bradford (1976)* (**Annexe 3**). Après un temps d'incubation de 2 min, le bleu de Coomassie de couleur bleu-vert forme un complexe avec les protéines en donnant une couleur bleue. L'absorption est lue à 595 nm.

- **Expression des résultats**

Les résultats sont déterminés par référence à une courbe d'étalonnage réalisée avec le sérum albumine bovine (BSA) (**Annexe 3, Figure A1**).

3.3 Étude pollinique du miel

La préparation de l'échantillon consiste à extraire les pollens contenus dans le miel et ceci en les lavant convenablement des sucres et des autres substances. L'objectif est d'avoir une meilleure observation sous microscope et aussi de retarder l'apparition des moisissures sur les lames. Le schéma suivant (**Figure 15**) explique la procédure codifiée par la commission internationale de botanique :

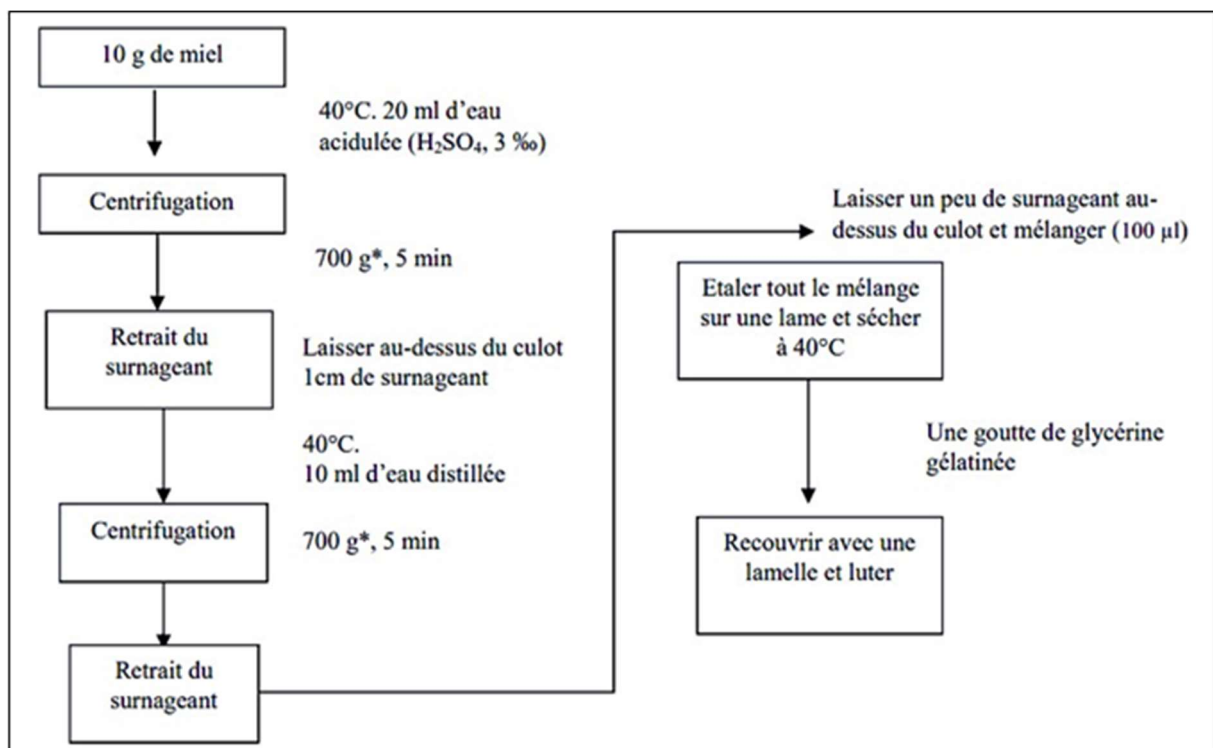


Figure 15 : Schéma de préparation du pollen du miel pour l'analyse melisso-palynologique.

L'observation et le dénombrement se font de pair à l'aide d'un microscope photonique bi-oculaire à grossissement 40 x10.

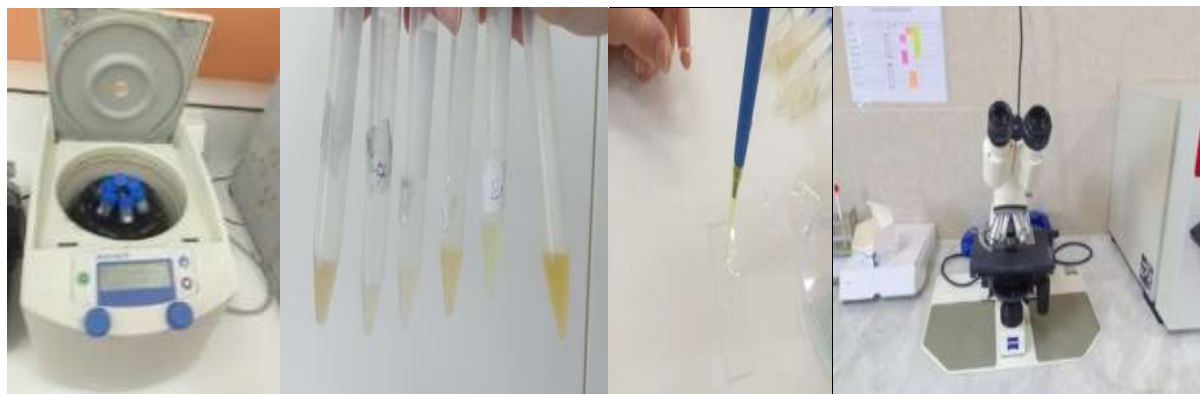


Figure 16 : Analyse pollinique du miel.

3.4 Évaluation de l'effet antioxydant de miel

3.4.1 Phénols totaux

- **Principe**

La teneur en polyphénols totaux contenus dans le miel a été déterminée selon la méthode de réduction du réactif de Folin-Ciocalteu décrite par [Ribéreau-Gayon et al. \(1982\)](#).

- **Mode opératoire**

100 μ l d'une solution de miel (10 %) ont été mélangés avec 100 μ l du réactif de Folin-Ciocalteu (10 %), puis incubé à l'obscurité pendant 3 min à température ambiante, une solution de carbonate de sodium (2,2 ml, 2%) est ensuite ajoutée. Après 30 minutes, l'absorbance a été mesurée à 720 nm. La quantification a été faite par rapport à une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (**Annexe 4, Figure A2**).

- **Expression les résultats**

Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent acide gallique /100 g de miel.

3.4.2 Flavonoïdes totaux

- **Principe**

Le contenu total en flavonoïdes a été déterminé en utilisant la méthode colorimétrique de chlorure d'aluminium décrite par [Ordenez et al. \(2006\)](#). Cette technique est basée sur la formation du complexe flavonoïde-aluminium avec un maximum d'absorption à 420 nm.

- **Mode opératoire**

En bref, un volume de 1 ml de miel (5%) est mélangé avec 1 ml de solution méthanolique de chlorure d'aluminium (2%). La solution est incubée pendant 10 min à température ambiante, l'absorbance est ensuite mesurée à 420 nm. Les concentrations des flavonoïdes ont été déduites à partir de la courbe d'étalonnage établi avec la quercétine (**Annexe 4, Figure A3**).

- **Expression les résultats**

Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent quercétine par 100 g de miel.

3.4.3 Activité anti-radicalaire

- **Principe**

L'activité antioxydante d'un composé correspond à sa capacité à résister à l'oxydation. De nombreuses méthodes sont utilisées actuellement pour évaluer cette activité. Le DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl) est généralement le substrat le plus employé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité anti-oxydante en raison de sa stabilité en forme radicale libre et la simplicité de l'analyse. La présence des radicaux DPPH donne lieu à une coloration violette foncée de la solution, qui absorbe aux environs de 517 nm. La réduction des radicaux DPPH par un agent antioxydant entraîne une décoloration de la solution.

- **Mode opératoire**

L'évaluation de la capacité antioxydante a été réalisée en mélangeant 1,5 ml d'une solution méthanolique de DPPH (0,02 mg/ml) avec 0,75 ml de solution de miel (0,04-0,08-0,12 g/ml). Le mélange obtenu est ensuite gardé à l'abri de la lumière à température ambiante pendant 15 min. Puis l'absorbance est mesurée à 517 nm. Un témoin est réalisé en parallèle en remplaçant l'échantillon par l'eau distillée (Meda *et al.*, 2005).

- **Expression les résultats**

Le pourcentage de réduction du DPPH (% Red) est calculé suivant la formule suivante :

$$\% \text{ Red} = [(Ab_T - Ab_E) / Ab_T] * 100$$

Dont :

Ab_T: Absorbance du témoin.

Ab_E: Absorbance de l'échantillons.

3.5 Étude *in vitro* de l'effet antibactérien de miel

L'évaluation de l'activité antibactérienne de nos échantillons de miel a été effectuée par deux techniques de diffusion sur gélose : par disques et en puits.

3.5.1 Préparation des différentes dilutions du miel

Les échantillons de miel employés pour les tests antibactériens étaient purs à 100 % ou dilués à 75 %, 50 % et 25 % (v/v) dans de l'eau physiologique stérile.



Figure 17 : Préparation des différentes dilutions du miel.

3.5.2 Choix des souches bactériennes

L'effet antibactérien de nos échantillons de miel a été évalué sur deux souches de bactéries Gram-négatives ; *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*. Ces souches nous ont été fournies par le Laboratoire d'Analyses Médicales de l'Hôpital Tamalous-Skikda. Les sensibilités et résistances enregistrées dans les antibiogrammes réalisés sur ces bactéries dans le même laboratoire sont détaillées dans l'Annexe 8.

3.5.3 Préparation de l'inoculum

A partir d'une culture pure des bactéries à tester sur milieu d'isolement (ayant au maximum 24h), des colonies bien isolées, ont été prélevées à l'aide d'une anse ou pipette pasteur ; puis déchargées dans 5 ml d'eau physiologique stérile à 0,9%. La suspension a été homogénéisée, afin d'avoir une opacité équivalente à 0.5 Mc Farland standardisé à l'aide d'un densitomètre. L'ensemencement doit être accompli dans les 15 minutes qui suivent la préparation de l'inoculum (Andrew, 2009).

3.5.4 Ensemencement des boîtes de Pétri

L'ensemencement a été effectué en utilisant la technique du NCCLS (2002). En bref, le milieu gélosée Mueller-Hinton est versé dans des boîtes de Pétri (4 mm d'épaisseur). Les boîtes de Pétri sont refroidies et séchées à température ambiante, puis ensemencées à partir de la suspension bactérienne à l'aide d'un écouvillon stérile ; l'écouvillon est trempé dans la suspension bactérienne et essoré à l'intérieur du tube. L'ensemencement se fait par des stries serrées, répéter 3 fois de haut en bas et faire pivoter la boîte de 60° à chaque fois sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même. Finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose. Dans le cas où l'on ensemence plusieurs boîtes de Pétri, il faut recharger l'écouvillon à chaque fois.



Figure 18 : Ensemencement de la suspension bactérienne par écouvillonnage.

3.5.5 Méthode de diffusion par disque (aromatogramme)

L'aromatogramme est basé sur une technique utilisée en bactériologie médicale appelée antibiogramme. Elle permet de tester l'effet d'un produit antibactérien sur une souche grâce la mesure des zones d'inhibitions autour des disques imprégnés des différents produits à tester.

L'inhibition quand elle est présente, se manifeste par des zones de stérilité autour des disques imprégnés de principes actifs. Leur diamètre nous permet d'évaluer le degré d'action des composés traités sur la croissance des bactéries. En fonction du diamètre d'inhibition, la souche sera qualifiée de sensible ou résistante (Avril et Fauchère, 2002).

- **Préparation des disques d'aromatogramme**

Les disques sont fabriqués à partir de papier Whatman mesurent 6 mm de diamètre, ils ont été placés dans des tubes à essai et ensuite stérilisés dans un autoclave à 120°C pendant 15 minutes.



Figure 19 : Stérilisation des disques dans l'autoclave.

- **Dépôt des disques**

Les disques de papier de papier Whatman autoclavés ont été déposés sur le milieu MH ensemené par la méthode de l'écouvillonnage, en appuyant légèrement à l'aide d'une pince stérile. Puis ils ont été imbibés par 10 µl des différentes dilutions de miel.

3.5.6 Méthode de diffusion en puits

La méthode utilisée est celle de diffusion par puits sur gélose telle que décrite par Berghe et Vlietinck (1991). Le milieu MH est coulé sur les boîtes de pétri à une épaisseur de 4 mm. Après l'inoculation par écouvillonnage avec une suspension bactérienne de 0,5 Mac Farland, des puits de 6 mm de diamètre et d'une hauteur de 4 mm sont réalisés de manière concentrique sur les milieux puis à la surface à l'aide d'une pipette pasteur stérile. Les échantillons de miel ont été déposés avec les mêmes quantités dans tous les puits à l'aide d'une micropipette.



Figure 20 : Réalisation des puits.

3.5.7 Incubation et lecture de résultats

Les boîtes de Pétri ont été incubées dans une étuve à 37°C pendant 24h.

La lecture de résultats consiste à mesurer avec précision les diamètres (en millimètres) des zones d'inhibition qui apparaissent autour des disques d'aromatogramme et des puits à l'extérieur de la boîte fermée à l'aide d'un pied à coulisse ou d'une règle décimale.

Vu l'absence d'une référence de lecture qui détermine le seuil de sensibilité nous avons considérés que si le diamètre de la zone d'inhibition est :

- Inférieure à 10 mm : Souche résistante.
- Egale à 10 mm : Souche à sensibilité intermédiaire.
- Supérieure à 10 mm : Souche sensible (Dahham *et al.*, 2010).

3.6 Étude statistique

Afin de mieux décrire les différentes variables physicochimiques, phytochimiques et du pouvoir antioxydant qui caractérisent les différents échantillons de miel, nous calculerons certains paramètres statistiques de base et nous appliquerons la méthode de corrélation de Pearson pour faire une comparaison entre ces paramètres à l'aide du logiciel Minitab® 18.

La corrélation entre deux paramètres comparés est significative si la probabilité P est inférieure à 0.05, ainsi que, le degré de signification est comme suite :

- Si $\alpha = P \leq 0.05$ la différence est significative
- $\alpha = P \leq 0.01$ la différence est hautement significative
- $\alpha = P \leq 0.001$ la différence est très hautement significative.

III. Résultats & Discussion

1 Paramètres sensoriels du miel

L'analyse sensorielle du miel est principalement basée sur la couleur, la texture, l'odeur et la saveur (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Analyse organoleptique des échantillons de miels avec les nombres de dégustateurs.

Éch.	Couleur	Aspect	Odeur	Goût/arôme
E1	Jaune pale	Visqueux	Intensité : faible (8 individus) Description : boisé (5 individus)	Saveur : amer (2 individus) Intensité : faible (6 individus)
E2	Brun dense	Fluide	Intensité : faible (8 individus) Description : végétale (7 individus)	Saveur : acide (2 individus) Intensité: moyenne (3 individus)
E3	Marron	Fluide	Intensité : forte (6 individus) Description : boisé (5 individus)	Saveur : moins sucré (2 individus) Intensité : moyenne (5 individus)
E4	Marron foncé	Fluide	Intensité : forte (10 individus) Description : boisé (5 individus)	Saveur : moins sucré (2 individus) Intensité : forte (7 individus)
E5	Brun dense	Liquide	Intensité: faible (7 individus) Description : végétale (4 individus)	Saveur : sucré (2 individus) Intensité: forte (5 individus)
E6	Brun clair	Liquide	Intensité : moyenne (10 individus) Description : boisé (5 individus)	Saveur : sucré (3 individus) Intensité : faible (6 individus)
E7	Jaune orangé	Cristallisé	Intensité : faible (8 individus) Description : végétale (5 individus)	Saveur : moins sucré (4 individus) Intensité : moyenne (5 individus)

La couleur de nos miels varie entre le jaune pâle et le marron foncé, cette variation est principalement due à l'origine florale (nectar ou miellat). Les miels issus du miellat ont une couleur plus foncée que celle du nectar. D'autres part, les couleurs des miels changent sous l'influence de divers facteurs. Le miel cristallisé devient plus clair et plus foncé après des traitements thermiques (Gonnet, 2004). Encore, elle s'intensifie avec le temps (Louveaux, 1985).

L'odeur du miel est extrêmement variable et dépend des fleurs butinées, le goût spécifique de chaque variété de miel lui donne les caractères aromatiques de la fleur dominante, alors que pour les miels « toutes fleurs » ils proviennent d'une flore variée et par conséquent, leurs caractéristiques sensorielles sont plus difficiles à identifier (Gonnet, 2004), c'est le cas de la plupart de nos échantillons ; leurs odeurs sont faibles, à l'exception de certains miels à forte odeur (E3 et E4).

La cristallisation d'un miel n'est pas une altération mais c'est une modification de l'état physique du produit, un miel cristallisé et plus fragile qu'un miel liquide et sa conservation est plus difficile à assurer (Gonnet, 1982). Le facteur principal qui favorise une cristallisation rapide du miel est la forte teneur en glucose (Zouak et Boufadah, 2011).

2 Paramètres physicochimiques du miel

La qualité du miel est appréciée à travers la détermination des caractéristiques physico-chimiques. Les résultats obtenus ont été compilés dans l'annexe 5 (Tableau A2).

2.1 Teneur en eau (%)

- **Méthode 1** (le séchage)

Les teneurs en eau de nos échantillons de miel, obtenues par la méthode de séchage, varient de 10,6 à 16,8 % avec une moyenne de $14,829 \pm 2,365$ (Figure 21).

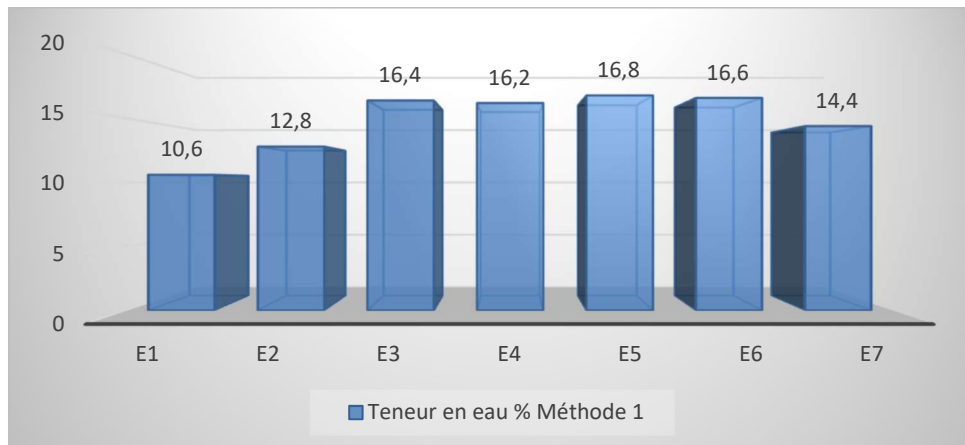


Figure 21 : Taux d'humidité des échantillons de miel obtenu par séchage.

Les valeurs de nos échantillons ont été inférieures à 20 %, ce qui est la valeur maximale autorisée par l'Union Européenne (Agbodjogbe *et al.*, 2022), ces valeurs permettent de réduire les risques de fermentation (Bogdanov *et al.*, 1999).

- **Méthode 2** (l'indice de réfraction)

Les teneurs en eau des miels étudiés, obtenues par la méthode de l'indice de réfraction, varient de 13 à 19 %, avec une moyenne de $15,914 \pm 2,059$ (Figure 22). Ces valeurs se situent bien dans l'intervalle recommandé par le *Codex Alimentarius* (1993), puisqu'elles ne dépassant pas les 21 % pour les miels de nectar.

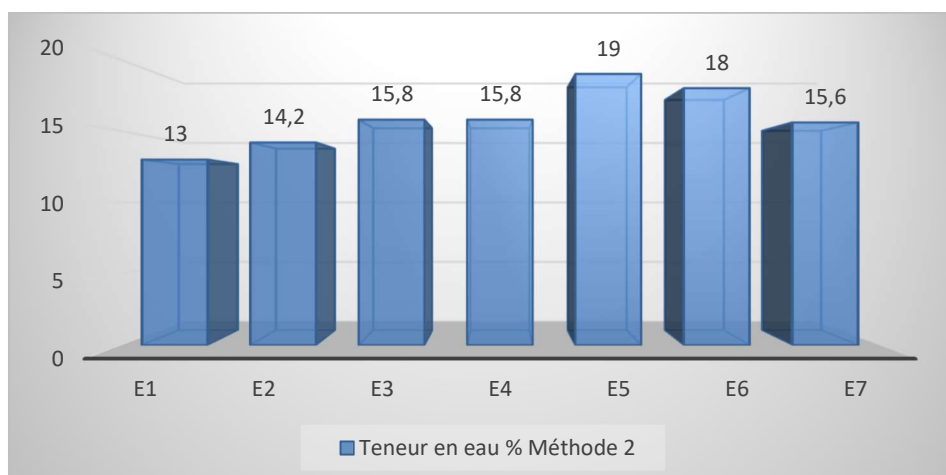


Figure 22 : Teneur en eau des échantillons de miel obtenu par réfraction.

Il est à noter que certains miels de bruyère ont une teneur en eau pouvant atteindre 22 à 25 % (Hoyet, 2005). Le miel dont le taux d'humidité est inférieur à 17 % est stable au stockage sans risque de fermentation (Bogdanov *et al.*, 2006). Les valeurs relevées pour nos échantillons ne dépassent pas les 17 %, sauf les échantillons E5 et E6, qui présentent des taux d'humidité légèrement élevés, soit 19 et 18 % respectivement. Ceci pourra être expliqué par :

- ✓ Récolte précoce de ces miels (Caillas, 1927).
- ✓ Les miels E5 et E6 ont été extraits dans un environnement assez humide, ce qui entraîne une absorption d'humidité. Selon Bruneau (2005), le miel a la capacité d'absorber l'humidité de l'air lorsque l'humidité de l'air dépasse 55 %. Cela conduira à une fermentation rapide et à une cristallisation souvent défectueuse, rendant le produit instable et entraînant des difficultés de stockage (Gonnet, 1993).

2.2 Teneur en cendres

Les teneurs en cendres (sels minéraux) de nos échantillons de miel varient de 0,18 à 0,88 % avec une moyenne de $0,3257 \pm 0,249$ (Figure 23).

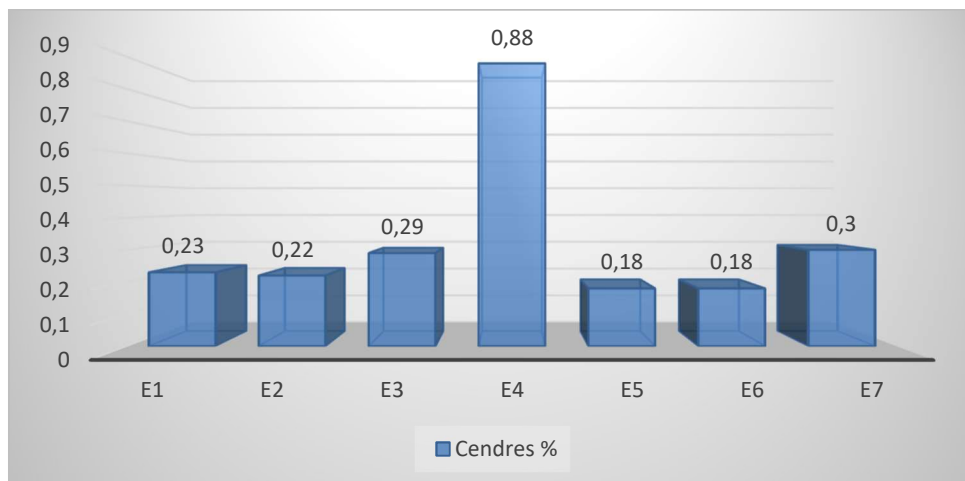


Figure 23 : Teneur en cendres des échantillons de miel.

Selon Bogdanov *et al.* (1997), la teneur de matière minérale peut déterminer l'origine botanique du miel ; en effet, la teneur en cendres du miel de nectar ne dépasse pas 0,6 %, tandis que le miel de miellat ou d'un mélange de nectar et de miellat doit être inférieur à 1,2 %. White *et al.* (1962) ont mis en évidence une relation entre la couleur du miel et sa teneur en cendres. Selon Gonnet (1982), les miels foncés sont plus riches en matière minérale ionisable, et est donc un bon conducteur de courant électrique. L'échantillon E4 a été la plus vivement coloré de nos échantillons, et la plus riche en grains de pollen, et avait une CE légèrement plus élevée de 1,11 ms/cm, donc conduit mieux le courant.

2.3 Teneur en matière sèche

La variation des paramètres; densité, indice de réfraction et taux de matière sèche est en relation directe avec la teneur en eau (Makhloufi *et al.*, 2010). La teneur en matière sèche de nos échantillons varie entre 81 et 85,8 % avec une moyenne de $84,086 \pm 2,059$ (Figure 24), ces valeurs obtenues pour les types de miel étudiés sont supérieures à 65% et ainsi se situent dans les limites fixées par le Codex Alimentaire (2011).

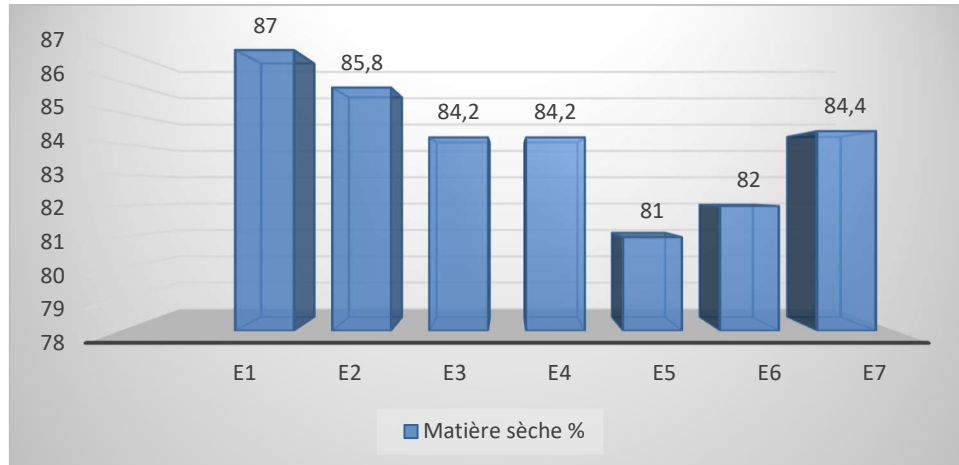


Figure 24 : Teneur en matière sèche des échantillons de miel.

2.4 Conductivité électrique

Les sept échantillons de miels étudiés présentent une conductivité électrique qui varie de 0,491 à 1,110 ms/cm avec une moyenne de $0,7076 \pm 0,2165$ (Figure 25). Ces valeurs correspondent aux normes préconisées par Gonnet (1982), indiquant que la variation de la CE est entre 0,1 et 1,5 ms/cm.

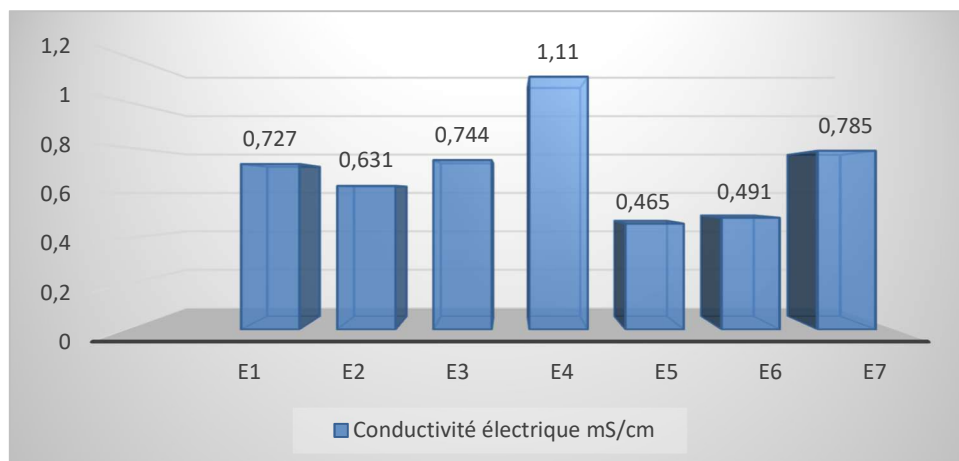


Figure 25 : Conductivité électrique des échantillons de miel.

Selon Bogdanov *et al.* (2004), la CE représente un bon critère pour la détermination de l'origine botanique du miel. En effet, Les miels de nectar doivent avoir des valeurs de conductivité inférieures à 0.8 mS/cm, tandis que les miels de miellats doivent avoir des valeurs plus de 0.8 mS/cm (Codex Alimentarius, 2001). La figure 25 montre que, tous les échantillons étudiés sont des miels de nectar à l'exception de l'échantillon E4.

2.5 Intensité de la couleur Abs450

L'intensité de la couleur des miels étudiés varie entre 78 et 1562 mAU avec une moyenne de 801 ± 519 (Figure 26).

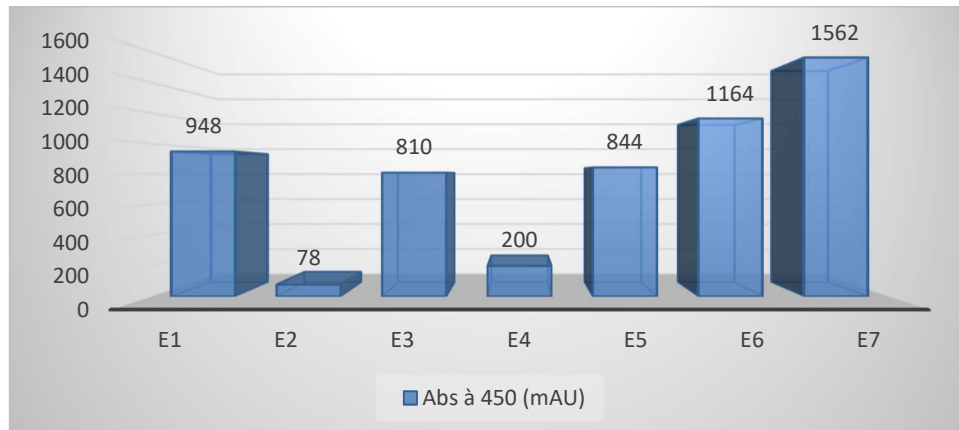


Figure 26 : Intensité de la couleur Abs450 des échantillons de miel.

La couleur du miel est un élément important pour identifier la provenance (Moniruzzaman et al., 2013). Les miels italiens ont des valeurs Abs450 comprises entre 25 et 3413 mAU (Beretta et al., 2005). Saxena et al. (2010) ont rapporté des valeurs Abs450 allant de 70 à 495 mAU pour le miel slovène, de 254 à 2034 mAU pour le miel bangladais et de 524 à 1678 mAU pour le miel indien. Les miels algériens ont des valeurs Abs450 comprises entre 724 et 1188 mAU (Khalil et al., 2012). Donc, les valeurs relevées pour nos échantillons ne dépassent pas la norme des miels algériens, sauf l'échantillon E7, qui présente une intensité de couleur légèrement élevée (1562 mAU) par rapport aux autres échantillons.

2.6 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH de nos échantillons varie entre 4,02 et 4,80 avec une moyenne de $4,2 \pm 0,294$ (Figure 27). Ces résultats sont en accord avec ceux donnés par White et Louveaux (1962), qui ont rapporté que le pH du miel varie de 3,42 à 6,10.

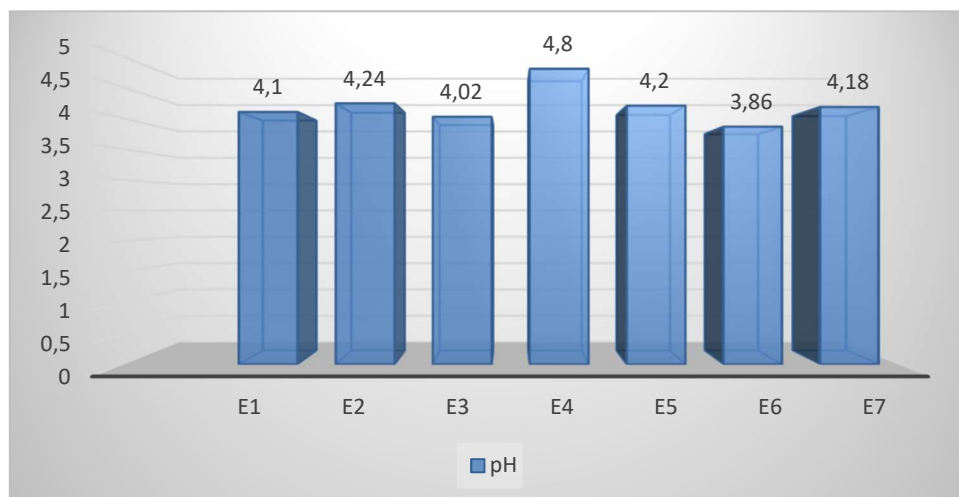


Figure 27 : pH des échantillons de miel.

Le pH est une mesure par laquelle l'origine florale du miel peut être déterminée ; le miel de nectar a un pH compris entre 3,5 et 4,5, tandis que, le miel de miellat a un pH compris entre 5 et 5,5 (Gonnet, 1986). Les valeurs intermédiaires correspondent souvent à des mélanges de nectar et de miellat. Nous avons remarqué que nos échantillons n'ont pas un pH supérieur à 4,5 ; il s'agit donc de miels de nectar à l'exception du miel E4, qui est considéré alors comme un miel de miellat ou un mélange de nectar et de miellat. D'autres part, López-Patiño *et al.* (2021) ont attribué la diminution du pH des miels à la croissance des entérobactéries pendant le stockage.

2.7 Acidité libre

L'acidité du miel contribue à sa saveur, augmente l'activité antioxydante et influence l'action des micro-organismes (Cavia *et al.*, 2007). D'autre part, elle est un critère de qualité important qui donne une indication très importante de l'état du miel (Gonnet, 1992). Selon Agbodjogbe *et al.* (2022), l'acidité du miel est due à la présence d'acides organiques, en particulier l'acide gluconique et les ions inorganiques. L'acidité libre de nos échantillons varie de 15 à 30 méq/kg avec une moyenne de $24 \pm 6,64$ (Figure 28). Ces valeurs sont dans les normes recommandées par White *et al.* (1962) de 8,68 à 59,40 méq/kg, indiquant l'absence de fermentations indésirables.

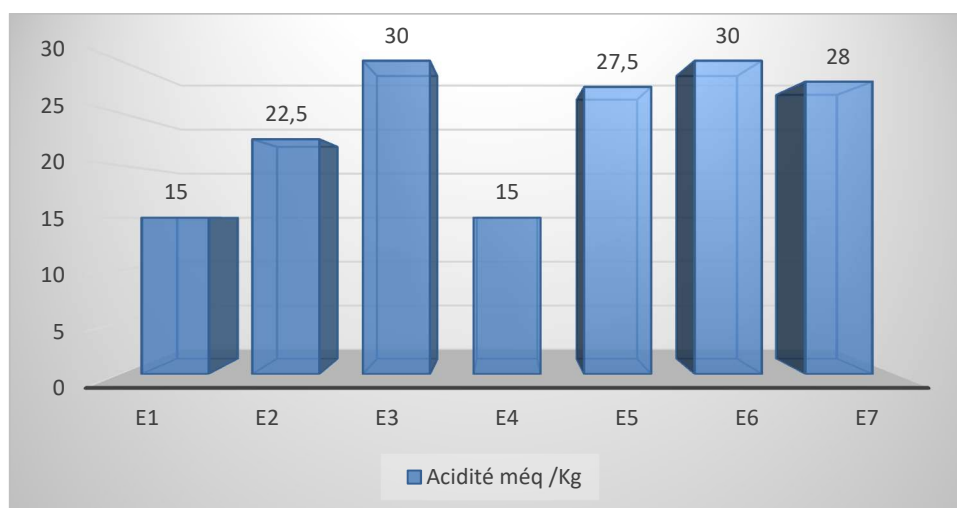


Figure 28 : Acidité libre des échantillons de miel.

2.8 Densité

La densité de nos échantillons étudiés varie de 1,33 à 1,5 avec une moyenne de $1,4171 \pm 0,0748$ (Figure 29). Ces résultats sont conformes à la norme recommandée par l'Association Française de Normalisation qui est de 1,39 à 1,52. Les exceptions sont les échantillons E3, E5 et E6 où les valeurs les plus basses se produisent, à savoir 1,37, 1,33 et 1,34. D'après Darigol (1979), le miel récolté prématurément est moins dense. Louveaux (1985) a ajouté que les changements de densité du miel sont principalement dus aux changements de teneur en eau.

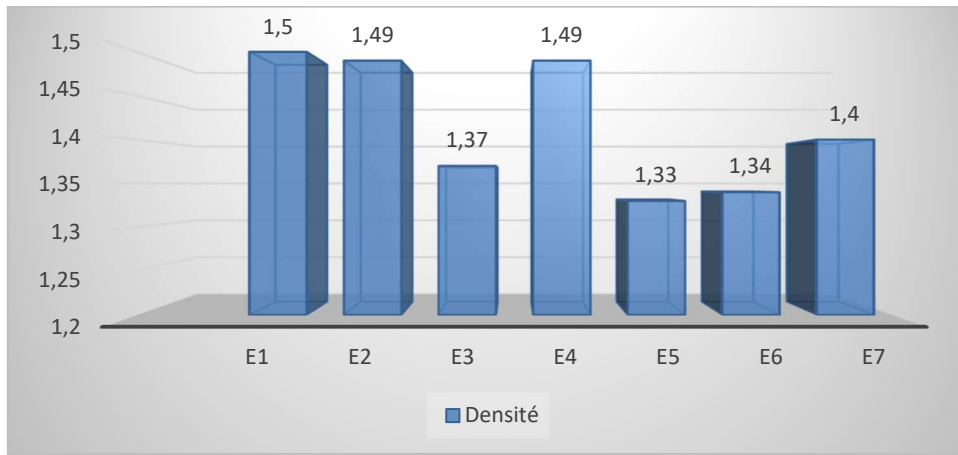


Figure 29 : Densité des échantillons de miel.

2.9 Teneur en protéines

La **figure 30** montre que nos miels présentent une teneur en protéines oscille de 30,12 à 91,04 mg EBSA/100 g avec une moyenne de $63,4 \pm 23,5$.

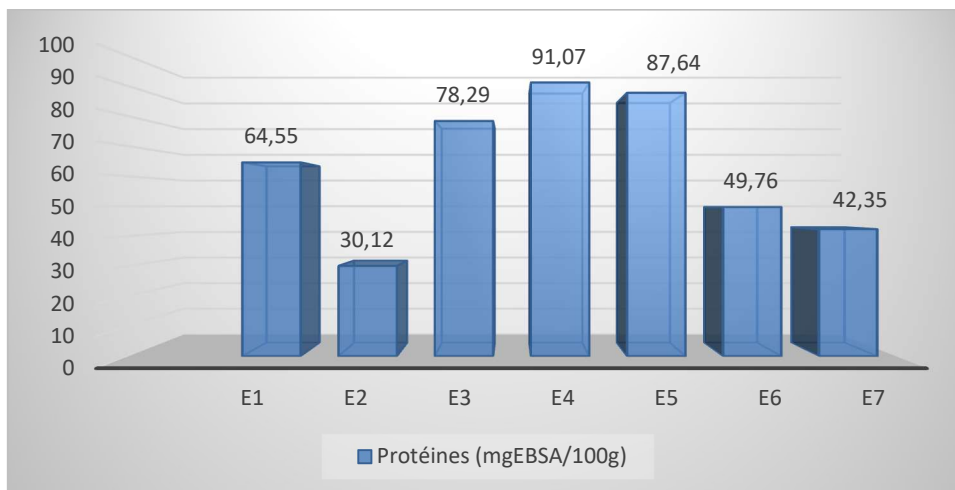


Figure 30 : Teneurs en protéines des miels analysés.

Les teneurs en protéines de nos échantillons sont distinctes de celles rapportées par [Ouchemoukh \(2012\)](#) sur les miels algériens (45,26 à 251,27 mg EBSA/100 g), par [Alvarezsuarez et al. \(2010\)](#) sur le miel de Cuba (12 à 92,3 mg EBSA/100 g), et par [Moniruzzaman et al. \(2013\)](#) sur le miel Malysien (20,4 à 48,3 mg EBSA/100 g). Ces différences peuvent être expliquées par le fait que ces composés proviennent des sécrétions des abeilles ou des plantes (nectar, pollen) et diffèrent selon l'origine botanique du miel ([Amri, 2006](#)).

L'échantillon E4 présente une teneur en protéines légèrement élevée (91,04 mg EBSA/100 g) par rapport aux autres échantillons analysés. Ceci pourra être expliqué par la présence d'une concentration élevée en pollen ou bien par son origine botanique. Cette richesse lui confère une valeur nutritionnelle élevée.

Le miel est généralement pauvre en protéines, mais lorsque le miel est pressé avec du couvain, il a une teneur élevée en protéines et autres constituants ([Mutsaers et al., 2005](#)).

3 Étude pollinique du miel

Les résultats illustrés sur le **tableau 4** et la **figure 31** nous donnent une image claire sur la flore mellifère dans la région de l'Est Algérien ainsi que l'origine botanique des miels de cette région ; l'étude méliissopalynologique nous a permis d'identifier les principales origines botaniques des différents miels étudiés. En conséquence, certains de nos échantillons ont confirmé leurs appellations florales présumés ; il s'agit des miels E2, E5 et E7, qui sont des miels multif floraux, et E4, qui est un miel de fleurs épineuses. Cependant le reste des miels sont des miels multif floraux et n'ont pas confirmé leurs origines botaniques présumées par les apiculteurs.

Tableau 4: Pollens déterminés dans les échantillons de miel.

Échantillons	Pollens déterminés
E1	<i>Brassicaceae; Pimpinella sp. Apiaceae; Lamiaceae; Asteraceae.</i>
E2	<i>Chenopodiaceae; Fabaceae; Echinops sp. Asteraceae; Trifolium sp. Fabaceae; Euphorbia sp. Euphorbiaceae ; Pinus sp. Pinaceae; Asteraceae; Erica arborea Ericaceae.</i>
E3	<i>Trifolium sp. Fabaceae; Chenopodiaceae; Asteraceae; Echinops sp. Asteraceae.</i>
E4	<i>Sinapis arvensis Brassicaceae; Trifolium sp. Fabaceae; Acacia sp. Fabaceae; Cistus sp. Cestaceae; Lamiaceae; Brassicaceae; Adonis sp. Ranunculaceae; Eucalyptus sp. Myrtaceae; Brassica napus Brassicaceae; Rhamnaceae; Galactites tomentosa Asteraceae; Lamiaceae; Fabaceae; Daucus carota Apiaceae.</i>
E5	<i>Lamiaceae; Brassicaceae; Echinops sp. Asteraceae.</i>
E6	<i>Echium sp. Boraginaceae; Lamiaceae.</i>
E7	<i>Fabaceae; Asteraceae; Pinus sp Pinaceae; Echium sp. Boraginaceae.</i>

Selon (Louveaux et Abed, 1984), les Apiécées jouent un rôle important dans l'apiculture de l'Afrique du nord. Alors que, dans la flore mondiale, quatre familles mellifères dominant ; *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Brassicaceae* et *Lamiaceae* (Dongock et al., 2017). Les familles les plus fréquentes dans les miels étudiés sont : *Astereaceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae* et *Lamiaceae*. Les Astéracées et les Fabacées sont très nectarifères (Crane, 1991; Melin, 2011), ce qui explique l'importance de ces deux familles dans nos échantillons de miels.

Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par plusieurs travaux sur les miels Algériens (Ouchemoukh et al., 2005 ; Makhloufi et al., 2010 ; Nair et al., 2013; Draiaia et al., 2014 ; Zerrouk et al., 2022), les miels de Bukavu et ses environs (Espoir et Dieudonné, 2022) ainsi que le miel de Mexique (Chimal-Cahuich et al., 2023). Enfin, cette étude devrait être étendue au plus grand nombre de Wilaya algériennes pour comprendre les caractéristiques de chaque zone mellifère.

Les observations au microscope optique de quelques types polliniques des miels étudiés ont présenté dans l'Annexe 6.



Figure 31: Origine végétale des différents pollens trouvés dans les échantillons de miel.

4 Dosages phytochimiques et pouvoir antioxydant du miel

4.1 Phénols totaux

Les teneurs en phénols totaux des sept miels étudiés sont représentées par la **figure 32**, elles sont exprimées en milligrammes équivalent d'acide gallique/100 g de miel (mg EAG/100 g de miel).

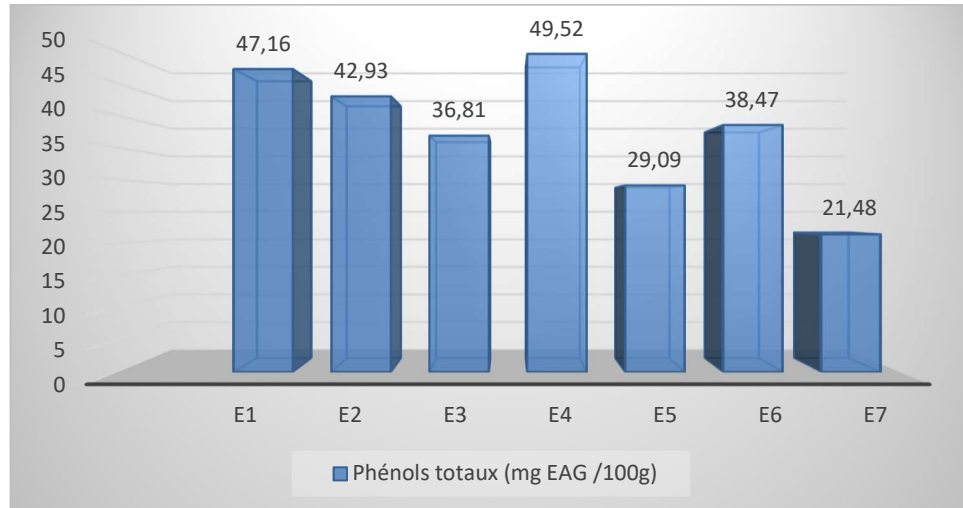


Figure 32 : Teneur en polyphénols totaux des miels analysés.

Les teneurs en composés phénoliques des miels analysés varient de 21,48 à 49,52 mg EAG/100g. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par [Ibrahim Khalil et al. \(2012\)](#), sur 14 échantillons de miel de Tualang en Malaisie où ils ont trouvé des teneurs en polyphénols variant de 22,83 à 47,25 mg EAG/100g et par [Abed et al. \(2022\)](#), sur trois échantillons de miel collectés des régions différentes d'Oum El Bouaghi (Touzlin, Bir jdidia et Ain zitoun) qui varient de 19.75 à 121.33 mg EAG/100g.

Les polyphénols du miel sont principalement des flavonoïdes (quercétine, lutéoline, kaempférol, apigénine, chrysin, galangine), des acides phénoliques et leurs dérivés (acide caféique, arôme acide soja, acide ellagique, acide gallique). La teneur globale en composés phénoliques peut varier considérablement selon la localisation, l'année et l'environnement des ruches, ce qui peut entraîner des différences importantes dans leur couleur. En effet, les principales sources de composés phénoliques apportés par les abeilles proviennent de nectar et des sécrétions végétales ([Amiot et al., 1989](#)).

4.2 Flavonoïdes totaux

Les teneurs en flavonoïdes sont représentés par la **figure 33** et sont exprimés en mg équivalent de quercétine/100 g de miel (mg EQ/100 g de miel).

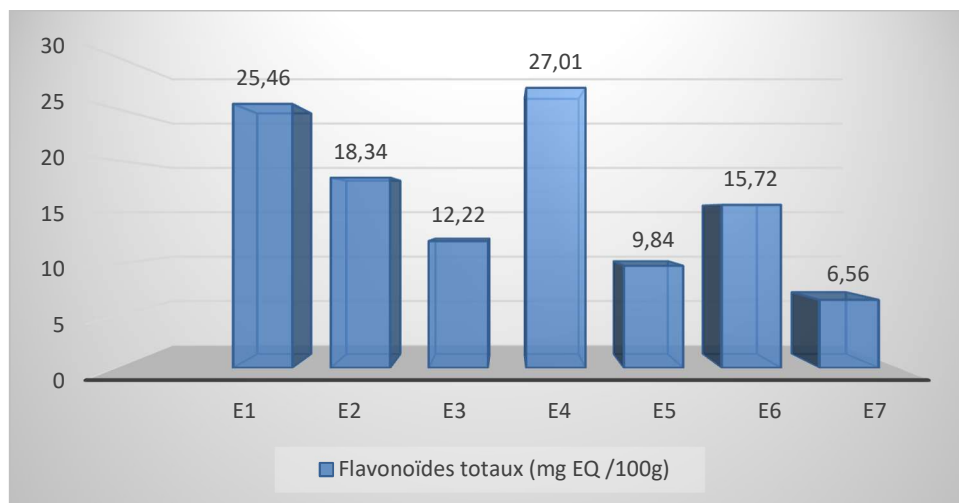


Figure 33 : Teneur en flavonoïdes totaux des miels analysés.

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques de faible poids moléculaire, qui sont des éléments essentiels pour l'arôme et les propriétés antioxydantes du miel ([Ibrahim Khalil et al., 2012](#)).

Les teneurs en flavonoïdes de nos échantillons varient de 6,56 à 27,1 mg EQ/100 g de miel. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par [Saric et al. \(2012\)](#) sur le miel d'Acacia (de 8,29 à 29,65 mg EQ/100 g), par [Perna et al. \(2012\)](#) sur 78 échantillons de l'Italie méridionale (de 5,09 et 14,05 mg EQ/100 g de miel) et par [Pierre et al. \(2022\)](#) ($2,38 \pm 0,27$ à $24,52 \pm 0,60$ mg EQ/100 g).

Nos résultats ont été un peu supérieurs à ceux trouvés par [Abed et al. \(2022\)](#), sur trois échantillons de miel collectés des régions différentes d'Oum El Bouaghi (Touzlin, Bir jdidia et Ain zitoun) qui varient de $2,38 \pm 0,27$ à $24,52 \pm 0,60$ mg EQ/100 g.

Il s'avère que les miels foncés ou bruns contiennent plus de phénols et moins de flavonoïdes que les miels clairs c'est le cas de E4 le plus foncé qui représente une teneur élevée en polyphénols soit 49,52 mg EAG/100g et faible en flavonoïdes soit 11,576 mg EQ/100g par rapport au reste des échantillons.

4.3 Activité anti-radicalaire

Les résultats de l'activité anti-radicalaire déterminée à l'aide du test de DPPH sont représentés dans la **figure 34**.

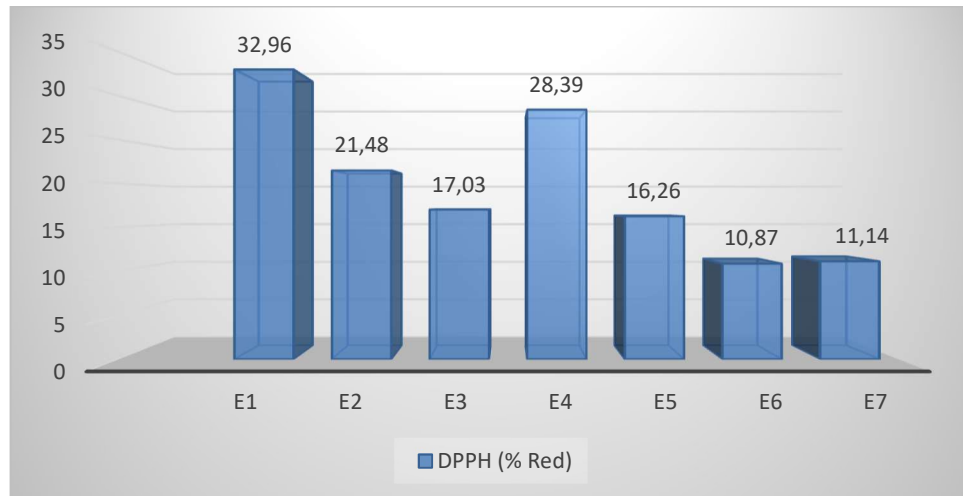


Figure 34 : Pourcentage de réduction du DPPH par les différents miels étudiés.

Les valeurs de pourcentage de réduction du DPPH par les échantillons des miels étudiés varient entre 10,87 et 32,96 %. La valeur de pourcentage de réduction la plus faible signifie qu'il y a une forte capacité de piégeage des radicaux libres (Kanoun, 2010).

La valeur la plus élevée de pourcentage de réduction (32,96 %) dans l'échantillon (E1). Par contre, la valeur la plus faible a été de (10,87%) dans l'échantillon (E6), Cela confirme qu'il peut contenir la plus grande quantité de composés anti-radicaux libres et le plus grand potentiel antioxydant. Le piégeage élevé des radicaux libres peut être dû à sa teneur en composés phénoliques, car le potentiel antioxydant du miel est directement proportionnel à la quantité de polyphénols présents (Beretta *et al.*, 2005).

Il est difficile de comparer les résultats d'activité anti-radicalaire des différents échantillons étudiés avec ceux obtenus à partir d'autres études car le test est incomplet par manque de produit (DPPH) pour générer une courbe d'étalonnage afin de calculer la concentration inhibitrice à 50 % (IC 50 %). L'activité de piégeage des radicaux libres des échantillons de miel testés varie d'un miel à l'autre en raison de la complexité de la composition chimique en fonction de l'origine florale, des facteurs environnementaux et des conditions de stockage (Vinson *et al.*, 1995).

De nombreux auteurs ont démontré que le miel est une source d'antioxydants naturels efficaces pour réduire le risque de cancer, le système immunitaire et divers processus inflammatoires (Gheldof *et al.*, 2002). Plusieurs études ont montré que l'activité antioxydante est étroitement liée à la teneur en composés phénoliques totaux. Beretta *et al.* (2005) ont constaté que les miels de couleur foncée ont une capacité antioxydante phénolique totale élevée.

5 Étude in vitro de l'effet antibactérien de miel

5.1 Méthode de diffusion par disque (aromatogramme)

Les résultats de l'aromatogramme se sont manifestés sous forme d'halos d'inhibition dont les diamètres ont été mesurés à l'aide d'une règle décimale, ces diamètres sont présentés dans l'**Annexe 8 (tableaux A6 et A7)**.

Selon les résultats de l'aromatogramme :

- *Escherichia coli*, est résistante aux pourcentages 50 % et 25 %, tandis qu'elle est sensible aux pourcentages 100 % et 75% des 7 échantillons de miel, qui ont donné un effet antibactérien avec des diamètres d'inhibition allant de 14 à 17 mm pour la dilution à 75 % et de 12 à 15 mm pour le miel pur. L'échantillon E2 ayant été le plus active avec des diamètres de 15 mm et 17mm respectivement pour le miel à 75% et le miel pur, surpassant les diamètres trouvés avec l'antibiogramme (AMX et E).
- *Pseudomonas aeruginosa*, est résistante aux pourcentages 50 % et 25 %, tandis qu'elle est sensible aux actions des échantillons de miel pur (100 %) et la dilution à 75 % des 7 échantillons de miel, qui ont donné une activité antibactérienne avec des diamètres d'inhibition oscillent entre 13 et 16 mm pour la dilution à 75 % et de 15 à 19 mm pour le miel pur. L'échantillon E3 ayant donné le plus grand diamètre de 19 mm (miel non dilué) et 16 mm au pourcentage 75%, surpassant les diamètres trouvés avec l'antibiogramme (AMX, CN et E).

5.2 Méthode de diffusion en puits

Les résultats de la méthode de diffusion en puits sont présentés dans l'**Annexe 8 (tableaux A8 et A9)**.

Selon les résultats de la Méthode de diffusion en puits :

- *Escherichia coli*, est résistante aux pourcentages 50 % et 25 %, tandis qu'elle est sensible aux pourcentages 100 % et 75% des 7 échantillons de miel, qui ont donné un effet antibactérien avec des diamètres d'inhibition oscillent entre 10 et 16 mm pour la dilution à 75 % et de 14 à 20 mm pour le miel pur. L'échantillon E4 ayant été le plus active avec des diamètres de 16 mm et 19 mm respectivement pour le miel à 75% et le miel pur.
- *Pseudomonas aeruginosa*, est résistante aux pourcentages 50 % et 25 %, tandis qu'elle est sensible aux actions des enchantions de miel pur (100 %) et la dilution à 75 % des 7 échantillons de miel qui ont donné une activité antibactérienne avec des diamètres d'inhibition oscillent entre 10 et 16 mm pour la dilution à 75 % et de 14 à 18 mm pour le miel pur. L'échantillon E1 ayant donné le plus grand diamètre de 19 mm (miel non dilué) et 16 mm au pourcentage 75%.

D'après les résultats présentés par les **tableaux A6, A7, A8, A9 (Annexe 8)**, on peut discerner que l'effet du miel, sur les deux germes testés, varie d'une part suivant l'échantillon de miel et sa concentration et d'autre part suivant la souche bactérienne. Nous avons également remarqué que la

technique de diffusion en puits montre de meilleurs résultats que l'aromatogramme. Pour les deux techniques de diffusion sur gélose, les sept échantillons de miel ont montré une activité inhibitrice extrêmement forte contre *Pseudomonas aeruginosa* et une activité inhibitrice moindre contre *Escherichia coli*.

Des résultats similaires ont été rapportés par [Allen et al., \(1991\)](#) dans lesquels le miel a été testé pour l'activité antibactérienne sur *Pseudomonas aeruginosa* à des concentrations de 75 % et 100 %, qui inhibaient des diamètres allant de 10 mm à 23 mm. *Escherichia coli* a été la moins sensible des bactéries testées. Ces résultats ont été comparables à ceux obtenus par [Chettoum et al., \(2023\)](#) sur le miel d'Elshifa a eu une action inhibitrice de 5,56 à 26 mm pour les concentrations 75% et 100%.

Les résultats obtenus ont clairement montré que les souches bactériennes testées ont été sensibles à l'effet inhibiteur des sept échantillons de miel, avec des différences d'un type à l'autre et d'une souche à l'autre. Cet effet antibactérien est plus important avec les échantillons non dilués, il diminue avec des dilutions successives.

6 Analyse statistique

6.1 Statistiques descriptives

Tableau 5: Statistiques descriptives.

Variable	Moyenne	Écart type	Variance	Minimum	Maximum
Teneur en eau % méthode 1	14,829	2,365	5,59	10,6	16,8
Teneur en eau % méthode 2	15,914	2,059	4,24	13	19
Cendres (%)	0,3257	0,249	0,062	0,18	0,88
Abs à 450 (mAU)	801	519	269726	78	1562
Matière sèche (%)	84,086	2,059	4,24	81	87
Conductivité électrique (mS/cm)	0,7076	0,2165	0,0469	0,465	1,11
PH	4,2	0,294	0,0867	3,86	4,8
Acidité (méq /Kg)	24	6,64	44,1	15	30
Densité	1,4171	0,0748	0,00559	1,33	1,5
Protéines (mgEBSA/100g)	63,4	23,5	552	30,12	91,07
Polyphénols (mg EAG /100g)	37,92	9,96	99,1	21,48	49,52
Flavonoïdes (mg EQ /100g)	16,45	7,7	59,4	6,56	27,01
DPPH (% Red)	19,73	8,41	70,78	10,87	32,96

6.2 Corrélation entre les paramètres physicochimiques, phytochimiques et du pouvoir antioxydant de miel

Les résultats obtenus pour les corrélations qui portent une signification ont été dévoilés à l'Annexe 9. Ils nous montrent :

- Une corrélation significative et fortement inverse ($r=-1$), ($r=-0,869$) entre la matière sèche et la teneur en eau par l'indice de réfraction ainsi que par le séchage.
- Une corrélation très significative et fortement proportionnelle ($r=0,906$) entre la conductivité et la teneur en cendres, [Silva et al. \(2009\)](#) ont confirmé que l'augmentation de la teneur en cendres est associée par une augmentation de la conductivité électrique.
- Des corrélations significatives et fortement inverses ($r=-0,806$) et ($r=-0,768$) entre l'Abs (450 nm) avec les flavonoïdes et les polyphénols.
- Une corrélation très significative et fortement proportionnelle ($r=0,897$) entre le pH et la teneur en cendres.
- Une corrélation significative et fortement inverse ($r=-0,859$) entre la densité et deux paramètres (les teneurs en eau et en matière sèche).
- Une corrélation très significative et fortement inverse ($r=-0,883$) entre la densité et l'acidité.
- Une corrélation très significative et fortement inverse ($r=-0,884$) entre les flavonoïdes et l'acidité.
- Une corrélation très significative et fortement inverse ($r=-0,941$) entre l'activité antiradicalaire et l'acidité. Par contre, il existe une corrélation significative et fortement proportionnelle ($r=0,821$) entre la densité et l'activité anti radicalaire. Ainsi que, on a une corrélation très hautement significative et fortement proportionnelle ($r=0,957$) entre les flavonoïdes et les polyphénols.
- Une corrélation significative et fortement proportionnelle ($r=0,799$) entre l'activité antiradicalaire et les polyphénols. [Bouyahya et al. \(2017\)](#) ont observé que l'activité antioxydante de différents types de miel de différents pays dépendait principalement de leur concentration en composés phénoliques. De plus, Les travaux de [Sexana et al. \(2010\)](#) ont montré que le principal facteur déterminant la capacité antioxydante des aliments n'est pas la quantité de polyphénols, mais la qualité.
- Une corrélation très significative et fortement proportionnelle ($r=0,873$) entre l'activité antiradicalaire et les flavonoïdes.

Conclusion & perspectives

Conclusion et perspectives

Un total de 7 échantillons de miels de l'Est Algérien ont été d'abord caractérisés par différentes analyses physicochimiques, organoleptiques, phytochimiques et polliniques, et dans une seconde étape quelques propriétés thérapeutiques (activités antioxydante et antibactérienne) ont été évaluées *in vitro*.

Au terme de ce travail, nous pouvons constater les points suivants :

L'examen organoleptique :

- Montre que la majorité de nos échantillons ayants une odeur florale, leur couleur varie entre le jaune pâle et le marron foncé ainsi que leurs saveurs sont appréciables.
- Peut apprécier les défauts du miel.
- Ne remplace pas les examens physico-chimiques et polliniques mais intervient pour confirmer une appellation du miel.

Les analyses physico-chimiques pour chaque paramètre étudié ont révélé que :

- La détermination de la densité et de la teneur en eau des échantillons de miel étudiées est importante pour la qualité du miel. Elle nous a permis de connaître les conditions de stockage, la fermentation, le climat et les conditions d'extraction de miel. Les résultats du taux de d'humidité : par séchage est entre 10.6 et 16.8 % et par réfraction est entre 13 et 19 %, indiquant qu'ils sont murs. De plus les résultats de la densité sont entre 1,33 à 1,5 donc les valeurs sont dans les normes internationales.
- La détermination de la conductivité électrique et le contenu en cendres des échantillons de miel nous a permis de connaître le contenu minéral et l'origine de miel. La conductivité électrique de nos sept échantillons de miel est entre 0,491 à 1,110 mS/cm ; presque tous les échantillons sont des miels de nectar qui représentent des valeurs $\leq 0,80$ mS/cm à l'exception de l'échantillon E4, qui est un miel de miellat, sa valeur $\geq 0,80$ mS/cm. Le contenu minéral des miels analysés compris entre 0,18 et 0,88 %. Tous les résultats cadrent les normes ; dont la teneur en cendres est de 0,6 % au maximum pour les miels de nectar, tandis que le miel de miellat ou d'un mélange de nectar et de miellat doit être inférieur à 1,2 % (Bogdanov *et al.*, 1997). Les résultats des conductivités électriques et des teneurs en cendres obtenus révèlent que toutes les variétés de miel étudiées sont des miels de nectar sauf E4, qui est un miel de miellat.

- La matière sèche permet aussi de déterminer la qualité et les conditions d'extraction et de stockage de miel. Les valeurs de degré de Brix de nos échantillons analysés sont entre 81 et 85,8 %. Ils sont inclus dans l'intervalle fixé par le Codex Alimentaire.
- Les valeurs d'intensité de couleur des échantillons étudiés varient entre 78 et 1562 mAU. On constate que nos échantillons ont une intensité de couleur importante.
- La mesure du pH pour toutes les variétés de miel étudiées est aussi importante pour connaître le type de miel, le pH de nos échantillons varie entre 4,02 et 4,80 laissant supposer que les échantillons analysés sont issus de nectar. A l'exception du miel E4.
- L'acidité libre des miels étudiés présentent des teneurs allant 15 à 30 méq/kg. Ces valeurs témoignent de l'absence de fermentation de ces échantillons.
- Les teneurs en protéines des échantillons de miels étudiés oscillent de 30,12 à 91,04 mg EBSA/100 g. Ces différences peuvent être expliquées par le fait que ces composés proviennent des sécrétions des abeilles ou des plantes (nectar, pollen) et diffèrent selon l'origine botanique du miel (Amri, 2006).

En conséquence, l'analyse des paramètres physico-chimiques est un bon moyen pour estimer la qualité du miel, souvent utilisé dans les contrôles de routine, Elles dépendent de divers facteurs tels que la saison de récolte, le degré de maturité atteint dans la ruche, les facteurs climatiques et l'origine botanique.

L'analyse pollinique qualitative montre que la plupart des échantillons étudiés sont d'origine miel polyfloraux. Ce qui n'a pas mentionné malheureusement par les apiculteurs au début. Les familles les plus fréquentes dans les miels étudiés sont : *Astereaceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae* et *Lamiaceae*.

D'après les résultats obtenus des dosages phytochimiques et du pouvoir antioxydant de miel, nous pouvons dire qu'il y'a une bonne corrélation entre l'activité antiradicalaire analysée par le test de DPPH et le contenu en polyphénols des miels étudiés.

L'évaluation de l'activité antibactérienne des échantillons de miel a été réalisée *in vitro* contre deux souches de bactéries Gram-négatives ; *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* fournis par le Laboratoire d'analyses médicales de l'hôpital Tamalous-Skikda. Les résultats obtenus montrent que les bactéries testées ont été sensibles, avec une certaine variabilité d'un échantillon de miel à l'autre et d'une souche à l'autre, le pouvoir antibactérien a été plus important pour les échantillons non dilués, et il a diminué avec des dilutions successives. Nous avons constaté que la capacité antibactérienne du miel de l'échantillon E3 contre ces souches Gram-négatives a été la plus

importante parmi les miels étudiés, en surpassant les diamètres trouvés avec l'antibiogramme (AMX, CN et E).

L'analyse statistique a montré des corrélations (proportionnelle et inverse) portent une signification entre quelques paramètres physicochimiques, phytochimiques et du pouvoir antioxydant de miel.

Finalement, nous dirions aux consommateurs que le prix du miel n'est pas un indicateur fiable de la qualité, car nous avons remarqué que les prix varient considérablement, mais le miel cher n'est pas nécessairement de bonne qualité. Nous croyons à poursuivre ce travail et l'étendre au plus grand nombre de Wilaya algériennes pour faciliter la sélection des installations apicoles afin d'augmenter la production du miel algérien et valoriser la médecine traditionnelle et naturelle en Algérie.

Références

bibliographiques

Références bibliographiques

A

- Abed NEK, Allag D, Saou S, Malki S. (2022).** Analyse pollinique et évaluation de l'activité antioxydante des échantillons du miel algérien. Mémoire de Master en Biochimie Appliquée. Université de Larbi Ben M'hidi-Oum El Bouaghi.
- Acquarone C, Buera P, Elizalde B. (2007).** Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Rev Food Chem.* 101 : 695–703.
- Adgaba N, Al-Ghamdi A, Sharma D, Tadess Y, Alghanem S M, Khan K A, Mohamed GKA. (2020).** Physico-chemical, antioxidant and anti-microbial properties of some Ethiopian monofloral honeys. *Saudi Journal of Biological Sciences.* 27 (9) : 2366–2372.
- Adeonipekun PA, Adeniyi TA, Akinsoji A, Eden D. (2016).** Diversité florale et propriétés antibactériennes du miel de trois zones écologiques différentes au Nigéria. *Monde de l'abeille.* 93 (3) : 68–73.
- Agbodjogbe OI, Djossou AJ, Tchobo FP, Mazou M. (2022).** Etude du comportement de consommation et de la qualité du miel commercialisé à Cotonou (Bénin). EPAC/CAP/UAC.
- Al-Mamary M, Al-Meerri A, Al-Habori M. (2002).** Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutritional Research.* 22:1041–1047.
- Allen KL, Molan PC, Reid GM. (1991).** «A survey of antibacterial activity of some New Zealand honeys». *J Pharm. Pharmacol.* 43: 817–822.
- Alvarez-Suarez JM, Tulipani S, Diaz D, Estevez Y, Romandini S, Giampieri F, Damiani E, Astolfi P, Bompadre S, Battino M. (2010).** Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. *Food Chem. Toxicol.* 48 : 2490–2499.
- Amiot MJ, Aubert S, Gonnet M, Tacchini M. (1989).** Les composés phénoliques des miels : étude préliminaire sur l'identification et la quantification par familles, *Apidologie.* 20 (2) : 115–125.
- Amri A. (2006).** Evaluation physico-chimique et détermination de l'origine botanique de quelques variétés de miel produites à l'Est d'Algérie. Mémoire de Magistère de Biologie en Biochimie Appliquée. Université Badji Mokhtar.
- Antony SM, Han IY, Rieck JR, Dawson PL. (2000).** Antioxidative effect of Maillard reaction products formed fromat different reaction times. *J. Agr. Food Chem.* 48: 3985–3989.
- Andrew JM. (2009).** Standardized disc susceptibility testing method (version 8). *Journal of Antimicrobial Chemotherapy.* 64: 454–489.
- AOAC, (1990).** Acidity of Honey, *Official Methods of Analysis.* 19: 962–1033.

AOAC (1995). *Official methods of analysis* (16th ed.). Washington, DC, USA.

Avril JL, Fauchère JL. (2002). *Bactériologie générale et médicale*. Paris: Editions Ellipses. p368.

Azeredo LdaC, Azeredo MAA, de Souza SR, Dutra VML. (2003). Protein contents and physicochemical properties in honey sample of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry*. 80 : 249–254.

B

Beretta J, Giangiacomo G, Ferrero M, Orioli M, Maffei Facino R. (2005). Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *An. Chimica Acta*. 533 :185–191.

Blasa M, Candiracci M, Accorsi A, Piacentini MP, Albertini MC, Piatti E. (2006). Raw Milleriori honey is packed full of antioxidants. *Food Chemistry*. 97 : 217–222.

Bogdanov S, Bieri k, Figar M, Figueiredo V, Iff D, Känzig A, Stöckli H, Zurcher K. (1995). Miel: définition et directives pour l'analyse et l'appréciation. In livre Suisse des denrées alimentaires. 1–26.

Bogdanov S. (1999). Stockage, cristallisation et liquéfaction du miel. Centre suisse de recherche apicoles. 5p.

Bogdanov S, Lullmann C, Martin P. (2001). Qualité du miel et norme international relative au miel. Rapport de la commission international du miel. Abeille Cie N° 71-4. 2p

Bogdanov S, Bieri K, Gremaud G, Iff D, Känzig A, Seiler K, Stöckli H, Zürcher K. (2003). Produits apicoles. In : « Manuel suisse des denrées alimentaires ». Chapitre 23.

Bogdanov S. (2004). Produits apicoles, 23A Miel, Revus par le groupe d'experts « Produits apicoles » 37 P

Bogdanov S, Gallmann P, Stangaciu SC, Herbuliez, T. (2006). Produits apicoles et santé. *Station de recherche, Agroscope Liebefeld-Posieux, ALP, N41f. ISSN, 1661-0660.*

Bogdanov S, Gallmann P, Stangaciu S, Cherbuliez P. (2006). Produits apicoles et santé. ALP forum No 41F. 52 p

Bogdanov S., Martin P. and Lullmann C. (1997). Harmonised methodes of the european Honey Commission in Apidologie Extra issu, 1–59.

Bonté F, Desmoulière A. (2013). Le miel : origine et composition. *Actualités pharmaceutiques*. 52 (531) : 18–21.

Bouyahya A, Abrini JAE, Lagrouh F, Dakka N, Bakri Y. (2017). Analyse phytochimique et évaluation de l'activité anti-oxydante des échantillons du miel marocain. *Phytothérapie*.1–5.

Bradbear N. (2005). Apiculture et moyens d'existence durables. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. ISSN 1813-6001, Rome, 64 p.

Bradford MM. (1976). A rapid and sensitive for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248–254.

Bruneau E. (2002). Le miel en 10 questions. In CARI. Editor A de l'API l'essentiel du programme européen de miel 68.

Bruneau E. (2005). Les analyses du miel : les paramètres physico-chimiques. *Actu Api, Cari.* 1–8.

C

Caillas A. (1927). Les produits de la ruche : leurs compositions et leurs usage pratiques. 95–105.

Cavia MM, Fernández-Muiño MA, Alonso-Torre SR, Huidobro JF, Sancho MT. (2007). Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food Chemistry.* 100 : 1728–1733.

Centre Apicole de Recherche et d'Information (CARI). (2018). Apiculture wallonne et bruxelloise [en ligne]. [Consulté en Jan. 2018] Disponible sur <http://www.cari.be/article/roue-des-aromes/>

Chataway HD. (1935). Honey tables showing the relationship between various hydrometer scales and refractive index to moisture content and weight per gallon of honey. *Can. Bee J.* 43: 215–220.

Chettoum A, Feknous N, Boumendjel M, Mekhancha DE, Boudida Y, Sedari A, Berredjem A, Ati H, Zaidi K, Boumendjel A, Messarah M. (2023). Biological, physicochemical and antibacterial properties of pure honey harvested at the municipality of Seraïdi (Annaba, north east of Algeria). *Food Science and Technology.* 43. e41022.2023.

Chimal-Cahuich LA, Antonio A, Aragón-Moreno EEBE, Rivero-Cruz JF, Rivero-Cruz BE, Xolalpa-Aroche AURORA. (2023). Miel de Xunankab (*Melipona beecheii*) : una contribución sobre su capacidad antioxidante, actividad antibacteriana y la relación con la flora néctar-polinífera. *Centro.* 15: 81–85.

Codex Alimentarius Commission. (1993). Standard for honey. In "Honey quality". Ref. Nr. CL 1993/14-SH, FAO and WHO, Rome.

Commission Internationale du Miel (2002). Harmonised methods of the international honey commission. Centre Suisse des recherches apicoles. 62 p.

Crane E. (1991). Honey from honeybees and other insects. *Ethology Ecology & Evolution.* 3(sup1) : 100–105.

D

Dahham SS, Ali MN, Tabassum H, Khan M. (2010). Studies on Antibacterial and Antifungal Activity of Pomegranate (*Punica granatum L.*). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 9 (3): 273–281.

Darrigol J. (1979). *Le miel pour votre santé.* Ed. Maloine. Paris. p14.

- Desmoulière A. (2013).** Le miel, de remarquables propriétés cicatrisantes. *Actualités Pharmaceutiques*.52 (531) :17–17.
- Deschamps VC. (1998).** Production et commercialisation du miel. Thèse de doctorat vétérinaire. Université Paul Sabatier. Toulouse. 118p.
- Downey G, Hussey K, Kelly JD, Walshe TF, Martin PG. (2005).** Preliminary contribution to the characterisation of artisanal honey produced on the island of Ireland by palynological and physico-chemical data. *Food Chemistry*, 91:347–354.
- Donadieu Y. (1984).** *Le miel thérapeutique*. 2^{ème} Ed Maloine S. A. Paris. 28p.
- Donadieu Y. (1987).** *Le pollen thérapeutique naturelle*. 7^o Edition. Paris. Maloine edit.62p.
- Dongock ND, Avana TML, Djimasngar M, Goy S, Pinta JY. (2017).** Importance écologique et potentialité apicole à la périphérie du Parc national de Manda en zone soudanienne du Moyen-Chari (Tchad). *International Journal of Environmental Studies*. 74 (3) : 443–457.
- Draiaia R, Rezki A-R, Ben nacer k, Chefrour E. (2014):** Quality of Some Algerian Honey: Study of Botanical and Some Physicochemical Parameters, *Middle-East Journal of Scientific Research*. 22 (9): 1363–1371.

E

- Eddy JJ, Gideonsen MD, Mack GP. (2008).** Practical considerations of using topical honey for neuropathic diabetic foot ulcers: a review. *WMJ*.107 (4) : 187–190.
- El Sohaimy SA, Masry SHD, Shehata MG. (2015).** Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences*. 60 (2): 279–287.
- Emmanuelle H, Julie C, Laurent G. (1996).** Les Constituants Chimiques du Miel. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. APISERVICES, Galerie Virtuelle apicole.
- Eon N. (2011).** De la fleur à l'abeille, de l'abeille au miel, du miel à l'homme : Miel et autres produits de la ruche [Thèse]. Nantes : Université de Nantes.
- Espoir KK, Dieudonné BM. (2022).** Analyse méliissopalynologique des miels de Bukavu et ses environs. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 37 (4): 779–783.

F

- Fanny B. (2012).** Les propriétés thérapeutiques du miel et leur domaine d'application en médecine générale : revue de la littérature. *Medicine humaine et pathologie*. P 22–24.
- François L. (2017).** La texture du miel. *J. alim. natur bio*.
- Fredot E. (2009).** Connaissance des aliments : Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Deuxième édition. Edition TEC&DOC, 11, rue Lavoisier, Paris.

Ferreira ICFR, Aires E, Barreira JCM, Estevinho LM. (2009). Antioxydant activity of Portuguese honey simple : different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry*, 114 : 1438–1443.

G

Gheldof N, Wang H, Engeseth N. (2002). Identification and Quantification of Antioxidant Components of Honeys from Various Floral Sources. *J. Agric. Food Chem.* 50(21): 5870–5877.

Gonnet M. (1982). Le miel ; composition, propriétés, conservation. O.P.I.D.A., Echauffour, 2^eédition, 31p.

Gonnet M. (1986). L'analyse des miels. Description de quelques méthodes de contrôle de qualité. *Bull. Tech. Apic.* 54, 13 (1):17–36.

Gonnet M. (1993). Les principaux critères de la qualité d'un miel. *Revue Française d'Apic.* 30: 269–271.

Gonnet M. (2004). Préserver la qualité des miels. *Revue, Abeilles et fleurs*, 3p.

Gonnet M, Vache G. (1985). Le goût du miel. Ed. UNAF, Paris. 150p

Gonnet M, Vache G. (1992). The taste of honey. Apimondia, Bucarest

H

Hoyet C. (2005). Le miel : de la source à la thérapeutique. Thèse pour obtenir : le diplôme d'état de docteur en pharmacie, université Henri Poincaré – Nancy 1, France.

Huchet E, Coustel J, Guinot L. (1996). Les constituants chimiques du miel. Méthode d'analyse chimique. Département de science et l'aliment. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. France. 16p.

I

Ibrahim Khalil MD, Sulaiman SA, Alam N, Moniruzzaman M, Bai'e S, Man CN, Jamalullail SMS, Gan SH. (2012): Gamma Irradiation Increases the Antioxidant Properties of Tualang Honey Stored Under Different Conditions. *Molecules.* 17: 674–687.

Irina D, Georgiia G, Livia P, Alina ME, Rodica S. (2010). The antioxydant activity of selected Romanian honeys. *J. Food Tech.* 34 (2) : 77–83.

Irlande D, (2010). Le miel et ses propriétés thérapeutiques. Mémoire en pharmacies. Université de Paris France.

J

Jean-Prost P et Le Conte Y. (2005). Apiculture. Connaître l'abeille, conduire le rucher 7^eème édition, Tec & Doc Lavoisier, 698p.

K

- Kaoudji Y, Nehlil M, Sadadou A. (2020).** Etude physico-chimique et pharmaco-toxicologique des effets du miel et du pollen. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.
- Kanoun K. (2010).** Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Myrtus communis* L. (Rayhane) de la région de Tlemcen (Honaine). Mémoire de Magister en substances naturelles, activités biologiques et synthèse. Université Abou Bakr Belkaid. Tlemcen.118 p.
- Khalil MI, Moniruzzaman M, Boukraâ L, Benhanifia M, Islam MA, Islam MN, Sulaiman SA, Gan SH. (2012).** Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey. *Molecules*; 17(9):11199–11215.
- Kowalski S, Lukasiewicz M, Duda-Chodak A, Zięc G. (2013).** 5-Hydroxymethyl-2-Furfural (HMF)– Heat-Induced Formation, Occurrence in Food and Biotransformation – a Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 63 (4) : 207–225

L

- Laurent O. (2005).** *Les bienfaits du miel*. Edition De Vecchi S.A. 101p.
- Lachman J, Orsak M, Hejtmankova A, Kovarova E. (2010).** Evolution of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech Honeys. *Food Science and Technology*. 1(43) : 52–58.
- Lequet L. (2010).** Du nectar a un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur. Thèse de Doctorat. Université Claude-Bernard-Lyon 1. 194p.
- López-Patiño CL, Arroqui C, Horvitz S, Vírveda P. (2021).** Strategies to enhance propolis ethanolic extract's flavor for its use as a natural preservative in beef. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. 9(2) : 521–532.
- Loubreau-Callen D, Clement MC, Marmion V. (1999).** Les miels in « *techniques de l'ingénieur, traité agroalimentaire* ». P 1-20.
- Louveaux J. (1985).** *Les abeilles et leur élevage*. Edition Opida. p.165–181.
- Louveaux J, Abed L. (1984).** Les miels d'Afrique du Nord et leur spectre pollinique. *Apidologie*.15(2) :145–170.

M

- Mahouachi M. (2008).** Etude de faisabilité de la mise en place de signes distinctifs de la qualité et/ou d'origine pour le miel tunisien, Ministère de l'agriculture et des ressources hydrauliques Tunisie, Pp.49–50.

- Makhloufi C, Kerkvliet D, Ricciardelli d'albore G, Choukri A, Samar R. (2010).** Characterization of Algerian honeys by palynological and physico-chemical methods. *Apidologie*, 41: 509–521.
- Martin MJ, Fredes C, Nuñez G, Ginocchio R, Montenegro G. (2014).** Comparison of methods for determining the color of Chilean honeys and the relationship of color with botanical origin in central Chile. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*.41(3) : 411–418.
- Melin E. (2011).** Botanique apicole. École d'Apiculture de la Région wallonne. 19 p.
- Meda A, Lamien CE, Romito M, Millogo J, Nacoulma OG. (2005).** Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food chemistry*. 91 (3) : 571–577.
- Moniruzzaman M, Sulaiman SA, Khalil MI, Gan S H. (2013).** Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: a comparison with manuka honey. *Chem. Cent. J.* 7,138.
- Mora MI, Marioli JM. (2001).** Honey carbohydrate analysis by HPLC, with electrochemical detection, using a Ni-Cr alloy electrode. *Journal of liquid chromatography & related technologies*.24 (5) : 711–720.
- Mutsaers M, Blitterswijk HV, Leven LV, Kerkvliet J, Van de Waerd J. (2005).** Produits de l'apiculture : propriétés, transformation et commercialisation. Série Agrodok N° 42.

N

- Nair S. (2014).** Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels Algériens. Thèse de Doctorat en Biologie. Université d'Oran. p 202.
- Nair S, Meddah B, Abdelkader Aoues A. (2013).** Melissopalynological Characterization of North Algerian Honeys, *Foods* (2), 83–89.
- NCCLS (2002):** Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. Twelfth informational supplement. NCCLS document M100-S12.NCCLS, Wayne.

O

- Ordenez AAL, Gomez JD, Vattuone MA, Isla MI. (2006).** Antioxydant activity of *Sechium edule* (Jacq) Swartz extracts. *Food Chemistry*. 97 : 452–458.
- Ouchemoukh S. (2012).** Caractérisation physicochimique, profils polliniques, glucidiques et phénoliques et activités antioxydantes de miels Algériens. Thèse de Doctorat de Biologie en Biocimie. Université Abderrahmane Mira, Faculté des Sciences de la nature et de la vie, Béjaïa.

Ouchemoukh S, Louaileche H, Schweitzer P. (2005). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control*.18: 52–58.

P

Perna A, Simonetti A, Intaglietta I, Sofo A, Gambacorta E. (2012). Metal content of southern Italy honey of different botanical origins and its correlation with polyphenol content and antioxidant activity. *Int. J. Food Sci. Technol.* 47: 1909–1919.

Piazza MG. (1991). Electrical conductivity, ash, colour specific rotatory power in Italian unifloral honeys. *Apicultura*.7:51–63.

Pierre MF, Bigman AB, Dieudonné BM. (2022). Analyse phytochimique et activité antioxydante de quelques miels de Bukavu et de ses environs. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 37(4):772–778.

Prost PJ. (1987). *L'apiculture*. ED J.B. Ballière, Lavoisier, Paris, p.141–153.

R

Ravazzi G. (2007). Abeille et Apiculture, Edition De Vecchi S. A, Paris.

Ribéreau-Gayon J, Peynaud E, Sudraud P, Ribéreau-Gayon P. (1982). Composés phénoliques. In « *Traité d'œnologie, sciences et techniques du vin* ». Edition Dunod, 477–499.

Rossant A et Desmouliere A. (2011). Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. 132 p. Thèse de Doctorat. Pharmacie. Limoges. Université de Limoges.

Ruegg M, Blanc B. (1981). The water activity of honey and related solutions. *Lebensmitt. Wiss. Technol.* 14 : 1–6.

S

Sanz ML, Gonzalez M, De Lorenzo C, Sanz J, Martinez-Castro I. (2005). A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey. *food chemistry*, 91:313–317.

Šarić G, Marković K, Major N, Krpan M, Ursulin-Trstenjak N, Hruskar M, Vahčić N. (2012). Changes of Antioxidant Activity and Phenolic Content in Acacia and Multifloral Honey During Storage. Original scientific paper, *FTB-ms* 2946.

Saxena S, Gautam S, Sharma A. (2010). Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chem.* 1(3): 202–203.

Silva LR, Videira R, Monteiro AP, Valentão P, Andrade PB. (2009). Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. *Microchemical Journal*. 93 (1): 73–77.

T

Terrab A, González AG, Díez MJ, Heredia FJ. (2003). Characterization of Moroccan unifloral honeys using multivariate analysis. *Rev. Europ. Food Resea. and Techn.* 218 : 88–95.

V

Viel C, Doré JC. (2003). Histoire et emplois du miel, de l'hydromel et des produits de la ruche. Dans : *Revue d'histoire de la pharmacie*, 91^e année, n°337, p. 7–20.

Vinson JA, Dabbagh YA, Serry MM, Jang J. (1995). Plant flavonoids, especially tea flavonols are powerful antioxidants in an in vitro antioxidant model for heart disease. *J. Agr. Food Chem.* 43 : 2800–2802.

Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Fernandez-Lopez, Perez-Alvarez JA. (2008). Functional properties of honey, propolis and royal jelly. *Journal of Food Science*, 73(9) : 117–122.

Vlietinck AJ, Berghe DAV. (1991). Can ethnopharmacology contribute to the development of antiviral drugs? *Journal of ethnopharmacology*. 32(1-3) : 141–153.

W

White JW, Riethof MH, Kushnir I. (1962): Composition of American Honeys. *United States Department of Agriculture Technical Bulletin*. 1261:124.

Z

Zerrouk S, Bahloul R, Chaibi R. (2022). Pollen Characterization of Polyfloral Honeys from Laghouat Region (Algeria). *Int J Agri Biosci*, 11(2), 103–107.

Zouak, Boufdah. (2011). Etude de processus technologique et l'évolution des caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du miel et conditionnés : conserve et boisson. Skikda : institut agroalimentaire de Emdjez-Eddchiche ,56p.

Annexes

Annexe 1 : Appareillage utilisé dans les analyses des miels.



Spectrophotomètre UV-visible



Autoclave



Étuve de séchage sécurisé



Four à moufle



Étuve de type Memmert



Analyseur de chimie automatique



Microscope photonique



Conductimètre



Réfractomètre (Abbé)



Agitateur magnétique



pH mètre à affichage numérique



Balance analytique



Centrifugeuse



Balance de précision

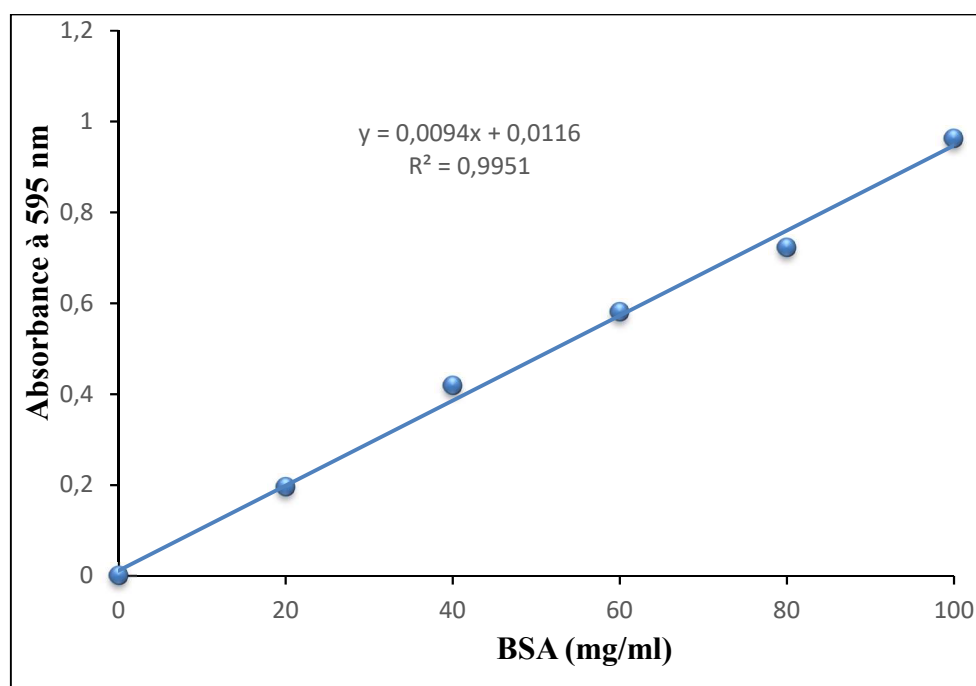
Annexe 2 : Table de CHATAWAY.

Tableau A1 : Table de CHATAWAY (Bogdanov, 2002).

Indice de réfraction à (20°C)	Teneur en eau (g/ 100g)	Indice de réfraction à (20°C)	Teneur en eau (g/ 100g)
1,5044	13,0	1,4890	19,0
1,5038	13,2	1,4885	19,2
1,5033	13,4	1,4880	19,4
1,5028	13,6	1,4875	19,6
1,5023	13,8	1,4870	19,8
1,5018	14,0	1,4865	20,0
1,5012	14,2	1,4860	20,2
1,5007	14,4	1,4855	20,4
1,4002	14,6	1,4850	20,6
1,4997	14,8	1,4845	20,8
1,4992	15,0	1,4840	21,0
1,4987	15,2	1,4835	21,2
1,4982	15,4	1,4830	21,4
1,4976	15,6	1,4825	21,6
1,4971	15,8	1,4820	21,8
1,4966	16,0	1,4815	22,0
1,4961	16,2	1,4810	22,2
1,4956	16,4	1,4805	22,4
1,4951	16,6	1,4800	22,6
1,4946	16,8	1,4795	22,8
1,4940	17,0	1,4785	23,0
1,4935	17,2	1,4780	23,2
1,4930	17,4	1,4775	23,6
1,4925	17,6	1,4770	23,8
1,4920	17,8	1,4765	24,0
1,4915	18,0	1,4760	24,2
1,4910	18,2	1,4755	24,4
1,4905	18,4	1,4750	24,6
1,4900	18,6	1,4745	24,8
1,4995	18,8	1,4740	25,0

Annexe 3 : Réactif de Bradford et courbe d'étalonnage des protéines.**Réactif de Bradford**

Bleu de Coomassie brillant G-250.....	100 mg
Éthanol.....	50 ml
H3PO4 (85%).....	100 ml
Eau distillé q.s.p	1000 ml

Courbe d'étalonnage des protéines**Figure A1 : Courbe d'étalonnage des protéines.**

Annexe 4 : Courbes d'étalonnage des composés phénoliques et des flavonoïdes.

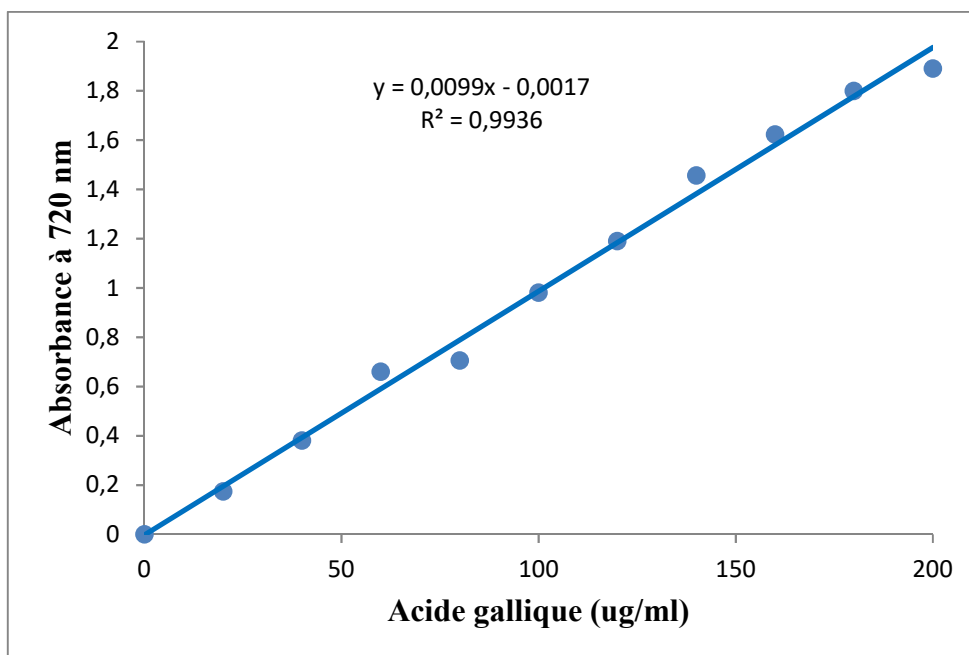


Figure A2 : Courbe d'étalonnage des composés phénoliques.

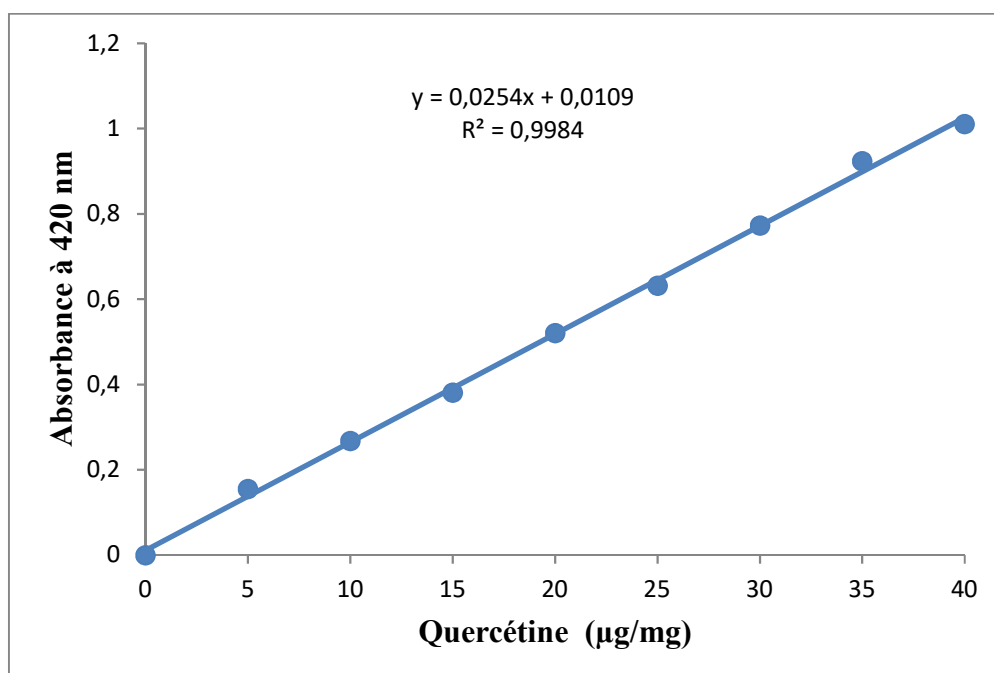


Figure A3 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.

Annexe 5 : Résultats des analyses physico-chimiques et de l'effet antioxydant de miel.

Tableau A2 : Résultats des analyses physico-chimiques.

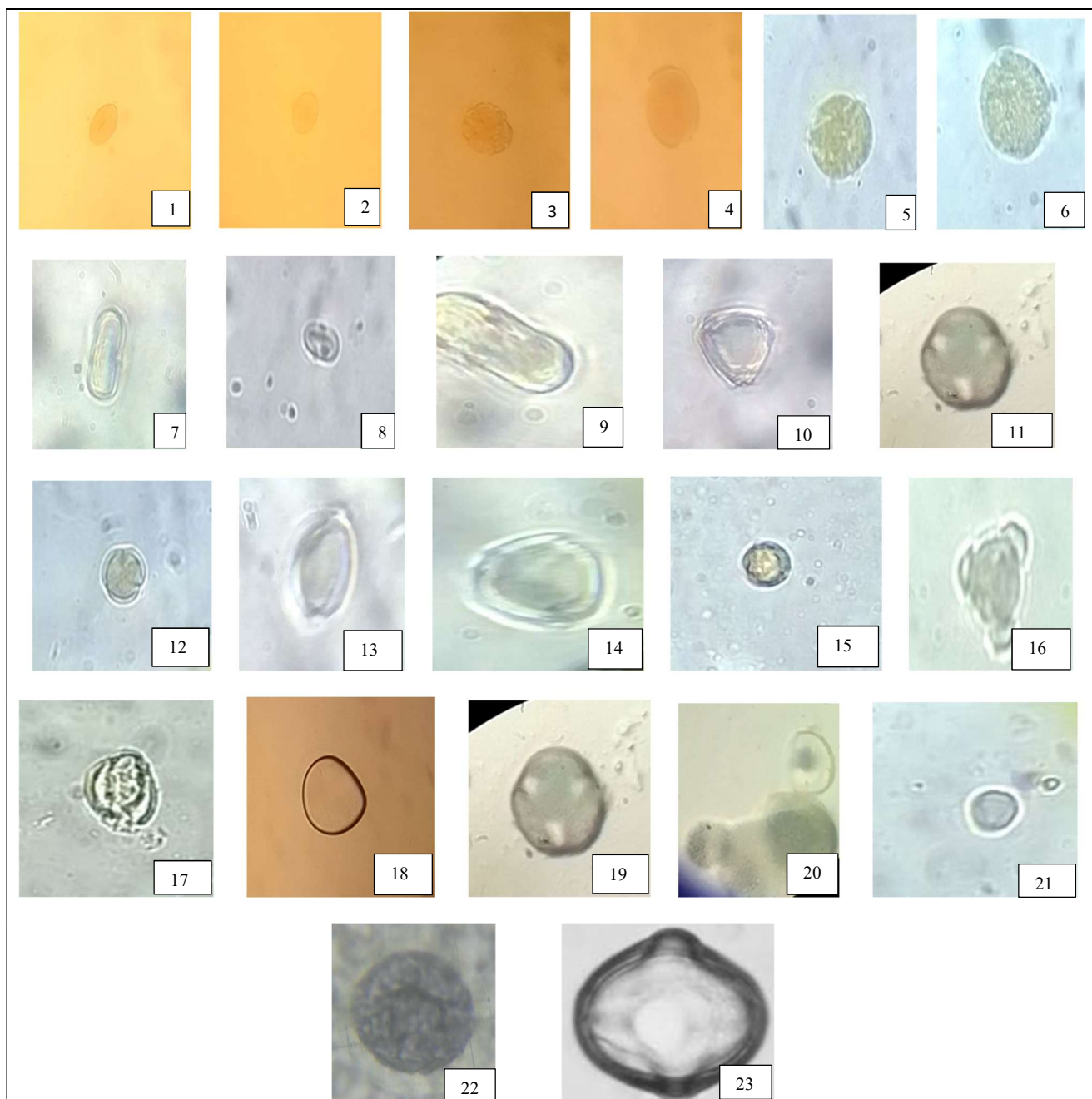
Échantillons de miel	Teneur en eau % méthode 1	Teneur en eau % méthode 2	Cendres %	Abs 720 nm	Abs 450 nm	Abs à 450 (mAU)
E1	10,6	13	0,23	0,242	0,716	948
E2	12,8	14,2	0,22	0,376	0,337	78
E3	16,4	15,8	0,29	0,382	0,282	810
E4	16,2	15,8	0,88	0,4	0,805	200
E5	16,8	19	0,18	0,653	1,075	844
E6	16,6	18	0,18	0,157	0,739	1164
E7	14,4	15,6	0,3	0,188	0,969	1562

Matière sèche %	Conductivité électrique mS/cm	PH	Acidité méq /Kg	Densité	Protéines (mgEBSA/100g)
87	0,727	4,1	15	1,50	64,55
85,8	0,631	4,24	22,5	1,49	30,12
84,2	0,744	4,02	30	1,37	78,29
84,2	1,110	4,8	15	1,49	91,07
81	0,465	4,2	27,5	1,33	87,64
82	0,491	3,86	30	1,34	49,76
84,4	0,785	4,18	28	1,4	42,35

Tableau A3 : Résultats de l'effet antioxydant de miel.

Échantillons de miel	Phénols totaux (mg EAG /100g)	Flavonoïdes totaux (mg EQ /100g)	DPPH (% Red)
E1	47,16	25,46	32,96
E2	42,93	18,34	21,48
E3	36,81	12,22	17,03
E4	49,52	27,01	28,39
E5	29,09	9,84	16,26
E6	38,47	15,72	10,87
E7	21,48	6,56	11,14

Annexe 6 : Quelques types polliniques contenus dans les échantillons de miels analysés.



1: *Synapsis arvensis* **Brassicaceae**. 2: *Trifolium* sp. **Fabaceae**. 3: *Acacia* sp. **Fabaceae**. 4: *Cistus* sp. **Céstaceae**. 5: **Lamiaceae**. 6: **Brassicaceae**. 7: *Daucus carota* **Apiaceae**. 8: *Adonis* sp. **Ranunculaceae**. 9: *Pimpinella* sp. **Apiaceae**. 10: *Eucalyptus* sp. **Myrtaceae**. 11: *Erica arborea* **Ericaceae**. 12: *Brassica napus* **Brassicaceae**. 13: **Fabaceae**. 14: **Rhamnaceae**. 15: **Chenopodiaceae**. 16: *Galactites tomentosa* **Asteraceae**. 17: *Echinops* sp. **Asteraceae**. 18: *Echium* sp. **Boraginaceae**. 19: *Euphorbia* sp. **Euphorbiaceae**. 20: *Pinus* sp. **Pinaceae**. 21: **Lamiaceae**. 22: **Asteraceae**. 23: *Trifolium* sp. **Fabaceae**.

Annexe 7 : Questionnaire utilisé pour déterminer les caractères organoleptiques.**Nom :****Prénom :****Fonction :****Date :**

Veillez observer et goûter ces échantillons, et montrer votre appréciation pour les caractères cités ci-dessous en cochant les cases appropriées.

Pour le profil gustatif, il vous est demandé de vous rincer la bouche à l'eau après chaque dégustation et de ne pas fumer avant dégustation.

Caractères organoleptiques**Couleur**

Jaune pale Jaune orangé Marron foncé Brun clair
Marron Brun dense

Aspect

Liquide Visqueux Cristallisé Fluide

Odeur**• Intensité**

Forte Moyenne Fine

• Description

Végétale Florale Boisé Fruité

Goût et arôme**• Saveur**

Acide Sucré Moins sucré Amer

• Intensité de la saveur

Forte Moyenne Faible

Nous vous remercions d'avoir répondu à ces questions.

Tableau A6 : Résultats de l'aromatogramme reflétant la sensibilité d'*Escherichia coli* aux différentes dilutions des sept échantillons de miel.

Diamètre de zone d'inhibition (mm) chez <i>E. coli</i>				
Échantillons	100%	75%	50%	25%
E1	17	15	9	6
E2	14	13	8	9
E3	16	15	9	8
E4	14	13	8	8
E5	14	12	8	7
E6	16	14	9	8
E7	16	13	9	7

Tableau A7: Résultats de l'aromatogramme reflétant la sensibilité du *Pseudomonas aeruginosa* aux différentes dilutions des sept échantillons de miel.

Diamètre de zone d'inhibition (mm) chez <i>p. aeruginosa</i>.				
Échantillons	100%	75%	50%	25%
E1	18	15	8	8
E2	15	13	8	7
E3	19	16	9	7
E4	15	14	9	8
E5	16	14	7	7
E6	17	15	8	8
E7	17	15	8	6

Tableau A8: Résultats de la méthode de diffusion en puits, reflétant la sensibilité d'*Escherichia coli* aux différentes dilutions des sept échantillons de miel.

Diamètre de zone d'inhibition (mm) chez <i>E. coli</i>				
Échantillons	100%	75%	50%	25%
E1	18	14	9	7
E2	14	12	9	9
E3	15	13	8	7
E4	19	16	9	8
E5	13	10	8	6
E6	16	11	7	7
E7	15	12	9	8

Tableau A9 : Résultats de la méthode de diffusion en puits, reflétant la sensibilité du *Pseudomonas aeruginosa* aux différentes dilutions des sept échantillons de miel.

Diamètre de zone d'inhibition (mm) chez <i>p. aeruginosa</i> .				
Échantillons	100%	75%	50%	25%
E1	20	16	9	7
E2	14	13	8	6
E3	20	15	9	7
E4	16	13	9	8
E5	14	13	8	7
E6	15	14	7	6
E7	16	14	9	8

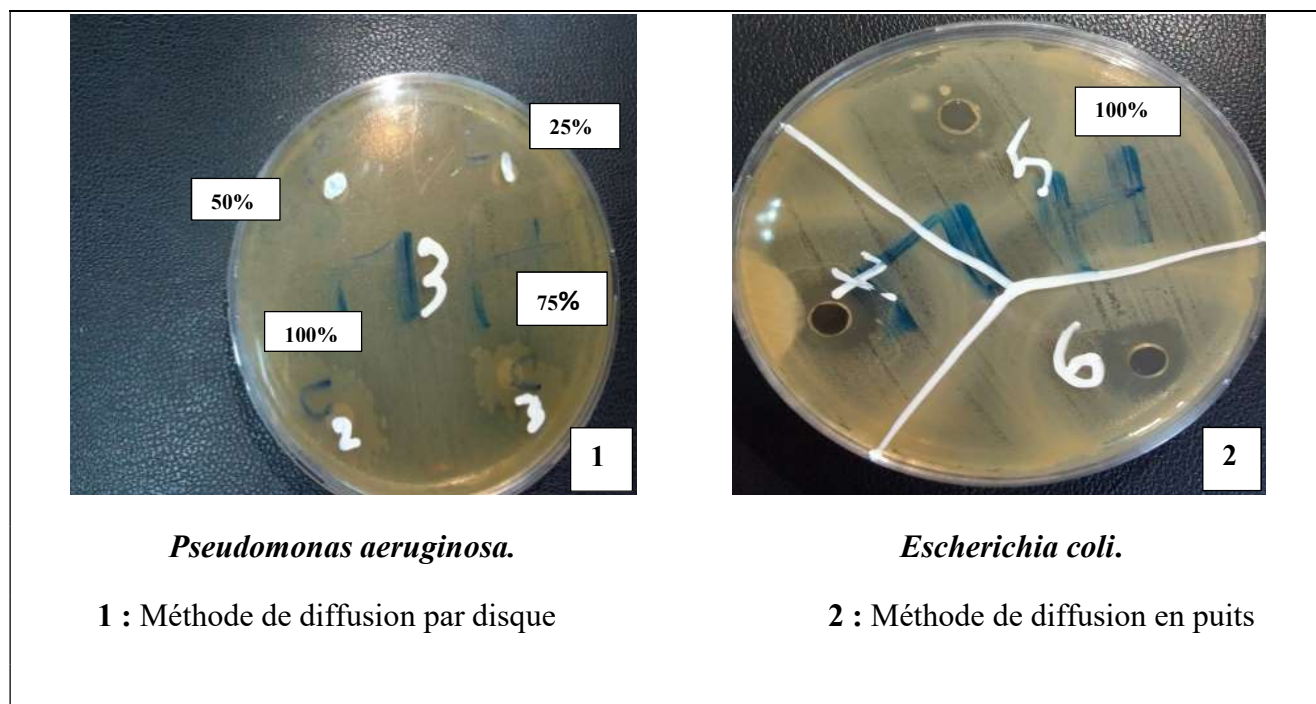


Figure A5 : Effet inhibiteur de quelques échantillons du miel non dilué et dilué sur *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Annexe 9 : Corrélation entre les paramètres physicochimiques, phytochimiques et du pouvoir antioxydant de miel.

	Teneur en eau %	Teneur en eau %	Cendres %	Abs 450 nm
Teneur en eau %	0,869			
	0,011			
Cendres %	0,223	-0,112		
	0,630	0,811		
Abs 450 nm	0,226	0,480	-0,597	
	0,627	0,276	0,157	
Abs 720 nm	0,356	0,405	0,046	0,144
	0,434	0,367	0,921	0,758
Abs à 450 (mAU)	0,059	0,238	-0,451	0,810
	0,900	0,607	0,310	0,027
Matière sèche %	-0,869	-1,000	0,112	-0,480
	0,011	*	0,811	0,276
Conductivité électrique	-0,069	-0,449	0,906	-0,555
	0,883	0,313	0,005	0,196
PH	0,069	-0,145	0,897	-0,579
	0,883	0,756	0,006	0,173
Acidité	0,573	0,624	-0,572	0,625
	0,179	0,134	0,180	0,133
Densité	-0,729	-0,859	0,455	-0,755
	0,063	0,013	0,305	0,050
Protéines	0,470	0,351	0,490	0,119
	0,287	0,441	0,264	0,800
Polyphénols	-0,315	-0,469	0,449	-0,806
	0,492	0,289	0,312	0,028
Flavonoïdes	-0,404	-0,515	0,544	-0,768
	0,369	0,237	0,206	0,044
DPPH	-0,592	-0,661	0,435	-0,551
	0,161	0,106	0,330	0,200

	Abs 720 nm	Abs à 450 (mAU)	Matière sèche %	Conductivité électrique
Abs à 450 (mAU)	-0,445			
	0,317			
Matière sèche %	-0,405	-0,238		
	0,367	0,607		
Conductivité électrique	-0,153	-0,316	0,449	
	0,743	0,489	0,313	
PH	0,305	-0,594	0,145	0,790
	0,506	0,160	0,756	0,035
Acidité	0,030	0,512	-0,624	-0,615
	0,950	0,240	0,134	0,142
Densité	-0,209	-0,556	0,859	0,619
	0,653	0,195	0,013	0,138
Protéines	0,590	-0,167	-0,351	0,318
	0,163	0,721	0,441	0,488
Polyphénols	-0,066	-0,707	0,469	0,400
	0,887	0,076	0,289	0,374
Flavonoïdes	-0,136	-0,604	0,515	0,512
	0,772	0,151	0,237	0,240
DPPH	0,095	-0,551	0,661	0,513
	0,839	0,200	0,106	0,239

	PH	Acidité	Densité	Protéines
Acidité	-0,662			
	0,105			
Densité	0,556	-0,883		
	0,195	0,008		
Protéines	0,422	-0,215	-0,163	
	0,345	0,643	0,728	
Polyphénols	0,374	-0,744	0,680	0,194
	0,409	0,055	0,093	0,676
Flavonoïdes	0,494	-0,884	0,768	0,216
	0,260	0,008	0,044	0,642
DPPH	0,512	-0,941	0,825	0,315
	0,240	0,002	0,022	0,491

	Polyphénols	Flavonoïdes
Flavonoïdes	0,957	
	0,001	
DPPH	0,799	0,873
	0,031	0,010

* la corrélation est significative au niveau 0.05.