

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Physico-Chimique
Filière : Sciences Biologiques
Option : Biochimie Physiopathologique



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Valeurs nutritionnelles et
évaluation des activités
antioxydantes et antibactériennes
de quelques miels Algériens**

Présenté par :

REDOUANE Ibtissam & TIGHLIT Kenza

Soutenu en: **19 Juin 2017**

Devant le jury composé de :

Mme	AOUDIA. H	MCB	Présidente
Mr	OUCHEMOUKH. S	MCA	Encadreur
Mme	KHEYAR-KIRAWCHE. N	MAA	Examinatrice

Année universitaire : 2016 / 2017

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier avant tout ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage, la volonté, la faculté et la patience de réaliser ce travail

Nous exprimons nos vifs remerciements à notre promoteur Mr OUCHEMOUKH. S qui a bien voulu encadrer ce travail mais surtout pour la confiance qu'il nous a témoigné. Nous ne saurâmes le remercier assez pour son soutien et son suivi scientifique le long de la réalisation de ce travail. Nous lui devons beaucoup pour les encouragements et les conseils qu'il nous a prodigués.

Nous exprimons nos sincères remerciements à Mme AOUDIA. H pour l'honneur qu'il nous fait de présider le jury et d'évaluer ce travail. Nous adressons nos remerciements à l'égard de Mme KHEYAR-KIRAWCHE. N qui nous a fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nous adressons aussi nos sincères remerciements, nos profondes gratitude à Mme KADJI-DJOUAD. H qui nous a fait profiter de ces conseils en statistiques et pour toute l'aide qu'elle nous a apporté mais aussi pour sa disponibilité et son écoute.

Nous aimerions remercier aussi Mr AROUA. S, Mr KHERFI. A, Mr BOUREKEB. M, Mr El-Hadj REDOUANE. B M^{lle} TOUATI. N, et Mr TIGHLIT. M d'avoir accepté de nous fournir les échantillons.

Nous tenons à remercier le personnel du laboratoire de CEVITAL. Particulièrement Mr ReHAL.

Nous associons nos remerciements à notre doctorant du laboratoire de Biophysique Mr OTMANI. A, ainsi qu'aux techniciens et ingénieurs des laboratoires de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Mme BELHADI. S, M^{lle} TABTI. N, Mme RAHMANI et Mme DIB. S pour leur aide, leurs précieux conseils, leur gentillesse et leur disponibilité.

Nos hommages également à tous nos Enseignants du Département de Biologie Physico-chimique pour avoir fortement contribué à enrichir nos connaissances.

Nous adressons également nos remerciements à toute la promotion Biochimie physiopathologique 2016/2017.

Enfin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail ou qui nous ont encouragé et soutenu à tout moment.

Dédicace

Avec l'aide de Dieu le tout puissant, j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie:

À Ma très cher mère: qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

À Mon très cher Père: Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.

*À mon très cher fiancé **FAOUZI**: Tes sacrifices, ton soutien moral et matériel m'ont permis de réussir mes études. Que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.*

À mes très chères Soeurs: Sabrina, Asma, Souhila, Ftima, Fatiha et Fahima qui m'ont encouragé, aidé, rassuré dans les moments difficiles de ma vie.

À mes très chères Frères: El-wardi, El-khier, Hamza et Nadjim.

À mes très chères amis: Aida, Narimene, Sonia, Tinhinane, Hawa et Fyreuze.

À tous les membres de ma promotion.

À tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

À tous ceux qui me sens chers et que j'ai omis de citer.

Ibtissam

Dédicaces

Avec l'aide de Dieu le tout puissant, j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie:

*A ceux qui ont donné un sens à mon existence, **mon très cher père et ma très chère mère** qui ont sacrifié les belles années de leur vie pour me voir un jour franchir le seuil de la réussite en m'offrant une éducation digne, pour leur amour, la confiance qu'ils ont placée en moi depuis mon très jeune âge, leur soutien moral surtout et pour leurs encouragements tout au long de mes études.*

*A mes très chères Sœurs : **Djahida et Nihad** qui m'ont encouragé, aidé, rassuré dans les moments difficiles de ma vie.*

A mes grands-parents, mes frères, mes oncles et mes tantes, mes cousins et cousines.

*Aux anges adorables : **Yanis, Mehdi, Amira et Bassema.***

*A ma grande famille : **TIGHLIT-LAADJ.***

*Mes spéciales dédicacent à celui qui a été à mes côtés et qui m'a supporté durant tout ce travail et la période de ma blessure mon très cher oncle **Ismail.***

A tous mes amis et à toutes les personnes qui m'ont aidé de prêt comme de loin et à tous ceux qui me sont chers.

Kenza

Table des matières	
Liste des abréviations	
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
I.1- GÉNÉRALITÉS SUR LE MIEL	2
I.1.1- DÉFINITION	2
I.1.2- ORIGINE ET VARIÉTÉ	2
I.1.2.1- Miel de nectar.....	2
I.1.2.2- Miel de miellat	2
I.1.3- VARIÉTÉS DU MIEL	3
I.1.4-FORMATION	3
I.1.5- COMPOSITION	4
I.1.5.1- Teneur en eau	4
I.1.5.2- Glucides.....	4
I.1.5.3- Protéines et acides amines.....	5
I.1.5.4- Sels minéraux	5
I.1.5.5- Les composés phénoliques	5
I.1.5.6- Acides organiques	6
I.1.5.7- HMF (5-Hydroxy-2-méthylfurfural).....	6
I.2-PROPRIÉTÉS	6
I.2.1- PROPRIÉTÉS ORGANOLEPTIQUES	6
I.2.1.1- Couleur	6
I.2.1.2- Cristallisation	6
I.2.2-CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES	7
I.2.2.1-pH et acidité	7
I.2.2.2-Indice de réfraction et humidité	7
I.2.2.3-Conductivité électrique	7
I.2.2.4-Pouvoir rotatoire.....	7
I.2.3- PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES	8
I.2.3.1- Activités antioxydantes	8
I.2.3.2- Activité antibactérienne.....	9
I.2.3.3- Propriétés cicatrisantes.....	11
I.2.3.4- Activité antiinflammatoire	12
CHAPITRE II: MATÉRIEL ET MÉTHODES	
II.1- ÉCHANTILLONS DE MIEL	13
II.2- MÉLISSOPALYNOLOGIE	13
II.3- ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES	13
II.3.1- Humidité et brix	14
II.3.2- Potentiel d'hydrogène (pH).....	14
II.3.3- Conductivité électrique	14
II.3.4- Couleur.....	14
II.3.5- Protéines.....	14
II.3.6- Proline	15
II.3.7- HMF (hydroxy-methyl-furfural).....	15
II.3.8- Pouvoir rotatoire	16
II.4- DOSAGES PHYTO-CHIMIQUES	16

II.4.1- Composés phénoliques.....	16
II.4.2- Flavonoïdes	17
II.5- ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE	17
II.5.1- Pouvoir réducteur	17
II.5.2-DPPH (2,2-diphinol-1-picrylhydrazyl)	18
II.5.3 - ABTS (2,2-azobis-ethylbenzothiazoline-6-sulphonique)	18
II.5.4- Test de FRAP (Ferric reducing antioxydant power).....	19
II.6- ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE	19
II.6.1- Souches bactériennes testées.....	19
II.6.2- Méthode de diffusion sur gélose	20
II.6.3- Technique de micro-dilution en milieu liquide pour la détermination de la CMI	20
II.7- ANALYSE STATISTIQUE	21
CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DISCUSSION	
III.1- PROFIL POLLINIQUE	22
III.2- PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES	24
III.2.1- Humidité	25
III.2.2- Brix	25
III.2.3- pH	26
III.2.4- Conductivité électrique.....	26
III.2.5- Couleur	27
III.2.6- Protéines	27
III.2.7- Proline.....	27
III.2.8- HMF.....	28
III.2.9- Pouvoir rotatoire	28
III.3- TENEURS EN ANTIOXYDANTS ET ACTIVITÉS ANTIOXYDANTES	29
III.3.1- TENEURS EN ANTIOXYDANTS	30
III.3.1.1- Composés phénoliques	30
III.3.1.2- Flavonoïdes.....	30
III.3.2- ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE	31
III.3.2.1- Pouvoir réducteur	31
III.3.2.2- Activité antiradicalaire par DPPH	31
III.3.2.3- Activité antiradicalaire par l'ABTS.....	31
III.3.2.4- Le test de FRAP.....	32
III.4- ACTIVITÉANTIBACTÉRIENNE	32
III.4.1- Activité antibactérienne sur gélose.....	32
III.4.2- Activité antibactérienne sur milieu liquide.....	35
III.5- CORRÉLATIONS	36
III.5.1- Corrélations couleurs, antioxydants et activites antioxydantes	36
III.5.2- Corrélations antioxydants et activités antioxydantes.....	36
III.6- ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES	37
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	39
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	41
ANNEXES	

TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
I	Échantillons de miel (M) analysés (région, état et couleur).	13
II	Protocole du dosage de la proline.	15
III	Différentes souches utilisées et leurs caractéristiques.	19
IV	Différentes dilutions pour chaque échantillon.	21
V	Spectres polliniques et pourcentages de pollens des miels analysés.	23
VI	Résultats des analyses physico-chimiques des miels étudiés.	24
VII	Résultats de dosage des antioxydants et activités antioxydantes des miels étudiés.	29
VIII	Résultats des CMI des différents échantillons de miel testés sur les trois souches bactériennes.	35

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
1	Structure de base des flavonoïdes.	9
2	Histogramme des Diamètres de zones d'inhibition des échantillons de miel sur <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Klebsiella pneumoniae</i> .	33
3	Photographies du pouvoir inhibiteur des échantillons de miel sur <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Klebsiella pneumoniae</i> .	34
4	Tracé des poids factoriels de l'ACP.	37

Liste d'abréviations

Abs: Absorbance

ABTS: 2,2-azobis-ethylbenzothiazoline-6-sulphonique

ACP: Analyse en Composante Principale

ANOVA: Analysis of One Variance

°C: Celsius

C: Carbone

CMI: Concentration Minimale Inhibitrice

CE: Conductivité Electrique

DPPH: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

E.coli: *Escherichia coli*

EAG: Equivalent Acide Gallique

EBSA: Equivalent Bovin Serum Albumin

EC: Equivalent Catéchine

FRAP: Ferric Reducing Antioxydant Power

H₂O₂: Peroxyde d'hydrogène

HMF: Hydroxy Méthyl Furfural

HPLC / MS: High-Performance Liquid Chromatography / Mass Spectroscopy

k. pneumonia: *Klinsiella pnemounia*

KDa: Kilodalton

NF- κ B: Nuclear Factor-Kappa

M: Miel

MGO: Méthylglyoxal

mM: milli Molaire

mS: milli Siemens

OH: Radical hydroxyle

pH : Potentiel d'hydrogène

P / V: poids / volume

RMN: Resonance magnetique nuclear

r: Coefficient de corrélation

S.aureus: *Staphylococcus aureus*

V / V: Volume / Volume

μ l: Microlitre

μ S: microsiemens

Durant plusieurs années, le miel est employé pour des applications médicales. Le premier article scientifique relatif aux propriétés cicatrisantes du miel est publié en 1936. La littérature dédiée à ce produit de la ruche n'a cessé de prendre de l'importance. En, 2010 plus de 920 000 citations sur le moteur de recherche Google lorsqu'il y'a une combinaison entre les mots miel et traitement (Werner et Laccourreye, 2011).

Le miel est un élixir précieux et il est élaboré par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar des fleurs aussi bien que du miellat. C'est un aliment visqueux, aromatique et hautement concentré en sucres dont les principaux sont le fructose et le glucose. Il renferme aussi une large gamme des composés mineurs tels que les minéraux, les protéines, les vitamines, les acides organiques, les composés phénoliques tels que les flavonoïdes (Azeredo *et al.*, 2003; Da silva *et al.*, 2016) .

La composition du miel est variable et dépend principalement de l'origine botanique et géographique et de la source florale (Das *et al.*, 2015).

Les vertus du miel sont de plus en plus connues à travers le monde, à tel point qu'une nouvelle science est créée, l'apithérapie. Cette dernière soigne certaines maladies telles que le cancer, la cataracte et notamment dans la guérison des plaies et ceci grâce aux propriétés biologiques du miel (activités antioxydantes, antimicrobiennes et propriétés thérapeutiques) (Bansal *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2013).

Le Saint Coran et le Hadith du prophète présentent le miel en tant que guérisseur des maladies. Les vertus curatives de cet aliment sont citées dans la sourate ENAHL verset 68-69.

Le but principal de ce travail est l'établissement des caractéristiques physico-chimiques de neuf échantillons de miel Algériens et l'évaluation de leurs pouvoirs antioxydant et antibactérien.

Le présent travail est organisé en trois parties:

- La première partie est la présentation de la synthèse bibliographique qui est consacrée à la composition de miel et ses propriétés biologiques.
- La seconde partie concerne l'application expérimentale des protocoles visant d'étudier l'analyse pollinique, les analyses physico-chimiques, l'activité antioxydante et l'activité antibactérienne des miels.
- Dans la troisième partie, la présentation des résultats obtenus et de leurs discussions.

I.1- GÉNÉRALITÉS SUR LE MIEL**I.1.1- DÉFINITION**

La définition légale du miel est donnée par le Codex Alimentaire (2001) et le Journal Officiel des Communautés Européennes (2002) comme suit: « le miel est une substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir de nectar des plantes ou des sécrétions provenant des parties vivantes des plantes ou des excréments laissés sur celles-ci par des insectes suceurs, qu'elles butinent, transforment, en les combinant avec des matières spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche ». A l'exception du miel filtré, aucun pollen ou constituant propre au miel ne doit être retiré (Nair, 2014).

I.1.2- ORIGINE ET VARIÉTÉ

Le miel est élaboré par les abeilles ouvrières butineuses âgées de plus de 22 jours (Chauvin, 1987). Il dérive à partir de sucres produits par les plantes mellifères soit sous forme de nectar qui est proprement végétal et/ou sous forme de miellat qui est d'origine animal et végétal. Pour cette raison, il existe deux types de miels (Hoyet, 2005; Sanz *et al.*, 2005).

I.1.2.1- Miel de nectar

Le nectar est une substance sécrétée à partir de la sève des plantes par les glandes nectarifères (nectaires) qui sont des organes propres aux végétaux supérieurs (Hoyet, 2005). Chaque espèce végétale fournit le nectar à des caractéristiques bien spécifiques qui contribueront à donner au miel sa saveur et son parfum (Rossant, 2011). Selon Hoyet (2005), il existe des nectaires floraux situés à la base des fleurs et des nectaires extra-floraux qui peuvent se trouver sur les feuilles et les tiges.

Le nectar est une exsudation sucrée plus ou moins visqueuse, en fonction de sa teneur en eau. Il est constitué essentiellement des glucides (5 à 75 %) dont le fructose, le glucose et le maltose. Le nectar contient également des acides aminés, des protéines, des lipides, des flavonoïdes, des vitamines, des pigments et des enzymes (Meda *et al.*, 2005). La production de nectar est sous la dépendance de facteurs écologiques et météorologiques (Nair, 2014).

I.1.2.2- Miel de miellat

Le miellat est une substance sucrée élaboré à partir de la sève des végétaux par divers insectes piqueurs et suceurs qui sont les hémiptères tels que les pucerons, les psylles et les cochenilles.

Les insectes perforent les tissus végétaux de la plante pour atteindre les faisceaux dans lesquels circule la sève. Celle-ci passe dans le tube digestif de l'insecte qui se transforme en miellat et ensuite excrété par l'anus sur les plantes (Hoyet, 2005; Rodriguez Flores *et al.*, 2015). Le miellat est plus dense que le nectar et il est constitué d'azote, d'acides organiques, de minéraux et de sucres complexes. Il se récolte par les abeilles butineuses aléatoirement (Leleux, 2012; Désomulière, 2013).

I.1.3- VARIÉTÉS DU MIEL

Il existe deux catégories de miel possédant chacun des propriétés et caractéristiques physicochimiques bien distinctes.

Les miels monofloraux sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant d'une seule espèce végétale avec une variété dominante, retrouvée à l'analyse pollinique par la présence de plus de 45 % des grains de pollen correspondant (Terrab *et al.*, 2002; Rossant, 2011). Par contre, les miels polyfloraux sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant de plusieurs espèces végétales (Rossant, 2011).

I.1.4-FORMATION

L'aspiration du miellat et/ou du nectar par la trompe de l'abeille butineuse est considérée comme la première étape de la formation du miel. Ces abeilles effectuent entre 20 et 50 voyages par jour. Au cours de ce voyage, il y a la transformation de la solution sucrée en miel dans leur tube digestif où s'amorce la longue transformation. Elles mélangent les solutions sucrées à des sécrétions salivaires riches en enzymes et contenant notamment une invertase qui transforme le saccharose en glucose et fructose (Huchet, 1996; Hoyet, 2005; Ouchemoukh, 2012).

Les modifications physico-chimiques se poursuivent dès l'arrivée à la ruche par le biais de phénomène de trophallaxie qui consiste au transfert de la charge des butineuses aux ouvrières. Ces dernières la communiquent à d'autres et ainsi de suite afin de déshydrater le liquide et de l'enrichir avec des sucs gastriques et des substances salivaires telles que les enzymes (invertase, diastase et gluco-oxydase) et d'autres glucides plus complexes nouvellement formés (Huchet, 1996; Rossant, 2011).

Le miel non mûr produit est déversé dans les alvéoles des cadres de cire en vue de subir la diminution de la teneur en eau par évaporation sous l'influence de la température d'une part qui est d'environ 36 °C et d'autre part, par la ventilation assurée par des ventileuses qui entraînent un puissant courant d'air ascendant par un mouvement rapide de leurs ailes (Huchet, 1996).

Lorsque la teneur en eau du miel atteint environ 18 %, le miel est mûr. Les abeilles cirières recouvrent les alvéoles d'une fine couche de cire (Huchet, 1996; Hoyet, 2005; Ouchemoukh, 2012).

Lorsque les cadres des hausses sont remplis de miel operculé la récolte du miel peut se pratiquer. L'apiculteur ramasse les hausses des ruches et les ramènent dans sa miellerie afin d'extraire le miel (Huchet, 1996; Hoyet, 2005).

I.1.5- COMPOSITION

La qualité nutritionnelle et organoleptique du miel dépend principalement des fleurs, des régions géographiques, du climat et des espèces d'abeilles impliquées dans sa production. En moyenne, la composition chimique finale du miel est le résultat de la fabrication des abeilles par plusieurs étapes qui ont chacune une influence sur sa composition.

Le miel est un complexe nutritionnel qui regroupe plus de 200 substances qui ont des propriétés différentes vis-à-vis de l'organisme. Il est composé principalement de sucres (glucose, fructose, sucrose, lévulose, maltose et saccharose), d'eau et d'autres constituants tels que les enzymes, les acides aminés, les acides organiques, les caroténoïdes, les vitamines (à l'exception de la vitamine A), les sels minéraux et les substances aromatiques. Le miel contient aussi des éléments figurés: pollens, levures, algues unicellulaires et spores. Il contient également des flavonoïdes et de acides phénoliques qui sont dotés des effets biologiques et agissent comme des antioxydants naturels (Da Silva *et al.*, 2016; Werner et Laccourreye, 2011).

I.1.5.1- Teneur en eau

L'humidité du miel est un paramètre de qualité qui affirme la capacité de miel à empêcher le développement de micro-organismes tels que les levures, les champignons et les bactéries. Si le produit est mis en contact de l'air ambiant plusieurs mois, son hygrométrie augmente ce qui va permettre la survenu de la fermentation (Werner et Laccourreye, 2011). Selon les normes, l'humidité du miel ne doit pas dépasser 20 % à l'exception du miel de trèfle (*Trifolium*) jusqu'à 21 % au maximum et miel de bruyère (*Calluna*) jusqu'à 23 % au maximum (Codex alimentaires, 1981; Bogdanov *et al.*, 2004).

I.1.5.2- Glucides

Les glucides du miel forment à eux seuls 95 à 99 % de la matière sèche (Meda, 2005). Une quinzaine de sucres différents identifiée dans les miels.

Les plus dominants des glucides sont les monosaccharides, fructose et glucose (60 –85 %) et de nombreux d'autres osides: maltose, saccharose, l'erlose, le raffinose, le mélézitose et le mélibiose. Ces composés sont responsables de la viscosité, de l'hygroscopie, de la granulation et de l'énergie du miel (Cavia *et al.*, 2002; Lazaridou *et al.*, 2004).

Généralement, dans tous les types de miel, la proportion du fructose est supérieure à celle du glucose vue l'utilisation de ce dernier par des réactions chimiques à l'exception de quelques miels comme celui de colza (Escuredo *et al.*, 2014).

I.1.5.3- Protéines et acides aminés

La proportion des protéines et des acides aminés est infime (0,26 %). Les protéines du miel sont des enzymes comme l' α -amylase, la gluco-invertase, la catalase, la glucose-oxydase et la phosphatase qui proviennent soit de la plante soit s'ajoutant par l'abeille lors du processus de la maturation de miel (Küçük *et al.*, 2007; Bonté et Désomulière., 2013).

La proline est l'acide aminé le plus abondant. Sa teneur est inférieure ou égale à 180 mg / Kg (Meda *et al.*, 2005). Son contenu est une indication de maturité du miel. Elle résulte des sécrétions salivaires d'*Apis mellifera* pendant la conversion du nectar en miel (Khalil *et al.*, 2012; Moniruzzaman *et al.*, 2013). En outre, le miel contient aussi d'autres acide aminés: alanine, histidine, glycine et méthionine (Bonté et Désomulière, 2013).

I.1.5.4- Sels minéraux

La teneur du miel en sels minéraux varie de 0,05 % (miels clairs) à 1,5 % (miels foncés) (Lachman *et al.*, 2007). Elle varie en fonction des plantes visitées par les abeilles ainsi que le type de sol sur lequel elles poussent (Roussant, 2011). Selon Bogdanov *et al.*, (2004), le potassium est le minéral le plus abondant dans le miel et il en existe d'autres: le calcium, le sodium, le magnésium, le cuivre, le manganèse, le chlore, le phosphore, le soufre et le silicium (Huchet, 1996).

I.1.5.5- Les composés phénolique

Les polyphénols constituent une classe importante des molécules bioactives typiquement trouvés dans les produits végétaux. Ils sont des antioxydants neutralisant les radicaux libres et empêchant l'oxydation lipidique (Da saliva *et al.*, 2016).

Les flavonoïdes représentent la majorité des polyphénols et varient en fonction de la source florale (Khalil *et al.*, 2012; Bonté et Désomulière, 2013).

I.1.5.6- Acides organiques

Le faible pourcentage d'acides organiques (0,57 %) dans le miel lui confère une légère acidité. L'acide prédominant est l'acide gluconique qui provient de la glucose-oxydase que les abeilles fournissent pendant la maturation de miel (Da saliva *et al.*, 2016).

I.1.5.7- HMF (5-Hydroxy-2-méthylfurfural)

La production d'HMF est un phénomène naturel de la dégradation du fructose dont le processus est lent à température ambiante. Par contre, le chauffage du miel l'accélère énormément ce qui rend l'HMF un excellent indicateur de qualité. Il se retrouve à l'état de traces dans le miel (Belhaj *et al.*, 2015).

I.2-PROPRIÉTÉS

Le fait de la variété importante des produits de la récolte des butineuses, les caractéristiques physico-chimiques et gustatives peuvent être très distinctes d'un miel à l'autre. De ce fait, il n'existe pas un type de miel mais une multitude de variétés de miels aux propriétés différentes.

I.2.1- PROPRIÉTÉS ORGANOLEPTIQUES**I.2.1.1- Couleur**

La détermination de la couleur est un critère utile de la classification de miel car elle dépend de leurs origines botaniques ainsi que de leur composition. La couleur du miel peut présenter une très grande variabilité qui peut aller d'une teinte jaune clair à l'ambre au noir foncé (khalil *et al.*, 2011; Belay *et al.*, 2015). Plus le miel est clair, moins il est riche en minéraux et inversement. Le chauffage, le vieillissement ainsi que la lumière provoquent une intensification de la coloration du miel (Oudjet, 2012). Les composés phénoliques, les minéraux et les acides aminés sont responsables de la couleur du miel (Ouchemoukh, 2012; Belay *et al.*, 2015).

I.2.1.2- Cristallisation

La cristallisation du miel est un processus naturel et sa vitesse dépend surtout de sa teneur en glucose et de certains facteurs tels que la teneur en eau, la température de conservation et la présence de germe de cristallisation (Oudjet, 2012).

Le miel stocké dans les rayons de la ruche est généralement liquide et dès la récolte, sa cristallisation commence à se faire à partir des cristaux primaires de glucose qui sont présents (Oudjet, 2012).

Les miels dont le rapport glucose / eau est inférieur à 1,7 restent plus longtemps liquides. Les miels à cristallisation rapide possèdent des cristaux fins, alors que les miels à cristallisation lente ont tendance à avoir une cristallisation grossière (LeBlanc *et al.*, 2009). Pour que les cristaux se forment, il faut que les molécules de glucose rencontrent des germes de cristallisation (Rossant, 2011). La cristallisation est plus rapide à la température de 14 °C et les basses températures retardent la croissance des cristaux (Huchet *et al.*, 1996).

I.2.2-CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Les caractéristiques physico-chimiques participent à l'identification de l'origine florale d'un miel et déterminent aussi sa qualité et sa stabilité (Belhaj *et al.*, 2015).

I.2.2.1-pH et acidité

La plupart des miels ont un pH relativement acide, il oscille entre 3,5 et 4,5 pour les miels de nectars et entre 4,5 et 5,5 pour les miels de miellats. Il est affecté par les conditions de l'extraction et de stockage, qui affecte également la texture de miel (Bogdanov *et al.*, 1999; Yücel et Sultanolgu, 2013).

L'acidité est un critère de qualité qui est due essentiellement à la présence de l'acide gluconique. La concentration du gluconate augmente avec le vieillissement du miel (Bogdanov *et al.*, 1999; Belhaj *et al.*, 2015).

I.2.2.2-Indice de réfraction et humidité

L'indice de réfraction du miel varie entre 1,47 et 1,50 pour une teneur en eau de 13 à 18 % à 20 °C. Il est souvent utilisé pour déterminer la teneur en eau dans le miel en se référant à la table de CHATAWAY (Rossant, 2011). L'humidité du miel conditionne sa conservation: plus elle est élevée, plus le miel risque de se fermenter (Huchet *et al.*, 1996).

I.2.2.3-Conductivité électrique

La conductivité électrique représente la capacité d'un produit à transmettre un courant électrique. Elle dépend de la teneur en composés ionisables de ce produit et en acidité, qui reflète la présence des ions, des acides organiques et des protéines. Plus ils sont élevés, plus la conductivité correspondante est élevée (Bogdanov *et al.*, 2004). Selon l'origine florale, les miels ont une conductivité variable (Nair, 2014).

I.2.2.4-Pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire est la caractéristique optique que possèdent les sucres de dévier le plan de la lumière polarisée. Il est utilisé pour distinguer entre les miels de nectar et les miels de miellat (Yücel et Sultanolgu, 2013).

En raison de la fraction la plus haute en fructose, le miel de nectar tourne l'angle polarisé vers la gauche (lévogyre). D'autre part, le miel de miellat dévie la lumière polarisée à droite (dextrogyre) (Lazarević *et al.*, 2012).

I.2.3- PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

Le miel est utilisé depuis l'antiquité en médecine traditionnelle et en médecine alternative et il est considéré comme un médicament car il possède maintes propriétés (cardiovasculaire, anti-ulcère, antidiabétique, cicatrisante, antibactérienne, anti-oxydante et anti-inflammatoire).

I.2.3.1- Activités antioxydantes

Le stress oxydatif est une condition en laquelle l'antioxydant de système de défense est insuffisant pour inactiver ou neutraliser les oxydants tels que les espèces réactives de l'oxygène (ROS) (Yao *et al.*, 2011). Ces derniers provoquent des effets néfastes sur le fonctionnement physiologique normal chez l'homme (Nasuti *et al.*, 2006).

Les antioxydants jouent un rôle primordial dans la conservation des aliments et dans le métabolisme humain. Ils permettent la prévention de beaucoup de maladies à savoir réduire le risque des maladies cardiaques, le cancer, la cataracte, déclin du système immunitaire et les différents processus d'inflammation. Les antioxydants peuvent empêcher ou retarder l'oxydation d'un substrat oxydable dans une réaction en chaîne (Meda *et al.*, 2005; Ferreira *et al.*, 2009).

Le miel est une source naturelle qui contient des antioxydants enzymatiques et non enzymatiques, notamment la catalase, la glucose-oxydase, l'acide ascorbique, les flavonoïdes, les caroténoïdes, l'acide gluconique, les acide aminés et les protéines (Ferreira *et al.*, 2009).

Les polyphénols sont des substances qui ont la capacité de neutraliser, de piéger et de réduire la formation des radicaux libres. Ils agissent par plusieurs voies réactionnelles, comme donation d'hydrogène, la chélation d'ion métallique et comme un substrat pour les radicaux libres tels que les anions superoxyde et l'hydroxyle (Erel, 2004; Meda *et al.*, 2005).

Le terme flavonoïde désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ces molécules possèdent un squelette de base à quinze atomes de carbone, constitués de deux noyaux aromatiques A et B et d'un hétérocycle central de type pyrène C, formant une structure C6-C3-C6 (figure 01).

Les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes selon leur structure de base dont les plus importants sont les flavones, les flavonols, les flavanones et les isoflavones (Annexe I) (Walle et Walle, 2002; Da Saliva *et al.*, 2016).

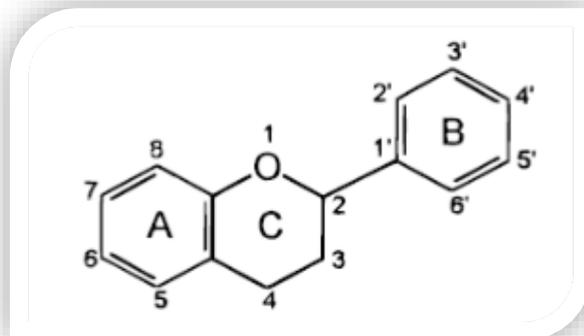


Figure 01: Structure de base des flavonoïdes (Da Saliva *et al.*, 2016).

Les flavonoïdes ont les propriétés d'empêcher des réactions d'auto-oxydation et l'effet de neutraliser des radicaux libres par différents mécanismes (Iurlina *et al.*, 2009). L'activité antioxydante des flavonoïdes dépend du nombre et de la position du groupe d'hydroxyle (OH), des autres substituants et des oses liés aux flavonoïdes (Da Saliva *et al.*, 2016).

I.2.3.2- Activité antibactérienne

La capacité de guérison du miel est connue depuis plus d'un siècle dans toutes les cultures dont plusieurs auteurs ont rapporté que certains composés présents dans les miels possèdent des propriétés antibactériennes (Cortopassi-Laurino et Gelli, 1991; Irlande, 2010; Bueno-Costa *et al.*, 2016).

Le potentiel antibactérien du miel est dû à des facteurs physiques (l'osmolarité élevée et l'acidité) et certains composés chimiques qui sont considérés comme étant les facteurs majeurs (peroxyde d'hydrogène et inhibines non peroxydes) (Meda, 2005; Sultanbawa *et al.*, 2015).

❖ Pression osmotique

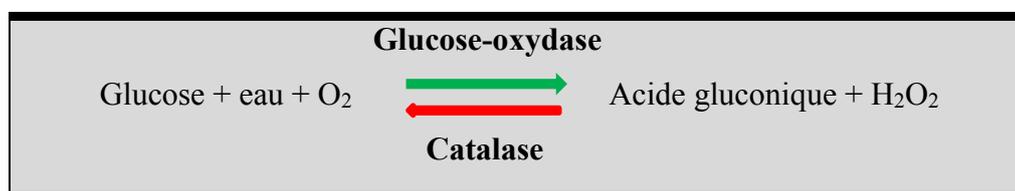
L'osmolarité est la conséquence de la forte concentration des sucres du miel et de très peu d'eau, présentant ainsi un effet bactéricide en provoquant une forte déshydratation des germes qui n'ont plus suffisamment d'eau pour survivre (Tornuk *et al.*, 2013; Couquet *et al.*, 2013).

❖ Acidité

Le pH du miel est suffisamment acide pour inhiber le développement de nombreux microorganismes pathogènes car la majorité des bactéries préfèrent un pH neutre ou légèrement alcalin (Sultanbawa *et al.*, 2015; Couquet *et al.*, 2013).

❖ Système peroxyde d'hydrogène

La principale "inhibine" contenu dans le miel est le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), sont produit par la réaction enzymatique. La glucose-oxydase est une enzyme sécrétée par les glandes hyopharyngiennes de l'abeille lors de la transformation du nectar en miel qui catalyse l'oxydation de l'eau et de glucose en acide gluconique et en peroxyde d'hydrogène (Bogdanov et Bulmer., 2001; Couquet *et al.*, 2013) selon la réaction suivante:



La réaction de dégradation du glucose

La catalase représente l'antagoniste de glucose-oxydase. Cette enzyme dégrade l'eau oxygénée. La concentration en peroxyde dépend directement de l'activité de ces deux enzymes (Brudzynski *et al.*, 2012; Irlande, 2010). Pour que la catalase soit active, il faut une forte concentration en peroxyde d'hydrogène mais elle montre une activité faible pour des niveaux de peroxyde d'hydrogène physiologiques. Lors de l'application de miel, la libération de peroxyde d'hydrogène s'opère de façon lente et prolongée permettant ainsi une action locale efficace (Rossant, 2011).

Le peroxyde d'hydrogène contenu dans le miel agit comme détergent à l'égard des bactéries, il est actif sur les bactéries à Gram négatif en provoquant l'oxydation de leurs protéines, conduisant à leur destruction et possède aussi la capacité de dégrader l'ADN bactérien et les plasmides. Par contre, l'acide gluconique ainsi formé accroît l'acidité du miel et le rend ainsi peu favorable au développement de colonies bactériennes (Tornuk *et al.*, 2013; Couquet *et al.*, 2013; Irlande, 2010).

Les inhibines peroxydiques sont sensibles à la chaleur et à la lumière. La faible quantité de peroxyde présente dans le miel mûr est due à l'inactivation de la glucose-oxydase, cette quantité est insuffisante pour inhiber la croissance bactérienne.

Lorsque le miel est consommé ou dilué, le peroxyde peut être produit provoquant ainsi une action antibactérienne (Bogdanov., 1997).

❖ **Inhibines non peroxydes**

Les inhibines non peroxydes proviennent en partie de la flore mellifère dont les composés sont les caroténoïdes (Liu *et al.*, 2013).

➤ **défensine- 1**

La défensine-1, c'est une protéine fabriquée par les glandes hypopharyngiennes des abeilles. C'est un petit peptide, de masse moléculaire variant de 3,5 à 6 k da, qui possèdent un large spectre d'activité antimicrobienne. Chez l'homme, les défensines constituent une famille de peptides antimicrobiens naturels qui jouent un rôle dans l'agrégation et la destruction de la cellule hôte. Pour cela, le miel est considéré comme un véritable antibiotique peptidique (Petit, 2012; Couquet *et al.*, 2013; Elbanna *et al.*, 2014).

➤ **Méthylglyoxal (MGO)**

Le méthylglyoxal est une substance naturelle à pouvoir bactéricide et l'une des composants dicarbonylés découlant de la réaction de Maillard qui s'effectue dans tous les produits très riches en sucres, présents aux concentrations substantielles dans le nectar. Il est montré que le méthylglyoxal du miel à une forte corrélation avec l'activité antibactérienne de *Staphylococcus aureus* (Sultanbawa *et al.*, 2015; Elbanna *et al.*, 2014).

La concentration en MGO est plus ou moins forte selon l'origine géographique et florale du miel. Le miel de manuka (Famille des Myrtacées) est très répandu en Nouvelle Zélande et il est aujourd'hui connu comme celui qui contient le plus de taux en MGO, ce qui rend son activité antibactérienne plus efficace (Rossant., 2011).

I.2.3.3- Propriétés cicatrisantes

La cicatrisation est un processus biologique naturel de réparation tissulaire. Elle peut se faire spontanément par première intention, lorsque le processus est rapide et que l'asepsie de la plaie est bonne ou par deuxième intention lorsqu'il existe une infection (Petit., 2012; Couquet *et al.*, 2013).

La propriété cicatrisante de miel fait l'objet de nombreuses études cliniques à travers le monde quelque soit leur origine: plaies post-opératoires, brûlures, ulcères et escarres, du fait de sa capacité à stimuler toutes les étapes de la cicatrisation (Couquet *et al.*, 2013).

Le miel libère d'une part de manière progressive et inoffensive du peroxyde d'hydrogène et permet d'autre part d'accélérer la réparation tissulaire (Petit, 2012; Couquet *et al.*, 2013; Desmoulière, 2013).

Le fait de son hyper-osmolarité au niveau des plaies, le miel draine la lymphe et le plasma des tissus sous-adjacent et périphériques, ce qui contribue à maintenir un milieu humide (Couquet *et al.*, 2013; Desmoulière, 2013). Ce milieu humide est responsable de:

- ✚ L'élimination des agents pathogènes.
- ✚ Le débridement mécanique par les mouvements des fluides, ainsi un nettoyage de la plaie (détorsion).
- ✚ La résorption de l'œdème lésionnel.

La défensine-1 et la méthylglyoxal sont efficaces pour la détersion, la formation de tissu de granulation et l'élimination des exsudats et permettent souvent une bonne cicatrisation (Desmoulière, 2013).

L'acidification de la plaie améliore son oxygénation et inhibe l'activité d'une protéase qui ralentit la guérison en détruisant les facteurs de croissance (Desmoulière, 2013).

Le peroxyde d'hydrogène existant dans le miel est communément utilisé dans la prise en charge des plaies pour ses propriétés antiseptiques. En effet, le H₂O₂, au contact des tissus et du sang, se décompose en eau et en oxygène qui permet de nettoyer la plaie. De plus, l'eau oxygénée favorise l'angiogenèse, la prolifération des fibroblastes et des cellules épithéliales qui participeront à la réparation tissulaire (Irlande, 2010).

I.2.3.4- Activité anti-inflammatoire

Le miel est efficace et rentable et ses propriétés curatives sont bien documentées. Il peut diminuer le temps de guérison via un double effet sur la réponse inflammatoire. Il supprime la production et la prolifération des cellules inflammatoires pour prévenir une réponse inflammatoire prolongée et inhibe la production des cytokines pro-inflammatoires.

Les cytokines pro-inflammatoires stimulent la production d'oxyde nitrique, un médiateur important d'inflammation. Cette production d'oxyde nitrique et l'activation de NF- κ B sont inhibées par les flavonoïdes présents dans le miel (Tomblin *et al.*, 2014; Rao *et al.*, 2016; Kassim *et al.*, 2010).

L'efficacité du miel dans les soins des plaies est supposée être due à son action anti-inflammatoire. Les antioxydants trouvés dans le miel sont responsables de son activité anti-inflammatoire (Kassim *et al.*, 2010).

II.1- ÉCHANTILLONS DE MIEL

Neuf échantillons de miel sont récoltés en 2016 dans différentes régions d'Algérie dont la majorité provient de la wilaya de Bejaia (Tableau I).

Tableau I: Échantillons de miel (M) analysés (région, état et couleur).

Échantillon	Région	État	Couleur
M1	Tala Hamza (Bejaia)	Liquide	Marron foncé
M2	Amizour (Bejaia)	Cristallisé	Jaune
M3	Barbacha (Bejaia)	Semi-cristallisé	Marron claire
M4	Kendira (Bejaia)	Semi-cristallisé	Marron claire
M5	Melbou (Bejaia)	Semi-cristallisé	Marron
M6	Tala Ifacen (Sétif)	Semi-cristallisé	Braun
M7	Magrass (Sétif)	Semi-cristallisé	Marron claire
M8	Tiaret	Cristallisé	Moutarde
M9	Djelfa	Cristallisé	Marron claire

II.2- MÉLISSOPALYNOLOGIE

L'analyse pollinique est réalisée selon la méthode de Louveaux *et al.* (1978). Une quantité de 3 g de miel est dissoute dans 10 ml d'eau distillée. Après l'homogénéisation la solution de miel est centrifugée à 4500 tours / min pendant 10 min. Le surnageant obtenu est jeté avec précaution et 10 ml d'eau distillée sont ajoutés au culot puis une deuxième centrifugation est réalisée dans les mêmes conditions. Un volume de 100 µl est déposé sur la lame puis séché et recouvert d'une lamelle.

La lecture est faite avec un microscope photonique (OPTIKA) avec l'objectif (x40) en se référant à une banque de données numérique et bibliographique de CETAM (Centre d'Études Techniques Apicoles de Moselle, France).

II.3- ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Certains paramètres physico-chimiques sont réalisés selon les recommandations de la commission international du miel (Bogdanov *et al.* 1997): Humidité et brix, pH, conductivité électrique, proline, HMF et Pouvoir rotatoire.

II.3.1- Humidité et brix

Une goutte de miel liquide est étalée en couche mince sur la platine du prisme d'un réfractomètre Abbe, préalablement étalonné avec l'eau distillée.

La lecture est faite à travers l'oculaire suite au partage de la ligne horizontale entre une zone claire et obscure. Cette ligne coupe une échelle verticale graduée directement en pourcentage de brix et en indice de réfraction dans le miel. Cet indice permet la détermination de la teneur en eau du miel par correspondance à la table de CHATAWAY à 20° C (Annexe II).

II.3.2- Potentiel d'hydrogène (pH)

L'électrode est émergée dans la solution de miel à 10 % et la valeur du pH s'affiche sur l'appareil de pH-mètre (HANNA 213).

II.3.3- Conductivité électrique

La conductivité électrique est la mesure de la capacité de l'échantillon de miel à transmettre un flux électrique sur une solution contenant 20 % de la matière sèche (MS) du miel à 20 °C.

Une masse de miel est pesée telle que: $M = \{[5 \times 100]/MS\}$, cette dernière est homogénéisée dans 25 ml d'eau distillée de très faible conductivité électrique (0,4 μ S). La valeur de la conductivité électrique est lue sur un conductimètre (HANNA 215) et les résultats sont exprimés comme suit en mS / cm:

$$\text{CE (milli – Siemens/cm)} = \text{valeur mesurée} - A$$

CE: Conductivité électrique. 0,032: Facteur de correction. A: (La valeur mesurée x 0,032) ($T^\circ - 20^\circ$ C).
 T° : Température ambiante de la mesure (dans notre cas la température varie entre 19 et 21° C).

II.3.4- Couleur

L'intensité de la couleur est estimée selon la méthode de Bath et Singh. (1999). Une masse de 1 g de miel est dissoute dans 4 ml d'eau distillée. A partir de cette solution homogène, l'absorbance est lue avec un spectrophotomètre (spectroScan 50V UV-VIS spectrophotomètre) à 450 nm.

II.3.5- Protéines

La teneur en protéines du miel est estimée selon la méthode colorimétrique d'Azeredo *et al.* (2003). Un volume de 0,1 ml de solution de miel (0,5 g / ml) et 5 ml du réactif de Bradford (Annexe III) sont mis dans un tube à essai et incubé pendant 2 min.

La coloration bleue reflète la formation de complexe de groupement aromatique des protéines avec le bleu de coomassie G250 qui absorbe à 595 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de sérum- albumine bovine (BSA) par 100 g de miel en se référant à la courbe d'étalonnage de BSA (Figure 01, annexe III).

II.3.6- Proline

Les solutions utilisées sont l'acide formique à 100 %, une solution éthanolique de ninhydrine à 3 %, une solution aqueuse de proline à 0,032 mg / ml, une solution aqueuse de propanol-2 à 50 % et les différentes solutions de miel à 0,05 g / ml. Le protocole expérimental utilisé est résumé dans le tableau suivant:

Tableau II : Protocole du dosage de la proline.

	Solution d'échantillons	Blanc	Solution du contrôle
Echantillon de miel	0,5 ml	-	-
Eau distillée	-	0,5 ml	-
Proline	-	-	0,5 ml
Acide formique	1 ml	1 ml	1 ml
Ninhydrine (3%)	1 ml	1 ml	1 ml
Agitation pendant 15 min et chauffage à 100 °C pendant 15 min.			
Transfert à 70 °C (bain marie) pendant 10 min.			
2-propanol	5 ml	5 ml	5 ml
Absorbance à 510 nm après 45 min.			

II.3.7- HMF (hydroxy-methyl-furfural)

Une quantité de 5 g de miel est dissoute dans 25 ml d'eau distillée avec l'addition d'un volume de 2 ml de la solution de Carrez I (solution d'hexacyanoferrate de potassium à 15 %) et 2 ml de la solution de Carrez II (solution d'acétate de zinc à 20 %). La solution est ajustée à 50 ml avec l'eau distillée.

Après le repos, le mélange est filtré avec le papier-filtre Wattman et les 10 ml premiers du filtrat sont écartés. Un volume de 5 ml du filtrat est mélangé avec 5 ml de la solution de sodium bisulfite (0,2 %, Solution de référence) et le même volume du filtrat est mélangé avec 5 ml d'eau distillée (solution de l'échantillon).

Après homogénéisation, l'absorbance de la solution d'échantillon est lue contre celle de la solution de référence à 284 nm et 336 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. La teneur en HMF est calculée selon la formule suivante:

$$[\text{HMF}](\text{mg/kg}) = (\text{A284} - \text{A336}) \times 149,7 \times 5 / w$$

A284: Absorbance à 284nm.

A336: Absorbance à 336nm.

W: Masse en grammes de l'échantillon de miel.

149,7: Constante.

II.3.8- Pouvoir rotatoire

Une solution de miel aqueuse, claire et filtrée est utilisée afin de déterminer son pouvoir rotatoire qui est liée à sa composition en glucides par la mesure directe à l'aide d'un polarimètre. Une masse de 12 g de miel est dissoute dans l'eau distillée. Un volume de 1 ml de la solution d'hexacyanoferrate de potassium (15 %) et 1 ml de la solution d'acétate de zinc (30 %) y sont ajoutés. Le volume est ajusté à 100 ml avec de l'eau distillée.

Après 24h, les solutions sont filtrées. Le filtrat est versé dans le polarimètre (Polaser-SI) ayant un tube de 10 cm de longueur. La valeur s'affiche sur l'appareil à l'échelle de la solution de saccharose et à température de 20 °C.

II.4- DOSAGES PHYTO-CHIMIQUES

II.4.1- Composés phénoliques totaux

Le dosage des polyphénols totaux dans les différents types de miel est évalué suivant la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu selon le protocole de Naithani *et al.* (2006).

Le réactif de Folin-Ciocalteu qui est un mélange d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$) est utilisé pour le dosage des polyphénols. La réduction de ces acides en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène est acheminée lors de l'oxydation des phénols ce qui donne une coloration bleue proportionnelle au taux des composés phénoliques. Le taux de ces substances est reflété par la coloration bleue qui est proportionnelle à leur présence.

Un volume de 100 μl de la solution de miel (10 %) est additionné avec 100 μl de réactif de Folin-Ciocalteu (50 %, v / v) et 2 ml de carbonate de sodium (Na_2CO_3 , 2 %). Pour le blanc, la solution de miel est remplacée par l'eau distillée. Après une incubation à l'obscurité pendant 30 min, l'absorbance est lue à 750 nm et le taux en composés phénoliques de chaque échantillon est déterminé en se référant à la courbe d'étalonnage d'un standard (acide gallique).

Les résultats sont exprimés en mg équivalents d'acide gallique par 100 g de miel (mg EAG / 100 g) en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (Figure 02, annexe III).

II.4.2- Flavonoïdes

Le principe de la méthode rapportée par Al *et al.* (2009) est basé sur la formation d'un complexe flavonoïde-métal tel que le chlorure d'aluminium qui donne une coloration jaunâtre lors de sa liaison avec les atomes d'oxygène des flavonoïdes.

Un volume de 1 ml de la solution de miel (0,5 g / ml) est dilué avec 4 ml d'eau distillée suivi par l'ajout de 0,3 ml de nitrite de sodium (NaNO_2 , 5 %). Après 5 min, le même volume de chlorure d'aluminium (AlCl_3 , 10 %) y est additionné. Six minutes plus tard, 2 ml de l'hydroxyde de sodium (NaOH , 4 %) y sont ajoutés. L'absorbance du mélange est lue à 510 nm. Les concentrations des flavonoïdes présents dans le miel sont déterminées en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée avec la catéchine [$y = 1,2167x$]. Les résultats sont exprimés en mg équivalents de catéchine par 100 g de miel (mg EC / 100 g).

II.5- ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE

II.5.1- Pouvoir réducteur

Le test de pouvoir réducteur est l'une des analyses les plus amplement citées pour évaluer l'activité antioxydante. Ce test est basé sur la réduction du fer ferrique Fe^{3+} le ferricyanure de potassium [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$] en fer ferreux par les antioxydants présents dans le composé, ce qui donne une coloration verte dont l'intensité est proportionnelle à son pouvoir réducteur (Gülçin *et al.*, 2005; Canadanovic-Brunet *et al.*, 2014).

Le protocole expérimental est estimé via la méthode de Li et Lin. (2010). Un volume de 500 μl de la solution de miel (5 %) est mélangé avec 500 μl de tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6) et 500 μl de ferricyanure de potassium (1 %). Après incubation pendant 20 min au bain marie à 50 °C, 500 μl de trichloroacétate (TCA, 10 %) sont ajoutés au mélange. Un volume de 500 μl est prélevé de ce mélange et dilué dans 800 μl d'eau distillée puis 100 μl de chlorure ferrique (0,1 %) y sont additionnés. Après 10 min, l'absorbance est lue à 700 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g de miel (mg EAG / 100 g).

II.5.2-DPPH (2,2-diphinol-1-picrylhydrazyl)

La molécule de DPPH est un radical libre, stable avec une couleur violette intense due à la délocalisation de son électron célibataire autour de la molécule.

Le piégeage de ce radical libre par les antioxydants est traduit par la réduction de l'intensité de la couleur en proportion avec la présence des composés phénoliques (Gulcin *et al.*, 2005).

La mise en évidence du pouvoir antioxydant des extraits du miel via le DPPH est réalisée par la méthode décrite par Meda *et al.* (2005). Un volume de 1 ml de la solution méthanolique de DPPH ($6,10^{-2}$ mM) est ajouté à 0,5 ml de la solution de miel de (2,5 %).

Après 15 min d'incubation, l'absorbance est lue à 517 nm. Le pourcentage de réduction est donné selon la formule suivante :

$$\text{Activité anti – radicalaire (\%)} = (\text{Abs c} - \text{Abs e} / \text{Abs c}) \times 100$$

Abs c : Absorbance du contrôle (témoin) (1 ml de la solution de DPPH + 0,5 ml de méthanol).

Abs e : Absorbance de l'échantillon.

II.5.3- ABTS (2,2-azobis-ethylbenzothiazoline-6-sulphonique)

L'activité antioxydante est basée sur un principe colorimétrique qui se traduit par l'inhibition du radical cationique l'ABTS⁺. Le radical est formé par l'arrachement d'un électron à un atome d'azote de l'ABTS suite à son contact avec le persulfate de potassium ce qui lui donne une coloration bleu-vert.

L'évaluation de l'activité anti-radicalaire via l'ABTS est réalisée selon le protocole de Re *et al.* (1999). Un volume de 1 ml de la solution d'ABTS (7 mM) est additionné de 0,1 ml de la solution de miel (2,5 %) (Annexe III). L'absorbance est lue à 734 nm après 7 min d'incubation. Le pourcentage de réduction est donné selon la formule suivante:

$$\text{Activité anti – radicalaire (\%)} = [(\text{Abs c} - \text{Abse}) / \text{Absc}] \times 100$$

Abs c : Absorbance du contrôle (1 ml de la solution d'ABTS + 0,1 ml d'éthanol).

Abs e : Absorbance de l'échantillon.

II.5.4- Test de FRAP (Ferric reducing antioxydant power)

Le test de FRAP est une autre méthode de la détermination de l'activité antioxydante totale. Le principe de la méthode est basé sur la réduction du complexe ferrique 2, 4,6-tripyridyl-1, 3,5-striazine (Fe^{3+} -TPTZ) en sa forme ferreux (Fe^{2+} -TPTZ) coloré en bleu-violet dont le maximum d'absorbance est à 593 nm (Alvarez-Suarez *et al.*, 2010).

Un volume de 500 μ l de la solution miel (0,025 g / ml) est additionné de 750 μ l de la solution de FRAP (Annexe III).

L'absorbance du mélange réactionnel est lue à 593 nm après incubation pendant 5 min à 37 °C dans l'étuve. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g de miel (mg EAG / 100 g) en se référant à la courbe d'étalonnage réalisé avec l'acide gallique [$y = 11,45x + 0,1867$].

II.6- ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE

L'activité antibactérienne des échantillons de miel est évaluée *in vitro* d'une part par la méthode de diffusion sur milieu gélosé « l'antibiogramme » et d'autre part, par la méthode de micro-dilution en milieu liquide, décrites par le Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2015).

II.6.1- Souches bactériennes testées

Trois souches bactériennes de référence sont sélectionnées en fonction de leur pouvoir pathogène et leur résistance naturelle aux antibiotiques (tableau V).

Tableau III: Différentes souches utilisées et leurs caractéristiques.

Souches testées	Antibiotiques utilisés	Groupe bactérienne (Annexe IV)	Morphologie et mode d'association
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC25923	Acide fusidique	Gram+	Cocci en chaînettes
<i>Escherichia coli</i> ATCC25922	Acide nalidixique	Gram-	Coccobacilles en amas
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC700603	Acide fusidique	Entérobactéries	Coccobacilles en chaînettes

II.6.2- Méthode de diffusion sur gélose

La méthode repose sur le principe de la compétition entre la croissance d'une bactérie et la diffusion d'un antibiotique dans un milieu gélosé à partir d'un support en papier pré imprégné. Cette activité est évaluée sur un milieu de culture solide qui est la gélose de Muller Hinton Agar (MH) selon les recommandations de CLSI (document M02-A12).

Le milieu gélosé est coulé sur des boîtes de pétri stériles. A partir d'une culture pure et fraîche de 24 heures et pour obtenir l'inoculum, des colonies isolées sont raclées puis mises dans 9 ml d'eau physiologique (Annexe IV), afin d'avoir une absorbance dans l'intervalle de 0,08 - 0,13 à 625 nm, qui correspond à une densité cellulaire initiale d'environ 10^8 bactéries / ml en se référant à une solution McFarland. L'ensemencement est réalisé à l'aide d'un écouvillon stérile trempé dans cette suspension bactérienne.

Des disques de papier wattman stériles sont disposés à égale distance les uns des autres et de telle façon à éviter le chevauchement des zones d'inhibition sur la gélose. Un volume de 20 μ l de la solution de miel (5 g / 5 ml) est déposé sur ces disques. En parallèle, des disques imprégnés d'eau distillée stérile sont utilisés comme étant un témoin négatif.

Les disques d'antibiotique qui sont déjà sélectionnés par l'antibiogramme pour chaque souche sont aussi disposés sur la gélose. Chaque test est répété trois fois. Après 24 h d'incubation à 37 °C, le diamètre de chaque zone d'inhibition est mesuré en mm, en se référant à l'échelle de l'estimation de l'activité antibactérienne donnée par Ponce *et al.*, (2003) (Annexe IV).

II.6.3- Technique de micro-dilution en milieu liquide pour la détermination de la CMI

La concentration minimale inhibitrice est la plus faible concentration qui inhibe en 18 heures la croissance visible d'un inoculum bactérien. Le principe consiste à mettre un inoculum bactérien standardisé au contact de concentrations croissantes des solutions de miel recommandé par le CLSI (document M07-A10). La CMI de chaque souche est déterminée par l'inhibition de la croissance sur le milieu contenant la plus faible concentration de la solution de miel.

Une série de cinq dilutions d'un gradient de 2 est effectuée pour chaque solution de miel d'une concentration initiale de 1 g / 1 ml (tableau IV). Des souches bactériennes sont tenues dans un milieu de culture gélosé pendant 18 à 24 h, puis une suspension bactérienne est mise dans un du bouillon Mueller Hinton. Une microplaque est utilisée où chaque puit reçoit 20 μ l de la solution de miel et 80 μ l de la suspension bactérienne.

Le témoin négatif reçoit 20 µl d'eau distillée stérile et 80 µl de la suspension bactérienne. La détermination de la CMI est faite après 24 h d'incubation à l'étuve à 37 °C.

Tableau IV: Différentes dilutions pour chaque échantillon.

Dilution	Préparation
1/1	Solution mère (1 g de miel dans 1 ml d'eau distillée stérile).
1/2	500 µl de la solution de miel + 500 µl de l'eau distillée stérile.
1/4	250 µl de la solution de miel + 750 µl de l'eau distillée stérile.
1/8	125 µl de la solution de miel + 875 µl de l'eau distillée stérile.
1/16	63 µl de la solution de miel + 937 µl l'eau distillée stérile.

II.7- ANALYSE STATISTIQUE

Les paramètres de la statistique descriptive (moyenne et écarts types) sont calculés à l'aide du programme Microsoft Excel 2007.

Le logiciel STATISTICA 7.1 est utilisé pour réaliser l'analyse de la variance à un seul critère de classification (ANOVA) entre les différents échantillons de miel.

Les corrélations entre les paramètres étudiés sont calculées avec statistique élémentaire en utilisant la matrice de corrélation. Les résultats sont ordonnés d'une façon décroissant $a > b > c > d > e > f > g > h > i > j$. L'analyse statistique présentée est réalisée afin de mettre en évidence la présence ou non de différence significative entre les échantillons de miel (significative, hautement significative et très significative). Les valeurs obtenues, portant la même lettre, ne présentent aucune différence du point de vue statistique.

L'ACP (Analyse en Composantes Principales) repose sur le calcul du coefficient de corrélation entre les variables descriptives pour synthétiser les interrelations entre les paramètres étudiés et elle est utilisée pour confirmer les différentes corrélations.

III.1- PROFIL POLLINIQUE

L'analyse pollinique donne une information précise sur les principales plantes mellifères butinées par les abeilles et permet de caractériser les miels par leur origine botanique (Feás *et al.*, 2010).

Les grains de pollens identifiés sont classés selon leurs fréquences dans les catégories suivantes: pollens dominants (>45 %); pollens d'accompagnements (16-45 %); pollens minoritaires (entre 15 et 3 %) et pollens très minoritaires (< 3) (Ouchemoukh *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2013).

Le tableau V résume l'ensemble des résultats qualitatifs et quantitatifs des analyses polliniques des échantillons de miel (Annexe V). Le pollen dominant est trouvé dans huit échantillons de miel (miels monofloraux): M1, M2, M3, M6, M7, M8 et M9 (*Fabaceae*); M4 (*Apiaceae*). Cela confirme la diversité botanique en nord d'Algérie démontré auparavant par Ouchemoukh *et al.* (2007) et Makhloufi *et al.* (2015).

L'absence de pollen dominant est observée dans l'échantillon de miel M5 qui présente des pollens d'accompagnement de genre *Brassicaceae* et *Fabaceae* et il est classé comme étant un miel polyfloral.

Plusieurs espèces végétales sont trouvées dans les pays Européens tels que *Robinia Pseudoacacia* qui est un marqueur d'origine géographique de l'est d'Europe (Corvucci *et al.*, 2015). D'autres espèces sont citées dans les miels Algériens par Ouchemoukh *et al.* (2007) à l'exception de *R. Pseudoacacia*, cela confirme l'identité des sources florales visitée par les abeilles.

La composition du miel en pollen dépend fortement de l'origine végétale et géographique. Ainsi que d'autres facteurs tels que les conditions atmosphériques, la distance de la ruche et le mode de l'extraction de miel (Silva *et al.*, 2013).

Tableau V: Spectres polliniques et pourcentages de pollens des miels analysés.

Miel	Origine botanique	Pollens dominants (Plus de 45 %)	Pollens d'accompagnements (Entre 45 et 16 %)	Pollens minoritaires (Entre 15 et 3 %)	Pollens très minoritaires ou isolés (< 3 %)
M1	Monofloraux <i>Fabaceae</i>	<i>Fabaceae</i> 67.		<i>Asteraceae</i> 12, <i>Ericaceae</i> 5, <i>Myrtaceae</i> 10, <i>Tiliaceae</i> 4.	<i>Myrtaceae</i> 2.
M2		<i>Fabaceae</i> 54.		<i>Cistaceae</i> 12, <i>Asteraceae</i> 6, <i>Lamiaceae</i> 5, <i>Liliaceae</i> 12, <i>Rosaceae</i> 6, Autre 3.	<i>Rhamnaceae</i> 2.
M3		<i>Fabaceae</i> 86.		<i>Asteraceae</i> 3, <i>Brassicaceae</i> 3, Autres 5.	<i>Ericaceae</i> 2, <i>Tiliaceae</i> 1.
M6		<i>Fabaceae</i> 48.		<i>Rosaceae</i> 11, <i>Apiaceae</i> 10, <i>Oleaceae</i> 8, <i>Brassicaceae</i> 9, <i>Liliaceae</i> 5, <i>Cistaceae</i> 5	<i>Borraginaceae</i> 2, Autre 2.
M7		<i>Fabaceae</i> 77.		<i>Rusaceae</i> 5, <i>Rutaceae</i> 7, <i>Ericaceae</i> 4, <i>Cistaceae</i> 5.	<i>Rhamnaceae</i> 2.
M8		<i>Fabaceae</i> 58.	<i>Brassicaceae</i> 27.	<i>Liliaceae</i> 5, <i>Asteraceae</i> 4.	<i>Ericaceae</i> 2, <i>Rutaceae</i> 1, <i>Myrtaceae</i> 1, Autres 2
M9		<i>Fabaceae</i> 70.		<i>Rosaceae</i> 9, <i>Borraginaceae</i> 8, <i>Brassicaceae</i> 4, Autres 5.	<i>Cistaceae</i> 2, <i>Apiaceae</i> 2.
M4	<i>Apiaceae</i>	<i>Apiaceae</i> 61.	<i>Fabaceae</i> 31.	<i>Citaceae</i> 3, Autres 4.	<i>Liliaceae</i> 1.
M5	Polyfloral		<i>Brassicaceae</i> 37, <i>Fabaceae</i> 24.	<i>Rosaceae</i> 15, <i>Apiaceae</i> 8, <i>Tiliaceae</i> 5, Autres 6.	<i>Cyperus</i> 2, <i>Cistus</i> 2, <i>Rhamnaceae</i> 1.

III.2- PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les résultats des paramètres physico-chimiques des échantillons de miels testés sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau VI: Résultats des analyses physico-chimiques des miels étudiés

Miel	Humidité (%)	pH	Brix (%)	CE (mS / cm)	Couleur	Protéines (mg EBSA / 100 g)	Proline (mg / Kg)	HMF (mg / Kg)	Pouvoir rotatoire	
Monofloraux	M1	21,92±0,6 ^a	3,95±0,12 ^{ab}	76,40±0,10 ^e	1,24±0,02 ^a	1,56±0,003 ^a	75,31±1,88 ^b	651,95±8,33 ^c	63,02±1,31 ^a	-1,4±0,09 ^a
	M2	13,92±1,2 ^d	3,68±0,00 ^{cd}	87,30±1,30 ^a	0,33±0,01 ^g	0,19±0,00 ^c	53,38±1,83 ^c	346,88±5,12 ^f	18,81±1,87 ^c	-3,63±0,09 ^c
	M3	15,86±0,58 ^{bc}	3,54±0,00 ^{de}	82,75±0,50 ^{cd}	0,59±0,01 ^d	0,15±0,00 ^f	45,88±1,04 ^e	691,2±23,04 ^b	-	-
	M4	14,76±1,24 ^{cd}	3,47±0,02 ^e	84,15±0,85 ^{bc}	0,77±0,01 ^c	0,16±0,00 ^{ef}	50,16±2,96 ^d	731,31±4,5 ^a	6,64±0,9 ^f	-5,36±0,11 ^e
	M6	16,60±0,28 ^b	3,79±0,09 ^{bc}	83,15±2,40 ^{bcd}	0,36±0,01 ^f	0,37±0,01 ^b	25,82±0,08 ^f	480±3,84 ^d	12,67±1,62 ^d	-8,36±0,08 ^g
	M7	15,32±0,24 ^{bcd}	3,48±0,04 ^{de}	85,15±1,65 ^{ab}	0,39±0,01 ^e	0,14±0,00 ^g	50,25±1,97 ^d	698,03±14,72 ^b	42,87±1,39 ^b	-8,27±0,03 ^g
	M8	13,90±0,5 ^d	4,04±0,07 ^a	84,7±0,50 ^{bc}	0,36±0,01 ^f	0,17±0,00 ^{de}	90,10±0,29 ^a	433,92±22,21 ^c	3,74±1,80 ^g	-7,6±0,08 ^f
	M9	14,96±1,28 ^{cd}	3,44±0,03 ^e	83,7±1,20 ^{bcd}	0,27±0,00 ^h	0,1±0,01 ^h	89,99±1,39 ^a	356,69±9,26 ^f	11,48±1,16 ^d	-4,83±0,06 ^d
Poly-floral	M5	16,74±1,14 ^b	3,59±0,32 ^{cd}	81,9±1,10 ^d	0,8±0,00 ^b	0,18±0,00 ^{cd}	46,94±1,53 ^e	469,76±8,16 ^d	9,18±1,06 ^c	-3,44±0,10 ^b

Chaque valeur représente la moyenne ± écart type (n= 3).

Les valeurs portant la même lettre ne sont pas significativement différentes.

- : Quantité insuffisante du miel.

III.2.1- Humidité

La teneur en eau du miel est un facteur limitant dans la détermination de sa qualité, sa stabilité et de sa résistance de détérioration contre la fermentation (Belhaj *et al.*, 2015).

La teneur en eau des échantillons analysés varie entre 13,9 et 21,92 % (tableau VI). Cet intervalle rentre dans la norme du codex Alimentaire (2001) et la Commission Européenne (2002).

L'humidité de miel provenant de Tala hamza (M1) est la plus élevée et présente une différence significative par rapport à celle des autres miels. Les autres miels M2 - M8, M4 - M9 et M5 - M6 ne montrent pas une différence significative dans le taux d'humidité. Cependant, les miels suivants: M2, M3 et M8 enregistrent une différence significative.

Les humidités obtenues dans cette étude sont proches de celles rapportées par Habib *et al.* (2014) (13,63 à 20,6 %), Bettar *et al.* (2015) (16 à 20 %) et El-haskoury *et al.* (2017) (17,30 à 22 %).

Les différentes humidités obtenues peuvent être expliquées par la composition de miel, son origine florale, la force des colonies d'abeille, la méthode et la saison de la récolte. Ainsi que les conditions hygrométriques de la ruche (Ouchemoukh, 2012; Belhaj *et al.*, 2015).

III.2.2- Brix

Le miel est particulièrement constitué des glucides qui sont exprimés par le degré de brix (Conti *et al.*, 2014).

Les valeurs de la matière sèche présente dans les miels analysés varient de 76,40 à 87,30 % avec une moyenne de $83,24 \pm 1,18$ % (tableau VI). Les échantillons M1, M2, M3, M5 et M7 présentent une différence significative et pour les miels monofloraux M4-M8 et M6-M9 aucune différence significative n'est observée. Ces données sont différentes de celles obtenues par Belay *et al.* (2013) sur des miels d'Ethiopie (60 à 85 %) et Habib *et al.* (2014) sur des miels de régions arides (79 à 84,10 %).

La composition en glucides dans le miel dépend de l'origine botanique des plantes à partir desquelles le miellat et/ou le nectar a été récolté, de l'environnement, du climat et des conditions de stockage (Ouchemoukh, 2012).

III.2.3- pH

Les résultats obtenus montrent que tous les miels sont acides car le pH est compris entre 3,44 et 4,04 (tableau VI).

Tous les miels monofloraux sont probablement issus de nectar car leur pH est inférieur à 4,5 voir même le polyfloral (M5). Les échantillons M3 - M7 et M4 - M9 ne diffèrent pas significativement inversement aux autres qui sont classés par ordre croissant: M5 < M2 < M6 < M1 < M8.

Les résultats sont proches des marges établies par Khalil *et al.* 2012 (3,70 à 4) et Anjos *et al.* 2015 (3 à 4,40).

Le pH du miel est indépendant de l'origine géographique et il dépend de l'influence de différentes sources de nectar, de sols, de l'action enzymatique d'abeille et de la quantité des sels minéraux (Ribeiro *et al.*, 2014).

III.2.4- Conductivité électrique

La conductivité électrique est un paramètre de qualité qui estime la teneur en ions dans un miel. Elle est utilisée pour différencier entre le miel de miellat où sa conductivité est supérieure à 0,8 mS / cm et celui de nectar qui est inférieur à 0,8 mS / cm (Codex Alimentaires, 2001).

La gamme des résultats obtenus pour la conductivité électrique est de 0,27 à 1,24 mS / cm (tableau VI). Cette dernière limite est la valeur de miel M1 qui a une meilleure conductivité et cet échantillon de miel provient de miellat. Le M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8 et M9 sont issus de nectar. A $p < 0,05$, les miels monofloraux M1, M2, M3, M4, M7 et M9 enregistrent une différence significative et aussi le miel polyfloral M5. La conductivité électrique des miels M6 - M8 n'est pas distincte ($p < 0,05$).

Les valeurs sont comparables par rapport aux résultats d'Ouchemoukh *et al.* (2007) (0,21 à 1,61 mS / cm) et Chuttong *et al.* (2016) (0,33 à 3,1 mS / cm).

La conductivité électrique du miel varie considérablement en fonction de l'origine florale et de la teneur en minéraux, en acides organiques, en protéines et en polyols (Da silva *et al.*, 2016).

III.2.5- Couleur

La couleur est le premier paramètre sensoriel recherché par le consommateur et elle confirme la présence des colorants qui ont des activités antioxydantes comme les caroténoïdes et les flavonoïdes (Moniruzzaman *et al.*, 2013).

La couleur des miels varie de clair au foncée et les densités obtenues varient de 0,1 à 1,56 (tableau VI). Tous les miels sont significativement différents et sont classés par ordre croissant: M9 < M7 < M3 < M4 < M8 < M5 < M2 < M6 < M1. Les résultats obtenus sont proches de ceux obtenus par Serem et Bester, (2012) (0,32 à 2,16).

III.2.6- Protéines

Les protéines du miel proviennent du nectar, des sécrétions d'abeille et des grains de pollen (Da saliva *et al.*, 2016).

Les miels analysés présentent des concentrations en protéines allant de 25,82 à 90,1 mg EBSA par 100 g avec une moyenne de $58,75 \pm 0,89$ mg EBSA par 100 g (tableau VI). Les miels des *Fabaceae* M1, M2 et M6 sont remarquables par leurs différences significatives. Les échantillons M3 - M5, M4 - M7, M8 - M9 ne montrent aucune différence du point de vue statistique.

Les résultats obtenus sont différents de ceux rapportés par Yücel et Sultanoglu, (2013) (0,13 à 0,58 mg EBSA / 100 g) sur les miels de la région de Hatay.

III.2.7- Proline

Les concentrations de la proline sont comprises entre 347 et 731 mg / kg avec une moyenne de 540 ± 13 mg / kg (tableau VI). Les miels sont classés par ordre décroissant de leur teneur en proline et présentent des différences significatives: M4 > M1 > M8.

Par ailleurs, les miels M2 - M9, M3 - M7 et M5 - M6 n'enregistrent pas une différence significative. Toutes les valeurs sont largement supérieures à la valeur minimale (180 mg / kg) cité par Bogdanov *et al.* (1999).

Les résultats obtenus confirment la maturité et l'absence d'adultération des miels testés.

III.2.8- HMF

L'HMF est largement identifié comme un paramètre pour l'évaluation de la fraîcheur et/ou le sur-chauffage de miel (Evelin *et al.*, 2011).

L'analyse spectrométrique des échantillons de miel révèle des teneurs en HMF dans la fourchette de 3,74 à 63,12 mg / kg (tableau VI). Les résultats indiquent que les miels sont frais et supérieure à la limite donnée par le codex alimentaire (1981) (40 mg / kg) à l'exception des miels M7 et M1 qui dépassent légèrement la limite. De point de vue statistique, tous les miels diffèrent significativement sauf les miels M9 et M6.

Le miel M1 présente un taux en HMF supérieur à la norme. Ceci peut être dû à son chauffage ou à son stockage dans de mauvaises conditions, ce qui induit la déshydratation des hexoses en HMF.

Les résultats sont comparables à ceux de Habib *et al.* (2014) (0,17 à 79,26 mg / kg), Belhaj *et al.* (2015) (3,87 à 100 mg / kg) et Bettar *et al.* (2015) (2,59 à 85,48 mg / kg).

III.2.9- Pouvoir rotatoire

L'activité optique dépend des types et des proportions relatives de sucre dans le miel. En raison de la fraction la plus haute en fructose, le miel de nectar tourne l'angle polarisé vers la gauche (lévogyre). D'autre part, en raison de sa plus haute fraction d'oligosaccharides (mélézitose et erlose), l'angle de déviation tourne vers la droite (dextrogyre) pour le miel de miellat (Lazarevic *et al.*, 2012).

Tous les miels testés sont lévogyres (miellats) et l'intervalle obtenu est entre -8,36 à -1,4 et d'une moyenne de $-5,36 \pm 0,08$ (tableau VI). Les miels M1, M2, M4, M5, M8 et M9 montrent une différence significativement contrairement au miel M6 - M7 qui ne diffèrent pas significativement.

Les résultats sont différents de ceux rapportés par Can *et al.* (2015) (-3,46 à 1,38), Lazarevic *et al.* (2012) (-27,21 à -8,77) et Ouchemoukh, (2012) (-8,04 à 0,64).

III.3- TENEURS EN ANTIOXYDANTS ET ACTIVITÉS ANTIOXYDANTES

Les résultats de teneurs en antioxydants des échantillons de miels et leurs activités antioxydantes sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau VII: Résultats de dosage des antioxydants et activités antioxydantes des miels étudiées.

Miels		Polyphénols (mg EAG / 100g)	Flavonoïdes (mg EC / 100)	Pouvoir réducteur (mg EAG / 100 g)	DPPH (%)	ABTS (%)	FRAP (mg EAG / 100 g)
Monofloraux	M1	159,64 ± 2,48 ^a	42,14 ± 0,93 ^a	50,47 ± 0,85 ^a	57,44 ± 1,91 ^a	65,15 ± 2,35 ^a	257,22 ± 11,54 ^a
	M2	46,90 ± 3,50 ^f	17,31 ± 0,09 ^d	23,29 ± 0,37 ^g	12,02 ± 1,99 ^e	9,51 ± 3,70 ^h	9,54 ± 2,29 ^f
	M3	35,61 ± 0,79 ^g	15,12 ± 0,55 ^e	31,13 ± 0,51 ^f	13,26 ± 0,58 ^e	27,22 ± 2,04 ^e	91,75 ± 0,4 ^c
	M4	69,85 ± 3,80 ^e	15,84 ± 1,00 ^{de}	37,96 ± 0,07 ^c	27,68 ± 2,70 ^c	25,52 ± 0,33 ^{ef}	71,61 ± 2,27 ^d
	M6	37,42 ± 1,45 ^g	7,89 ± 0,00 ^f	21,33 ± 0,61 ^h	12,96 ± 0,61 ^e	23,12 ± 0,611 ^f	54,84 ± 1,79 ^e
	M7	129,01 ± 0,90 ^c	20,71 ± 1,40 ^c	39,31 ± 0,46 ^b	25,02 ± 2,60 ^d	44,17 ± 0,58 ^b	88,61 ± 1,12 ^c
	M8	146,62 ± 2,26 ^b	23,67 ± 0,78 ^b	33,11 ± 0,62 ^e	28,92 ± 0,68 ^{bc}	39,38 ± 1,69 ^c	126,10 ± 0,20 ^b
	M9	26,20 ± 1,59 ^h	9,76 ± 1,19 ^f	21,82 ± 0,14 ^h	8,97 ± 0,58 ^f	17,71 ± 1,29 ^g	72,89 ± 1,07 ^d
	Polyfloral	M5	122,38 ± 1,47 ^d	19,78 ± 2,64 ^c	34,65 ± 0,61 ^d	30,60 ± 0,52 ^b	34,28 ± 2,21 ^d

Chaque valeur représente la moyenne ± écart type (n= 3).

Les valeurs portant la même lettre ne sont pas significativement différentes.

III.3.1- TENEURS EN ANTIOXYDANTS

III.3.1.1- Composés phénoliques

La teneur en polyphénols est évaluée par le protocole utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dosage colorimétrique reste une méthode de routine pour la détermination de la concentration des polyphénols totaux malgré le fait qu'il présente une faible spécificité (Ouchemoukh, 2012; Silva *et al.*, 2013).

La teneur en phénols totaux pour les échantillons de miel analysés varie entre 26,2 (M9) à 159,64 (M1) mg EAG / 100 g avec une moyenne de $85,96 \pm 2,03$ mg EAG / 100 g (tableau VII). Ces résultats sont proches de ceux de Escuredo *et al.* (2013) (0,06 à 181 mg EAG / 100 g) et différents à ceux obtenus par Bueno-Costa *et al.* (2016) (0,49 à 65 mg EAG / 100 g) et Doukani *et al.* (2014) (166 à 427 mg EAG / 100 g).

Les miels M3 et M6 des *Fabaceae* ne présentent pas une différence significative dans leurs concentrations en phénols totaux. Par contre, les échantillons monofloraux M1, M2, M4, M7, M8, M9 et M5 (polyfloral) enregistrent une différence significative dans la teneur en polyphénols.

La concentration et le type des substances phénoliques dans le miel dépendent de l'origine géographique et surtout de l'origine florale (Rodriguez Flores *et al.*, 2015). Il est plausible que le contenu phénolique élevé dans les plantes soit transféré dans le nectar et le pollen qui est récolté par les abeilles est introduit par la suite au miel, contribuant ainsi, au contenu phénolique élevé observé dans le produit (Anjos *et al.*, 2015). En général, les miels les plus foncés contiennent des quantités phénoliques supérieures et possèdent une meilleure activité antioxydante par rapport aux miels plus clairs (Doukani *et al.*, 2014).

III.3.1.2- Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés antioxydant à faible poids moléculaire qui sont importants en raison de leur contribution à la couleur et au goût (Silva *et al.*, 2013; Mouniruzzman *et al.*, 2014).

Selon les résultats obtenus de la teneur en flavonoïdes des miels, le miel M1 de Melbou présente la valeur la plus élevée de 42,13 mg EC / 100 g, tandis que celui de Djelfa possède le plus faible taux (6,96 mg EC / 100 g) (tableau VII). La différence significative est observée dans les échantillons M1, M2, M3, M4 et M8 et sont non remarquable dans les échantillons M5 - M7 et M6 - M9.

Les résultats obtenus sont supérieurs à ceux rapportés par Can *et al.* (2015) des miels de Turquie (0,64 à 8,10 mg EC / 100 g), Boussaid *et al.* (2014) des miels de Tunisie (10 à 22 mg EC / 100 g) et Bueno-Costa *et al.* (2016) des miels de Brazil (3 à 10 mg EC / 100 g).

La composition en polyphénols dépend de la source florale, des conditions environnementales et climatiques et de la zone géographique (Sousa *et al.*, 2016; Habib *et al.*, 2014).

III.3.2- ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE

III.3.2.1- Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur met en évidence la capacité d'une molécule à réduire un oxydant en lui cédant un électron, permettant ainsi de bien apprécier l'activité antioxydante de l'échantillon testé (Ouchemoukh, 2012).

Les résultats obtenus varient de 21,33 (M6) à 50,47 (M1) mg EAG / 100 g. Ils sont inférieurs à ceux rapportés par Canadanovic-Brunet *et al.* (2014) (39 à 120 mg EAG / 100 g) (tableau VII).

Les miels monofloraux M1, M2, M3, M4, M5, M7 et M8 présentent une différence significative excepté les miels M6 et M9.

Al-Mamary *et al.* (2002) ont montré que l'activité antioxydante est variable d'un miel à un autre selon la source botanique, la présence de différents composés antioxydants et selon leur teneur en ces composés.

III.3.2.2- Activité antiradicalaire par DPPH

L'activité antiradicalaire consiste à mettre le radical DPPH en présence d'antioxydants afin de mesurer leur capacité à réduire ce radical (Sousa *et al.*, 2016).

Le pourcentage d'inhibition des échantillons de miel étudiés varie entre 8,97 % (M9) à 57,44 % (M1) avec une moyenne de $24,10 \pm 1,29$ % (tableau VII). Les résultats de l'activité antiradicalaire enregistrées sont proches à ceux obtenues par Ouchemoukh, (2012) (25 ± 18 % à $75 \pm 1,22$ %), Moniruzzaman *et al.* (2014) (36 à 76 %), Doukani *et al.* (2014) (3 à 22 %) et Sousa *et al.* (2016) (11 % à 46 %).

L'analyse statistique montre que l'échantillon du miel M1 présente le pouvoir antiradicalaire le plus significativement élevé (57,44 %). Ceci est probablement dû à sa richesse en antioxydants.

III.3.2.3- Activité antiradicalaire par l'ABTS

Les miels examinés présentent des potentiels d'inhibition d'ABTS qui oscillent de $9,51 \pm 2,35$ % à $65,15 \pm 3,70$ % avec une moyenne de $31,79 \pm 1,64$ % (tableau VII). Une différence significative est observée dans tous les échantillons de miel.

Les résultats obtenus sont comparables à ceux de Wilczyńska, (2014) (6 à 79 %). La valeur de M1 (65,15 %) rentre dans la gamme des résultats rapportés par Baltrušaitytė *et al.* (2007) (50,4 à 96,8 %).

III.3.2.4- Le test de FRAP

Le test de FRAP évalue directement la présence des antioxydants dans différents échantillons y compris le miel (Khalil *et al.*, 2012). Cette méthode est basée sur la capacité des antioxydants à réduire le fer ferrique Fe^{3+} en fer ferreux Fe^{2+} (Moniruzzaman *et al.*, 2013).

Les résultats montrent que la capacité de réduire le fer varie considérablement entre les échantillons de miel analysés et oscillent entre 9,54 à 257,22 (M1) (mg EAG / 100 g) avec une moyenne de $94,69 \pm 2,93$ (mg EAG / 100 g) (tableau VII). Ces valeurs sont supérieures à celles de Doukani *et al.* (2014) (8 à 240 mg EAG / 100 g).

Le miel M1 présente le potentiel antioxydant le plus élevé 257,22 (mg EAG / 100 g), ce qui indique sa grande réduction du fer et son puissant pouvoir antioxydant. Le miel M2 enregistre la plus faible activité 9,54 (mg EAG / 100 g), témoigne ainsi sa faible capacité antioxydante.

Les échantillons M3 - M7, M4 - M9 et M5 - M6 ne présentent aucune différence significative dans l'activité antioxydante, les miels *Fabaceae* M1, M2, et M8 montrent une différence significative.

III.4- ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE

III.4.1- Activité antibactérienne sur gélose

L'évaluation du pouvoir antibactérien des échantillons de miel étudiés est présentée dans la figure 02.

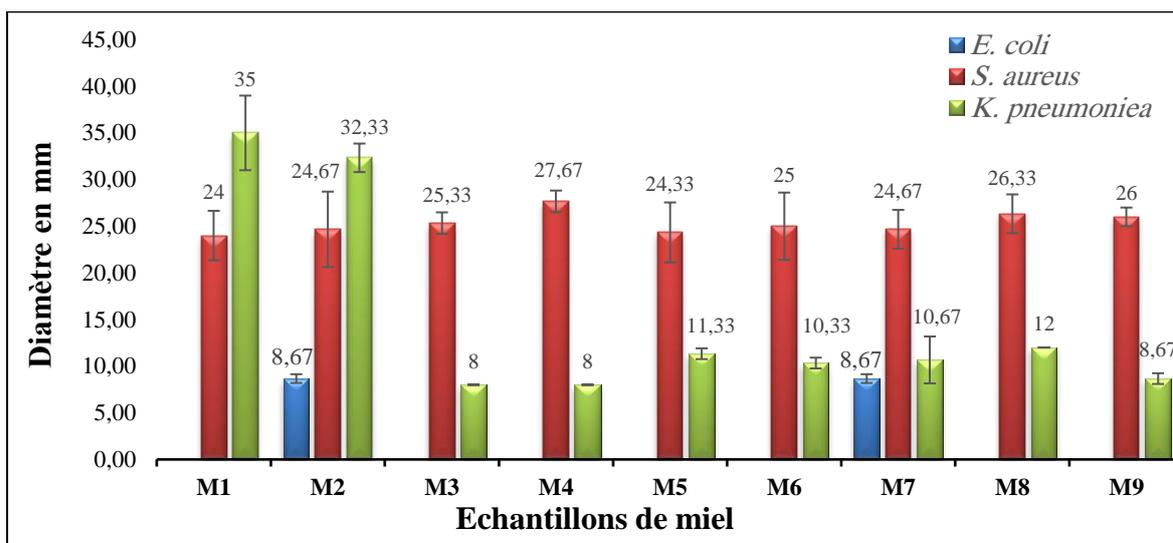


Figure 02 : Histogramme des diamètres de zones d'inhibition des échantillons de miel sur *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Klebsiella pneumoniae*.

Les diamètres de zones d'inhibitions d'*E. Coli* varient entre 0 à $8,67 \pm 0,47$ mm. La majorité des miels étudiés présentent l'absence de sensibilité à l'exception des miels M2 et M7 qui ne montrent pas une différence significative avec un diamètre de $8,67 \pm 0,47$ mm. Ces diamètres sont inférieurs à celui obtenu avec le contrôle positive (acide naxidique) qui est de 24,33 mm. Les valeurs obtenues sont adéquates à ceux de Merah *et al.* (2010) (00 à 24 mm).

D'après la figure 02, l'activité inhibitrice des différentes sortes des miels sur *S. aureus* est importante pour tous les échantillons avec un diamètre compris entre $24 \pm 2,66$ (M1) à $27,67 \pm 1,16$ (M4) mm. Ces résultats sont comparés par rapport à l'antibiotique testés (acide fusidique) avec une zone d'inhibition de 30,33 mm. Tous les miels analysés ne présentent pas une différence significative. Ces diamètres sont plus grands que ceux mesurés par Voidarou *et al.* (2011) (0,9 à 13 mm).

La sensibilité de *K. pneumoniae* à l'acide fusidique est démontré par l'antibiogramme où le diamètre de la zone d'inhibition est de 23 mm. Les valeurs de zones d'inhibitions des différents échantillons de miel testée contre *K. pneumoniae* varie entre 8 ± 0 à 35 ± 4 mm, les miels M1 - M2, M3 - M4, M6 - M7 ne montrent pas une différence significative. Par contre, les miels M5, M8 et M9 présentent une différence significative. Esmail *et al.* (2014) ont rapporté des résultats inférieurs (7 à 11 mm).

Les résultats obtenus montrent que *S. aureus* (gram positive) est la bactérie la plus sensible, avec une moyenne de $25,33 \pm 2,33$ mm, par comparaison avec *E. coli* (gram négative), d'une moyenne de $1,93 \pm 0,1$ qui n'est pas sensible, avec *K. pneumoniae* (gram négative) qui est légèrement sensible avec une moyenne de $15,15 \pm 1,09$ mm. Cette comparaison montre que la zone d'inhibition est variable d'une bactérie à une autre pour l'ensemble des miels analysés, ceci peut être attribué à la différence de la structure entre les bactéries Gram positives et les bactéries Gram négatives.

L'effet antibactérien du miel peut être aussi attribué à plusieurs facteurs présents dans le miel tels que: l'osmolarité, le pH, le peroxyde d'hydrogène, les composés phénoliques, le MGO et les protéines (Al-Habsi et Niranjana., 2012; Couquet *et al.*, 2013).

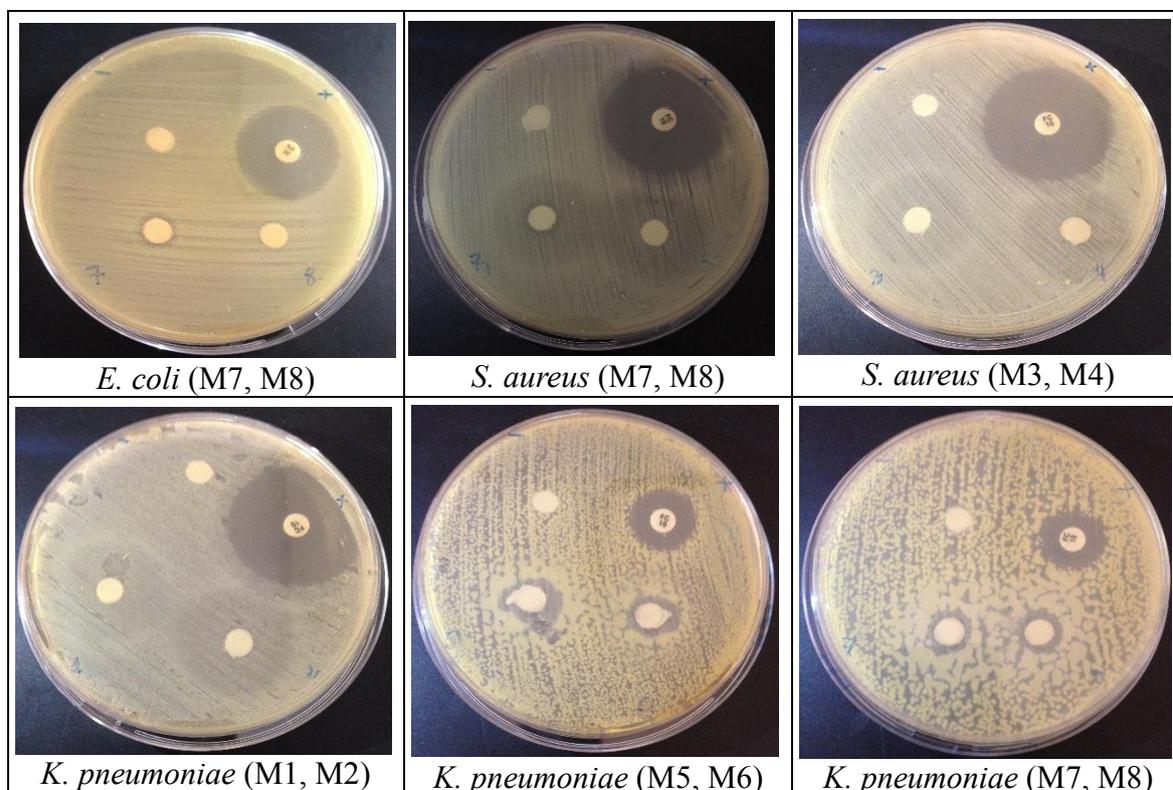


Figure 03: Photographies du pouvoir inhibiteur des échantillons de miel sur *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Klebsiella pneumoniae*.

La variabilité des résultats de *k. pneumoniae* est peut-être due à la corrélation très hautement significative qui existe entre les flavonoïdes et son activité antibactérienne et voir même les autres corrélations significatives entre cette activité avec le pH ($r = 0,44$) et avec les activités antioxydantes ($r = 0,47$ de DPPH et $r = 0,40$ correspond au test de FRAP). Par ailleurs, les autres souches ne montrent aucune corrélation avec ces paramètres.

La réaction d'oxydation enzymatique du glucose et les propriétés physiques du miel sont considérées comme étant les facteurs majeurs de l'activité antibactérienne (Al-Habsi et Niranjana, 2012). D'autres paramètres interviennent aussi dans cette activité tels que les inhibines peroxyde et non peroxyde (Escuredo *et al.*, 2013).

III.4.2- Activité antibactérienne sur milieu liquide

La CMI des miels testés est évaluée par l'observation à l'œil nu et elle est obtenue dans des intervalles qui sont déterminés par l'inversion de résultat entre deux doses voisines : absence d'un précipité suivie de présence d'un précipité (présence de la croissance bactérienne).

Tableau VIII: Résultats des CMI des différents échantillons de miel testés sur les trois souches bactériennes.

	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
T ⁻	+	+	+
M1	CMI > 1000	125 ≥ CMI > 62,5	500 ≥ CMI > 250
M2	1000 ≥ CMI > 500	1000 ≥ CMI > 500	500 ≥ CMI > 250
M3	CMI > 1000	250 ≥ CMI > 125	500 ≥ CMI > 250
M4	CMI > 1000	250 ≥ CMI > 125	500 ≥ CMI > 250
M6	CMI > 1000	CMI > 1000	500 ≥ CMI > 250
M7	1000 ≥ CMI > 500	CMI > 1000	1000 ≥ CMI > 500
M8	CMI > 1000	500 ≥ CMI > 250	1000 ≥ CMI > 500
M9	CMI > 1000	500 ≥ CMI > 250	1000 ≥ CMI > 500

T⁻ : Témoin négative.

+ : Présence de la croissance bactérienne.

Le témoin négatif (eau distillée) ne montre aucun effet inhibiteur sur la croissance des trois souches bactériennes.

Les échantillons de miel M2 et M7 montrent un effet inhibiteur sur *E. coli* qui varie de 500 à 1000 mg / ml. Les autres échantillons présentent des CMI supérieurs à 1000 mg / ml. Ces résultats sont supérieurs à ceux rapportés par Mandal et Mandal. (2011) pour le miel Egyptien (100 mg / ml).

Les résultats de la CMI vis-à-vis de *S. aureus* varie de $1000 \geq \text{CMI} > 62,5$ mg / ml. Les miels M6 et M7 présentent la CMI qui est supérieure à 1000 mg / ml contrairement au miel M2 qui montre un intervalle de $1000 \geq \text{CMI} > 500$ mg / ml. La CMI des échantillons de miel M8 et M9 est comprise entre $500 \geq \text{CMI} > 250$ mg / ml et supérieure à celle obtenue pour les miels M3 et M4 d'un intervalle de $250 \geq \text{CMI} > 125$ mg / ml. L'échantillon de miel M1 enregistre la plus faible concentration inhibitrice, son intervalle varie de $125 \geq \text{CMI} > 62,5$ mg / ml.

Les CMI des échantillons de miel M1, M2, M3, M4 et M6 contre *k. pneumoniae* sont comprises entre 250 et 500 mg / ml. Les autres échantillons sont caractérisés par des CMI dans l'intervalle de $1000 \geq \text{CMI} > 500$ mg / ml.

III.5- CORRÉLATIONS

III.5.1- Corrélations couleurs, antioxydants et activités antioxydantes

L'étude statistique révèle une corrélation très hautement significative entre la couleur et la teneur en flavonoïdes ($r = 0,80$) (Figure 01, annexe VI). Cette valeur est supérieure à celle obtenue par Moniruzzaman *et al.* (2013) ($r = 0,74$). La couleur montre aussi une corrélation avec le potentiel antioxydant et les coefficients de corrélation sont: $r = 0,73$ avec l'ABTS, $r = 0,80$ avec le DPPH, $r = 0,85$ pour le FRAP (Figure 01, annexe VI) et $r = 0,65$ pour le test du pouvoir réducteur. La matrice de corrélation de Khalil *et al.* (2012) montre des corrélations très hautement significatives et proches entre la couleur avec les flavonoïdes, le DPPH et avec le FRAP ($r = 0,97$, $r = 0,96$ et $r = 0,96$), respectivement.

Les corrélations confirment la relation proportionnelle qui existe entre la couleur et les flavonoïdes.

III.5.2- Corrélations antioxydants et activités antioxydantes

Les composés phénoliques sont corrélés très hautement significativement avec les différentes activités antioxydantes testées : ABTS, DPPH et pouvoir réducteur et les coefficients sont respectivement $r = 0,86$; $r = 0,85$; et $r = 0,80$ (Figure 02, annexe VI).

Les résultats sont meilleurs que ceux rapportés par Bueno-Costa *et al.* (2016) qui indiquent une faible corrélation entre les polyphénols avec le DPPH et même avec l'ABTS ($r = 0,03$ et $r = 0,30$). La corrélation de FRAP avec les polyphénols est similaire à celle obtenue par Khalil *et al.* (2012) ($r = 0,69$). Ouchemoukh, (2012) a révélé une corrélation moindre entre les composés phénoliques et le pouvoir réducteur ($r = 0,77$).

Les flavonoïdes présentent des corrélations très hautement significatives avec l'ABTS ($r = 0,85$) et avec le pouvoir réducteur ($r = 0,86$) (Figure 03, annexe VI) et le

coefficient de corrélation le plus élevée est celui de DPPH avec $r = 0,92$ (Figure 03, annexe VI). Ainsi avec le FRAP où $r = 0,83$ qui est similaire à celui obtenu par Moniruzzaman *et al.* (2013) ($r = 0,78$).

Une corrélation très hautement significative entre la teneur en flavonoïdes et les polyphénols est prouvée par le coefficient de corrélation qui est de $r = 0,83$ (Figure 02, annexe VI). Cette corrélation est supérieure à celle obtenue par Mouhoubi-Tafinine *et al.* (2016) ($r = 0,59$).

Le potentiel antioxydant dépend de la quantité des composés phénoliques totaux et des flavonoïdes présents dans le miel (Beretta *et al.*, 2005).

III.6- ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

C'est une représentation des variables par condensation d'information. Le cercle de corrélation a pour but de confirmer la matrice de corrélation.

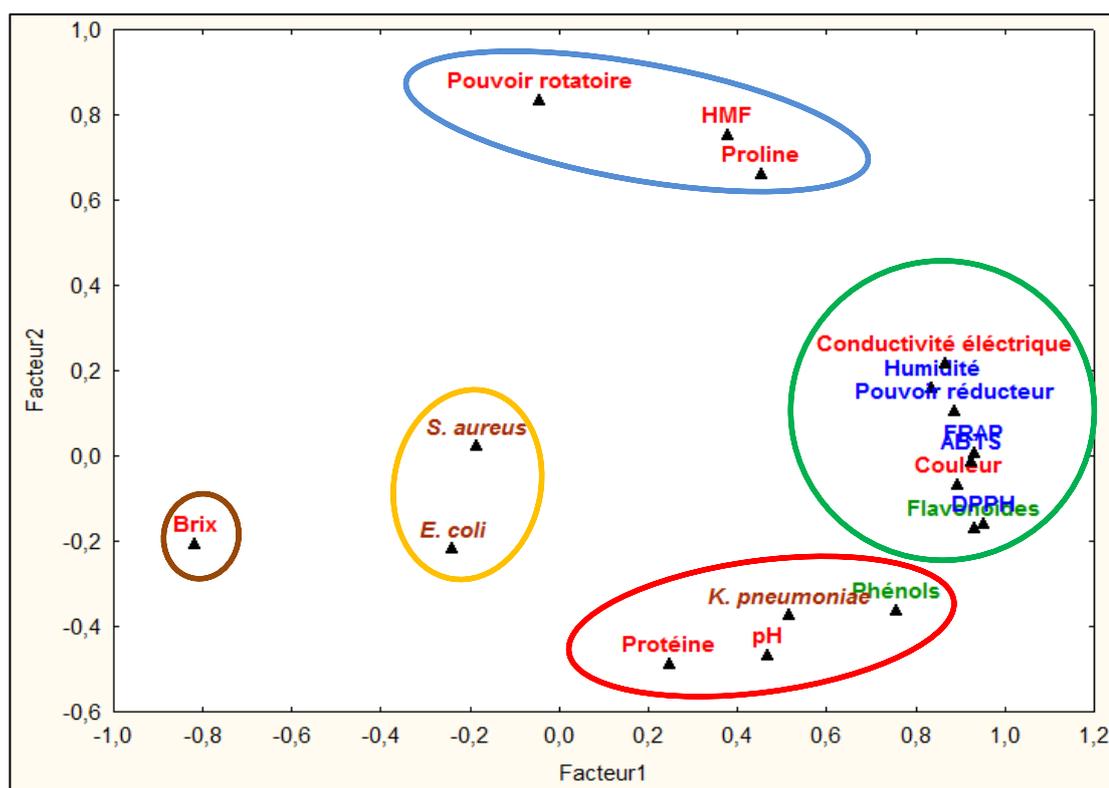


Figure 04: Tracé des poids factoriels de l'ACP.

Le tracé des poids factoriels présenté dans la figure 2 révèle des groupes de variables. Le groupe encerclé en vert se caractérise par des distances très proches entre la conductivité électrique, l'humidité, le pouvoir réducteur, le FRAP, l'ABTS, la couleur, le DPPH et les flavonoïdes. Ces derniers représentent une forte corrélation positive qui confirme les coefficients de corrélation, démontrés au paravent par la matrice de corrélation. Le DPPH et les flavonoïdes est un intragroupe qui sont très proche par un coefficient de corrélation très hautement significative de 0,92 donc le taux de flavonoïdes influe sensiblement sur le DPPH. Ce test statistique confirme les relations proportionnelles entre la couleur, les antioxydants et les activités antioxydantes.

Le groupe encerclé en rouge représente les phénols totaux, le pH, les protéines et *K. pneumoniae* sont un peu proche. La relation entre les phénols totaux et *K. pneumoniae* peut être s'expliquée par la corrélation hautement significative entre les flavonoïdes et *K. pneumoniae* ($r = 0,65$).

Le groupe encerclé en bleu de l'HMF, la proline et le pouvoir rotatoire présentent une corrélation très hautement significative entre l'HMF et le pouvoir rotatoire et une corrélation hautement significative entre l'HMF et la proline.

Les zones d'inhibitions observées avec *E. coli* et *S. aureus* ne montrent pas de corrélation avec d'autres paramètres (antioxydants et activités antioxydantes). Ce groupe est encerclé en jaune.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'Algérie possède une diversité botanique et des conditions climatiques favorables à la production de plusieurs variétés du miel. Cette étude a permis d'évaluer les critères de qualité de 9 échantillons de miel. Elle est fondée à la fois sur l'analyse pollinique, les caractéristiques physico-chimiques, les analyses phytochimiques et l'activité antibactérienne.

Les analyses polliniques montrent que huit échantillons de miel sont monofloraux (sept miels fabaceae et le miel M4 apiaceae) et le miel M5 est polyfloral. Les résultats obtenus concernant les paramètres physico-chimiques, sont en accord, en général avec la commission internationale du miel et sont influencés par des nombreux facteurs: nature des végétaux butinés par les abeilles, la force de la colonies d'abeilles, la zone géographique, le climat et les compétences de l'apiculteur.

L'humidité et le brix des échantillons de miel analysés varient respectivement de 13,9 à 21,92 % et 76,4 à 87,3 %. Le pH est compris entre 3,44 et 4,04. La conductivité électrique oscille de 0,27 et 1,24 mS / cm. La couleur des miels analysés enregistre des absorbances allant de 0,1 à 1,56. Les teneurs en protéines et en proline varient de 25,82 à 90,1 mg EBSA / 100 g et 346,88 à 731,31 mg / kg, respectivement. Le taux en HMF varie de 3,74 à 63,12 mg / kg. Les miels M1 et M7 dépassent la limite fixée par le codex alimentaire. Le pouvoir rotatoire montre que tous les miels analysés sont lévogyres d'un intervalle de -8,36 à -20,4.

Les résultats obtenus concernant les antioxydants et les activités antioxydantes varient significativement entre les échantillons analysés. La teneur en phénols totaux est comprise entre 26,2 et 159,64 mg EAG / 100 g. Le miel M1 caractérisé par une coloration foncée possède une teneur élevée de ces substances. Les échantillons de miel polyfloral, *Apiaceae* et *Fabaceae* présentent des taux en flavonoïdes qui oscillent de 42,13 à 6,96 mg EC / 100 g. Le miel de Djelfa M9 d'une couleur clair possède une faible teneur en flavonoïdes.

Tous les miels analysés exercent des activités antioxydantes. Les activités antiradicalaires par le DPPH, l'ABTS et le FRAP varient de 8,97 à 55,44 %, 9,51 à 65,15 % et 9,54 à 257,22 mg EAG / 100 g, respectivement. La capacité de la réduction de fer ferrique en fer ferreux des échantillons de miel varie de 21,33 à 50,47 mg EAG / 100 g.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats de l'activité antibactérienne des échantillons de miel testés révèlent que les trois souches testées sont plus ou moins sensibles à l'action inhibitrice d'un miel à un autre et d'une souche à une autre. *S. aureus* est la souche la plus sensible par comparaison avec *E. coli* et *K. pneumoniae*. Les miels testés montrent des zones d'inhibition qui varient de 0 à 8,67 mm, 24 à 27,67 mm et 8 à 35 mm, respectivement vis-à-vis *E. coli*, *S. aureus* et *K. pneumoniae*.

Les résultats obtenus de l'évaluation de l'activité antibactérienne par la CMI montrent un effet inhibiteur sur *E. coli*, *S. aureus* et *K. pneumoniae* caractérisés par des intervalles qui varient de $1000 \geq \text{CMI} > 500$, $1000 \geq \text{CMI} > 62,5$ et $1000 \geq \text{CMI} > 250$ mg / ml, respectivement.

L'effet antibactérien du miel peut être influencé par plusieurs facteurs présents dans le miel tels que: l'osmolarité, le pH, le peroxyde d'hydrogène et les inhibines non peroxydes.

Des corrélations positives très hautement significatives sont observées entre la couleur, les antioxydants et les activités antioxydantes. Une corrélation très hautement significative existe entre les composés phénoliques totaux et l'inhibition de *K. pneumoniae*. Ces corrélations sont confirmées par l'ACP.

Les résultats de la présente étude méritent d'être complétés, il serait intéressant:

- D'identifier les différents antioxydants par des techniques plus performantes (HPLC / MS) pour les miels Algériens.
- D'approfondir l'étude de l'activité antibactérienne sur une large gamme de pathogènes, ainsi que sur les souches résistantes.
- D'évaluer des activités biologiques *in vivo* des miels algériens.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Al, M.L., Daniel, D., Moise, A., Bobis, O., Laslo, L., and Bogdanov, S. (2009). Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. *Food Chemistry* 112, 863–867.

Al-Habsi, N.A., and Niranjana, K. (2012). Effect of high hydrostatic pressure on antimicrobial activity and quality of Manuka honey. *Food Chemistry* 135, 1448–1454.

Al-Mamary, M., Al-Meer, A., and Al-Habori, M. (2002). Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research* 22, 1041–1047.

Alvarez-Suarez, J.M., Tulipani, S., Díaz, D., Estevez, Y., Romandini, S., Giampieri, F., Damiani, E., Astolfi, P., Bompadre, S., and Battino, M. (2010). Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. *Food and Chemical Toxicology* 48, 2490–2499.

Anjos, O., Campos, M.G., Ruiz, P.C., and Antunes, P. (2015). Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey. *Food Chemistry* 169, 218–223.

Azeredo L. D. C., Azeredo M. A. A., De Souza S. R. and Dutra V. M. L. (2003). Protein content and physicochemical properties in honey samples of *Apis Mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry* 80, 249–254.

Baltrušaitytė, V., Venskutonis, P.R., and Čeksterytė, V. (2007). Radical scavenging activity of different floral origin honey and beebread phenolic extracts. *Food Chemistry* 101, 502–514.

Bansal, V., Medhi, B., and Pandhi, P. (2005). Honey—a remedy rediscovered and its therapeutic utility. *Kathmandu University Medical Journal* 3, 305–309.

Bath, P.K., and Singh, N. (1999). A comparison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honey. *Food Chemistry* 67, 389–397.

Belay, A., Solomon, W.K., Bultossa, G., Adgaba, N., and Melaku, S. (2015). Botanical origin, colour, granulation, and sensory properties of the Harena forest honey, Bale, Ethiopia. *Food Chemistry* 167, 213–219.

Belhaj, O., Oumato, J., and Zrira, S. (2015). Etude physicochimique de quelques types de miels Marocains. *Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 3, 71–75.

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

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Bettar, I., González-Miret, M.L., Hernanz, D., Marconi, A., Heredia, F.J., and Terrab, A. (2015). Characterisation of Moroccan Spurge (*Euphorbia*) honeys by their physicochemical characteristics, mineral contents and colour. *Arabian Journal of Chemistry*.

Bogdanov S. & Bulmer P. (2001). Propriétés naturelles du miel. *Revue Suisse d'Apiculture*, 98: 107-114.

Bogdanov S., Lüllman C., Martin P., Von Der Ohe W., Russmann H., Vorwohl G., Persano-Oddo L., Sabatini A. G., Marcazzan G. L., Piro R., Flamini C., Morlot M., Heritier J., Borneck R., Marioleas P., Tsigouri A., Kerkvliet J., Ortiz A., Ivanov, T., D'Arcy B., Mossel B. and Vit P. (1999). Honey quality and international regulatory standards: review by the international honey commission. *Bee World* 80 (2), 61–69.

Bogdanov S., Martin P., Lüllman C., Borneck R., Morlot M., Heritier J., Vorwohl G., Russmann H., Persano-Oddo L., Sabatini A. G., Marcazzan G. L., Marioleas P., Tsigouri A., Kerkvliet J., Ortiz A. and Ivanov T. (1997). Harmonised Methods of The European Honey Commission. *Apidologie (extra issue)*, 1–59.

Bogdanov S., Ruoff K., and Persano Oddo, L. (2004). Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: A review. *Apidologie*, 35, 4–17.

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

Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G., and Hamdi, S. (2014). Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*.

Brudzynski, K., Abubaker, K., and Miotto, D. (2012). Unraveling a mechanism of honey antibacterial action: Polyphenol/H₂O₂-induced oxidative effect on bacterial cell growth and on DNA degradation. *Food Chemistry* 133, 329–336.

Bueno-Costa, F.M., Zambiasi, R.C., Bohmer, B.W., Chaves, F.C., Silva, W.P. da, Zanusso, J.T., and Dutra, I. (2016). Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *LWT - Food Science and Technology* 65, 333–340.

Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Akyuz Turumtay, E., Silici, S., and Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry* 180, 133–141.

Čanadanović-Brunet, J., Četković, G., Šaponjac, V.T., Stajčić, S., Vulić, J., Djilas, S., Štajner, D., and Popović, B. (2014). Evaluation of phenolic content, antioxidant activity and sensory characteristics of Serbian honey-based product. *Industrial Crops and Products* 62, 1–7.

Cavia, M.M., Fernández-Muiño, M.A., Gómez-Alonso, E., Montes-Pérez, M.J., Huidobro, J.F., and Sancho, M.T. (2002). Evolution of fructose and glucose in honey over one year: influence of induced granulation. *Food Chemistry* 78, 157–161.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Chauvin R. (1987).** Le miel. In «La ruche et l'homme». Edition Calmann-Lévy: 27-76.
- Chuttong, B., Chanbang, Y., Sringarm, K., and Burgett, M. (2016).** Physicochemical profiles of stingless bee (Apidae: Meliponini) honey from South East Asia (Thailand). *Food Chemistry* 192, 149–155.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2015).** Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests; approved standard. 12th edition. Wayne, PA, USA.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2015).** Methode for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; approved standard. 10th edition. Wayne, PA, USA.
- Codex Alimentarius (1981).** Revised codex standard for honey. *Codex stan, 12*: 1-10.
- Codex Alimentarius Commission. (2001).** Revised codex standard for honey. *Revue 1*, 1-7.
- Commision Européenne. (2002).** Derective 2001/110/EC du 20 décembre 2001 relative au miel. *Journal Officiel des communautés Européennes 10*, 47-52.
- Conti, M.E., Finoia, M.G., Fontana, L. Mele, G., Botrè, F. et Iavicoli, I. (2014).** Characterization of Argentine honeys on the basis of their mineral content and some typical quality parameters. *Chemistry Central Journal* 8 (44), 2-10.
- Cortopassi-Laurino, M., and Gelli, D.S. (1991).** Analyse pollinique, propriétés physico-chimiques et action antibactérienne des miels d'abeilles africanisées *Apis mellifera* et de *Méliponinés* du Brésil. *Apidologie* 22, 61–73.
- Corvucci, F., Nobili, L., Melucci, D., and Grillenzoni, F.-V. (2015).** The discrimination of honey origin using melissopalynology and Raman spectroscopy techniques coupled with multivariate analysis. *Food Chemistry* 169, 297–304.
- Couquet, Y., Desmoulière, A., and Rigal, M.-L. (2013).** Les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel. *Actualités Pharmaceutiques* 52, 22–25.
- Da Silva, P.M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O., and Fett, R. (2016).** Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry* 196, 309–323.
- Das, A., Datta, S., Mukherjee, S., Bose, S., Ghosh, S., and Dhar, P. (2015).** Evaluation of antioxidative, antibacterial and probiotic growth stimulatory activities of *Sesamum indicum* honey containing phenolic compounds and lignans. *LWT - Food Science and Technology* 61, 244–250.
- Desmoulière, A. (2013).** Le miel, de remarquables propriétés cicatrisantes. *Actualités pharmaceutiques* 531, 17.
- Doukani, K., Tabak, S., Derriche, A. et Hacini, Z. (2014).** Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. *Ecologie-Environnement* 10, 37-49.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Elbanna, K., Attalla, K., Elbadry, M., Abdeltawab, A., Gamal-Eldin, H., and Fawzy Ramadan, M. (2014). Impact of floral sources and processing on the antimicrobial activities of different unifloral honeys. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease* 4, 194–200.

El-Haskoury, R., Kriaa, W., Lyoussi, B., and Makni, M. (2017). Ceratonia siliqua honeys from Morocco: Physicochemical properties, mineral contents, and antioxidant activities. *Journal of Food and Drug Analysis*, in press.

Erel, O. (2004). A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clinical Biochemistry* 37, 277–285.

Escuredo, O., Míguez, M., Fernández-González, M., and Carmen Seijo, M. (2013). Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic area. *Food Chemistry* 138, 851–856.

Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M., and Seijo, M.C. (2014). Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chemistry* 149, 84–90.

Esmail, A., Chahboun, N., Mennane, Z., Amiyare, R., Abed, H., Barrahi, M., Qebibo, A., Ouhssine, M., Berny, E. H. (2014). Étude de l'activité antimicrobienne des margines issues de Fès Boulman vis-à-vis de souches pathogènes [Study of antimicrobial activity of olive mille wastewater (OMWW) from Fez Boulman against some pathogenic strains]. *J. Mater. Environ. Sci* 6 (3), 869-876.

Evelin, K., Raili, P., Kaie, M., Katrin, L. (2011). Physicochemical and melissopalynological characterization of Estonian summer honeys. *Procedia Food Science* 1, 616 – 624.

Feás X., Pires J., Iglesias A. and Estevinho M.L. (2010). Characterization of artisanal honey produced on the northwest of Portugal by melissopalynological and physico-chemical data. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 3462-3470.

Ferreira, I.C.F.R., Aires, E., Barreira, J.C.M., and Estevinho, L.M. (2009). Antioxidant activity of Portuguese honey samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry* 114, 1438–1443.

Gülçin, İ., Alici, H.A., and Cesur, M. (2005). Determination of in vitro antioxidant and radical scavenging activities of propofol. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin* 53, 281–285.

Habib, H.M., Al Meqbali, F.T., Kamal, H., Souka, U.D., and Ibrahim, W.H. (2014). Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. *Food Chemistry* 153, 35–43.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Hoyet, C. (2005). Le miel: De la source à la thérapeutique, *Thèse en vue d'obtention de docteur en pharmacie*, Pharmacie, Université Henri Poincaré - Nancy-1, 87 p.

Huchet, E., Julie, C. et Laurent, G. (1996). Les constituants chimiques du Miel. *Science et Medecine 4*, 1-7.

Irlande, D. (2010). Le miel et ses propriétés thérapeutiques. Utilisation dans les plaies cutanées. 1-25.

Iurlina, M.O., Saiz, A.I., Fritz, R., and Manrique, G.D. (2009). Major flavonoids of Argentinean honeys. Optimisation of the extraction method and analysis of their content in relationship to the geographical source of honeys. *Food Chemistry 115*, 1141–1149.

Kassim, M., Achoui, M., Mustafa, M.R., Mohd, M.A., and Yusoff, K.M. (2010). Ellagic acid, phenolic acids, and flavonoids in Malaysian honey extracts demonstrate in vitro anti-inflammatory activity. *Nutrition Research 30*, 650–659.

Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı, C., and Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry 100*, 526–534.

Khalil, M.I., Moniruzzaman, M., Boukraâ, L., Benhanifia, M., Islam, M.A., Islam, M.N., Sulaiman, S.A., and Gan, S.H. (2012). Physicochemical and Antioxidant Properties of Algerian Honey. *Molecules 17*, 11199–11215.

Lachman J., Kolihova D., Miholova D., Kosata J., Titera D. and Kult K. (2007). Analysis of minority honey components: possible use for the evaluation of honey quality. *Food Chemistry, 101*, 973-979.

Lazarević, K.B., Andrić, F., Trifković, J., Tešić, Ž., and Milojković-Opsenica, D. (2012). Characterisation of Serbian unifloral honeys according to their physicochemical parameters. *Food Chemistry 132*, 2060–2064.

Lazaridou, A., Biliaderis, C. G., Bacandritsos, N., & Sabatini, A. G. (2004). Composition, thermal and rheological behaviour of selected Greek honeys. *Journal of Food Engineering, 64*, 9–21.

LeBlanc W.B., Davis O.K., Boue S., Delucca A. and Deeby T. (2009). Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food chemistry, 115*, 1299-1305.

Li, C., Lin, E. (2010). Antiradical capacity and reducing power of of different extraction method of Areca catechu seed. *Africa Journal of Biotechnology, 46*, 7831-7836.

Liu, J.-R., Ye, Y.-L., Lin, T.-Y., Wang, Y.-W., and Peng, C.-C. (2013). Effect of floral sources on the antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory activities of honeys in Taiwan. *Food Chemistry 139*, 938–943.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Makhloufi, C., Kerkvliet, J., and Schweitzer, P. (2015). Characterisation of some monofloral Algerian honeys by pollen analysis. *Grana* 54, 156–166.

Mandal, M.D., and Mandal, S. (2011). Honey: its medicinal property and antibacterial activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 1, 154–160.

Meda A. (2005). Utilisations thérapeutiques des produits de la ruche, étude phytochimique et activités biologiques des miels du Burkina Faso. *Thèse de doctorat*, Université de Ouagadougou, 139 p.

Meda, A., Lamien, C.E., Romito, M., Millogo, J., and Nacoulma, O.G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry* 91, 571–577.

Merah, M., Bensaci Bachagha, M., and Boudershem, A. (2010). Étude de l'effet antimicrobien de trois échantillons du miel naturel récoltés du territoire algérien. *Ann. Sci. Technol* 2, 115–125.

Moniruzzaman, M., Sulaiman, S.A., Khalil, M.I., and Gan, S.H. (2013). Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: a comparison with manuka honey. *Chemistry Central Journal* 7, 138.

Moniruzzaman, M., Yung An, C., Rao, P.V., Hawlader, M.N.I., Azlan, S.A.B.M., Sulaiman, S.A., and Gan, S.H. (2014). Identification of Phenolic Acids and Flavonoids in Monofloral Honey from Bangladesh by High Performance Liquid Chromatography: Determination of Antioxidant Capacity. *BioMed Research International* 2014, 1–11.

Mouhoubi-Tafinine, Z., Ouchemoukh, S., and Tamendjari, A. (2016). Antioxydant activity of some algerian honey and propolis. *Industrial Crops and Products*, in press.

Nair, S. (2014). Identification des plantes mellifères et analyse physicochimiques des miels algériens, *Thèse de Doctorat*, Biochimie, Université d'Oran, 202 p.

Nasuti, C., Gabbianelli, R., Falcioni, G., and Cantalamessa, F. (2006). Antioxidative and gastroprotective activities of anti-inflammatory formulations derived from chestnut honey in rats. *Nutrition Research* 26, 130–137.

Naithani V., Nair S. & Kakkar P. (2006). Decline in antioxydant capacity if Indian herbal teas during storage and its relation phenolic content. *Food Research Internationa* 139, 176-181.

Ouchemoukh, S. (2012). Caractérisation physicochimique, profils polliniques, et phénoliques et activités antioxydantes de miels Algériens, *Thèse Doctorat*, Biochimie, Université Abderrahmane Mira, Bejaia, 162 p.

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

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Oudjet, K. (2012).** le miel, Une Denrée à Promouvoir. *Infos- CACOE*, N°: 00: 1-3.
- Petit, N. (2012).** Le miel au secours de la médecine conventionnelle. *Santé*, 13-17.
- Ponce, A.G., Fritz, R., del Valle, C., and Roura, S.I. (2003).** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LWT - Food Science and Technology* 36, 679–684.
- Rao, P.V., Krishnan, K.T., Salleh, N., and Gan, S.H. (2016).** Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and stingless bees: a comparative review. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 26, 657–664.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. & Rice-Evans C. (1999).** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *FreeRadical Biology & Medicine* 26, 1231–1237.
- Ribeiro, R. de O.R., Mársico, E.T., Carneiro, C. da S., Monteiro, M.L.G., Conte Júnior, C.A., Mano, S., and de Jesus, E.F.O. (2014).** Classification of Brazilian honeys by physical and chemical analytical methods and low field nuclear magnetic resonance (LF 1H NMR). *LWT - Food Science and Technology* 55, 90–95.
- Rodriguez-Flores, M.S. Escuredo, O. et Carmen Seijo, M. (2015).** Assessment of physicochemical and antioxidant characteristics of *Quercus pyrenaica* honeydew honeys. *Food Chemistry*, 166: 101–106.
- Rossant A. (2011).** Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. *Thèse de Doctorat*, Pharmacie. Université de Limoges, 136 p.
- Sanz, M.L., Gonzalez, M., de Lorenzo, C., Sanz, J., and Martínez-Castro, I. (2005).** A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey. *Food Chemistry* 91, 313–317.
- Serem, J.C., and Bester, M.J. (2012).** Physicochemical properties, antioxidant activity and cellular protective effects of honeys from southern Africa. *Food Chemistry* 133, 1544–1550.
- Silva, T.M.S., dos Santos, F.P., Evangelista-Rodrigues, A., da Silva, E.M.S., da Silva, G.S., de Novais, J.S., dos Santos, F. de A.R., and Camara, C.A. (2013).** Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of jandaíra (*Melipona subnitida*) honey. *Journal of Food Composition and Analysis* 29, 10–18.
- Sousa, J.M., de Souza, E.L., Marques, G., Meireles, B., de Magalhães Cordeiro, Â.T., Gullón, B., Pintado, M.M., and Magnani, M. (2016).** Polyphenolic profile and antioxidant and antibacterial activities of monofloral honeys produced by Meliponini in the Brazilian semiarid region. *Food Research International* 84, 61–68.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Sultanbawa, Y., Cozzolino, D., Fuller, S., Cusack, A., Currie, M., and Smyth, H. (2015). Infrared spectroscopy as a rapid tool to detect methylglyoxal and antibacterial activity in Australian honeys. *Food Chemistry* *172*, 207–212.

Terrab, A., Díez, M.J., and Heredia, F.J. (2002). Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry* *79*, 373–379.

Tomblin, V., Ferguson, Murray, Schlothauer, R., and Han, D.Y. (2014). Potential pathway of anti-inflammatory effect by New Zealand honeys. *International Journal of General Medicine* *149*.

Tornuk, F., Karaman, S., Ozturk, I., Toker, O.S., Tastemur, B., Sagdic, O., Dogan, M., and Kayacier, A. (2013). Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products* *46*, 124–131.

Voidarou, C., Alexopoulos, A., Plessas, S., Karapanou, A., Mantzourani, I., Stavropoulou, E., Fotou, K., Tzora, A., Skoufos, I., and Bezirtzoglou, E. (2011). Antibacterial activity of different honeys against pathogenic bacteria. *Anaerobe* *17*, 375–379.

Walle, U.K., and Walle, T. (2002). Induction of human UDP-glucuronosyltransferase UGT1A1 by flavonoids—structural requirements. *Drug Metabolism and Disposition* *30*, 564–569.

Werner, A., and Laccourreye, O. (2011). Honey in otorhinolaryngology: When, why and how? *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases* *128*, 133–137.

Wilczyńska, A. (2014). Effect of filtration on colour, antioxidant activity and total phenolics of honey. *LWT - Food Science and Technology* *57*, 767–774.

Yao, L.K., Razak, S.L.A., Ismail, N., Fai, N.C., Asgar, M.H.A.M., Sharif, N.M., Aan, G.J., and Jubri, Z. (2011). Malaysian gelam honey reduces oxidative damage and modulates antioxidant enzyme activities in young and middle aged rats. *Journal of Medicinal Plants Research* *5*, 5618–5625.

Yücel, Y., and Sultanog̃lu, P. (2013). Characterization of honeys from Hatay Region by their physicochemical properties combined with chemometrics. *Food Bioscience* *1*, 16–25.

Les principaux flavonoïdes du miel

Classes		Structures générales	Exemples de composés	Substituants
Flavonoïdes	Flavanones		Hespéritine	5=7=3'=OH ; 4'= OCH ₃
			Isosakuranétine	5=7= OH ; 4'= OCH ₃
	Flavones		Lutéoline	5=7=3'=4'= OH
			Apigénine	5=7=4'= OH ; 3'=H
			Chrysin	5=7=OH ; 4'= 3'=H
	Flavonols		Quercétine	5=7=3'=4'= OH; 5'=H
			Kaempférol	5=7=4'=OH; 5'=3'=H
			Isorhamnétine	5=7=4'=OH, 3'=OCH ₃
			Myricétine	5=7=3'=4'= 5'=OH
	Isoflavones		Daidzéine	7 =4'= OH
Génistéine			5=7=4'= OH	

Table de CHATAWAY

Indice de réfraction à 20 °C	Teneur en eau (%)	Indice de réfraction à 20 °C	Teneur en eau (%)
1.5044	13.0	1.4885	19.2
1.5038	13.2	1.4880	19.4
1.5033	13.4	1.4875	19.6
1.5028	13.6	1.4870	19.8
1.5023	13.8	1.4865	20.0
1.5018	14.0	1.4860	20.2
1.5012	14.2	1.4855	20.4
1.5007	14.4	1.4850	20.6
1.5002	14.6	1.4845	20.8
1.4997	14.8	1.4840	21.0
1.4992	15.0	1.4835	21.2
1.4987	15.2	1.4830	21.4
1.4982	15.4	1.4825	21.6
1.4976	15.6	1.4820	21.8
1.4971	15.8	1.4815	22.0
1.4966	16.0	1.4810	22.2
1.4961	16.2	1.4805	22.4
1.4956	16.4	1.4800	22.6
1.4951	16.6	1.4795	22.8
1.4946	16.8	1.4790	23.0
1.4940	17.0	1.4785	23.2
1.4935	17.2	1.4780	23.4
1.4930	17.4	1.4775	23.6
1.4925	17.6	1.4770	23.8
1.4920	17.8	1.4765	23.0
1.4915	18.0	1.4760	24.2
1.4910	18.2	1.4755	24.4
1.4905	18.4	1.4750	24.6
1.4990	18.6	1.4745	24.8
1.4895	18.8	1.4740	25.0
1.4890	19.0		

Solution utilisées

❖ Solution de Bradford

- 100 mg de bleu de coomassie G250; 50 ml de l'éthanol.
- 100 ml de H_3PO_4 .
- Une quantité suffisante de l'eau distillée pour 1000 ml.

❖ Solution de FRAP

- 300 mM de la solution acétate de sodium, pH= 3,6.
- 40 mM TPTZ et 20 mM de la solution de chlorure de fer ($FeCl_2 \cdot 6H_2O$) sont mélangés avec un rapport de 10/1/1 (v/v/v).

❖ Solution d'ABTS

- 0,0018 g de la solution de l'ABTS (500 mM).
- Une quantité d'eau distillée.
- Une solution phosphate de potassium et une quantité d'éthanol.

Les courbes d'étalonnages

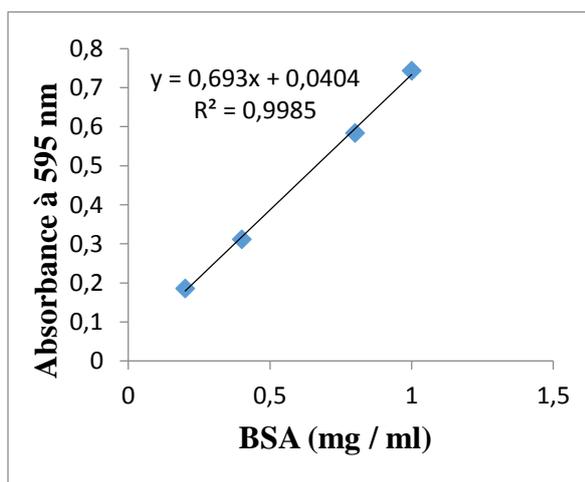


Figure 1: Courbe d'étalonnage des protéines.

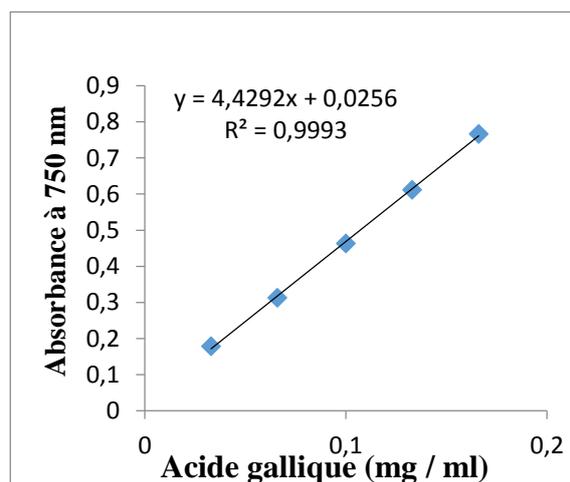


Figure 2: Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux.

❖ **Préparation du milieu de bouillon nutritif**

1 g bouillon nutritif → 125 ml d'eau distillée

❖ **Préparation de l'eau physiologies**

9 g de l'eau physiologique (NaCl) → 1 L d'eau distillée

❖ **Coloration de GRAM**

- Une goutte de l'eau distillée stérile est déposée sur une lame;
- Prélèvement d'une colonie bactérienne à l'aide d'une anse de platine et étalement sur la surface la lame;
- Un séchage au-dessus d'un bac bensen;
- Recouvrement de la lame avec le violet de gentiane pendant 2 minutes;
- Ajout de lugol pendant 45 secondes (deux fois);
- Décoloration avec l'éthanol 96 °C pendant 30 secondes;
- Addition de la fuschine (2 min);
- Rinçage avec l'eau de robinet et un séchage;
- Une goutte de l'huile à immersion est déposée sur le frottis puis l'observation est faite avec un microscope photonique avec l'objectif (x40).

Tableau: L'échelle de l'estimation de l'activité antimicrobienne.

Activité antimicrobienne	Degré de sensibilité	Le diamètre de la zone d'inhibition
Extrêmement sensible	+++	Plus de 20 mm
Très sensibles	++	15 mm à 19 mm
Sensibles	+	8 mm à 14 mm
Non sensibles	-	Moins de 8 mm

Photographies des différentes familles de pollens



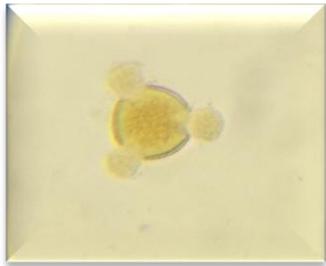
Ericaceae



Myrtaceae



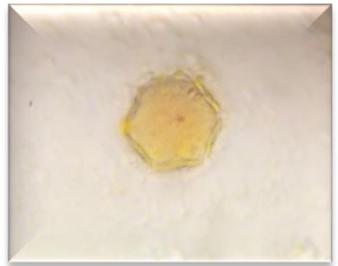
Asteraceae



Fabaceae

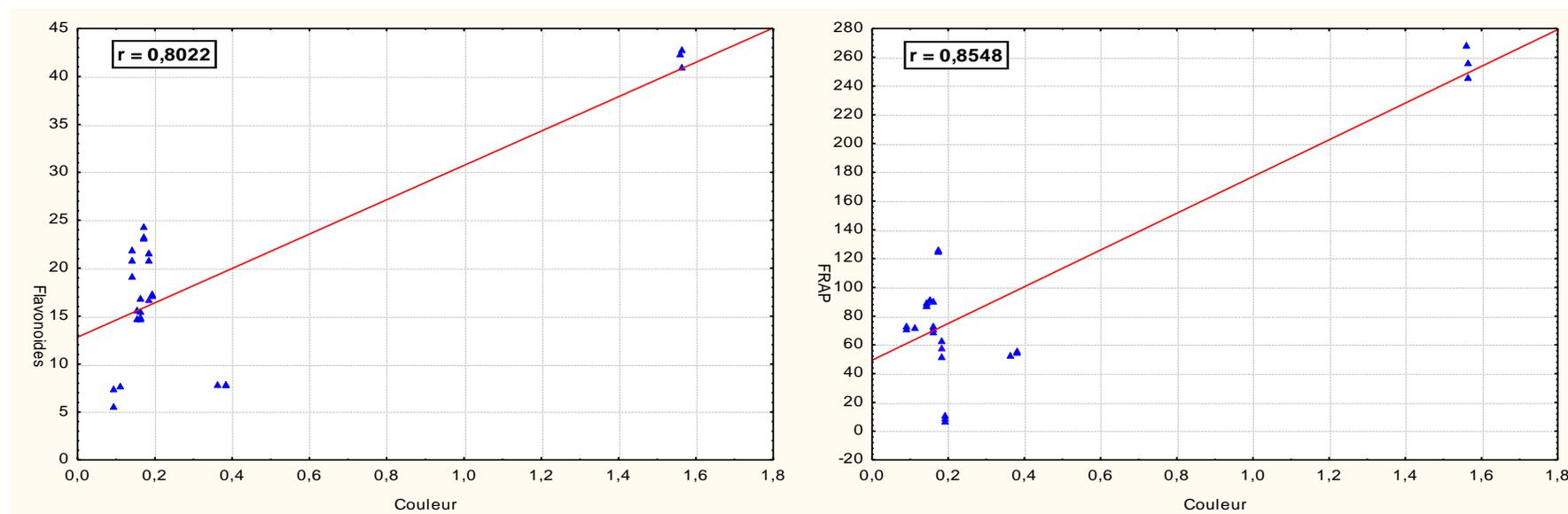


Teliaceae



Lamiaceae

Des corrélations entre la couleur, les antioxydants et les activités antioxydantes

**Figure 01:** Corrélations entre la couleur, les flavonoïdes et le FRAP.

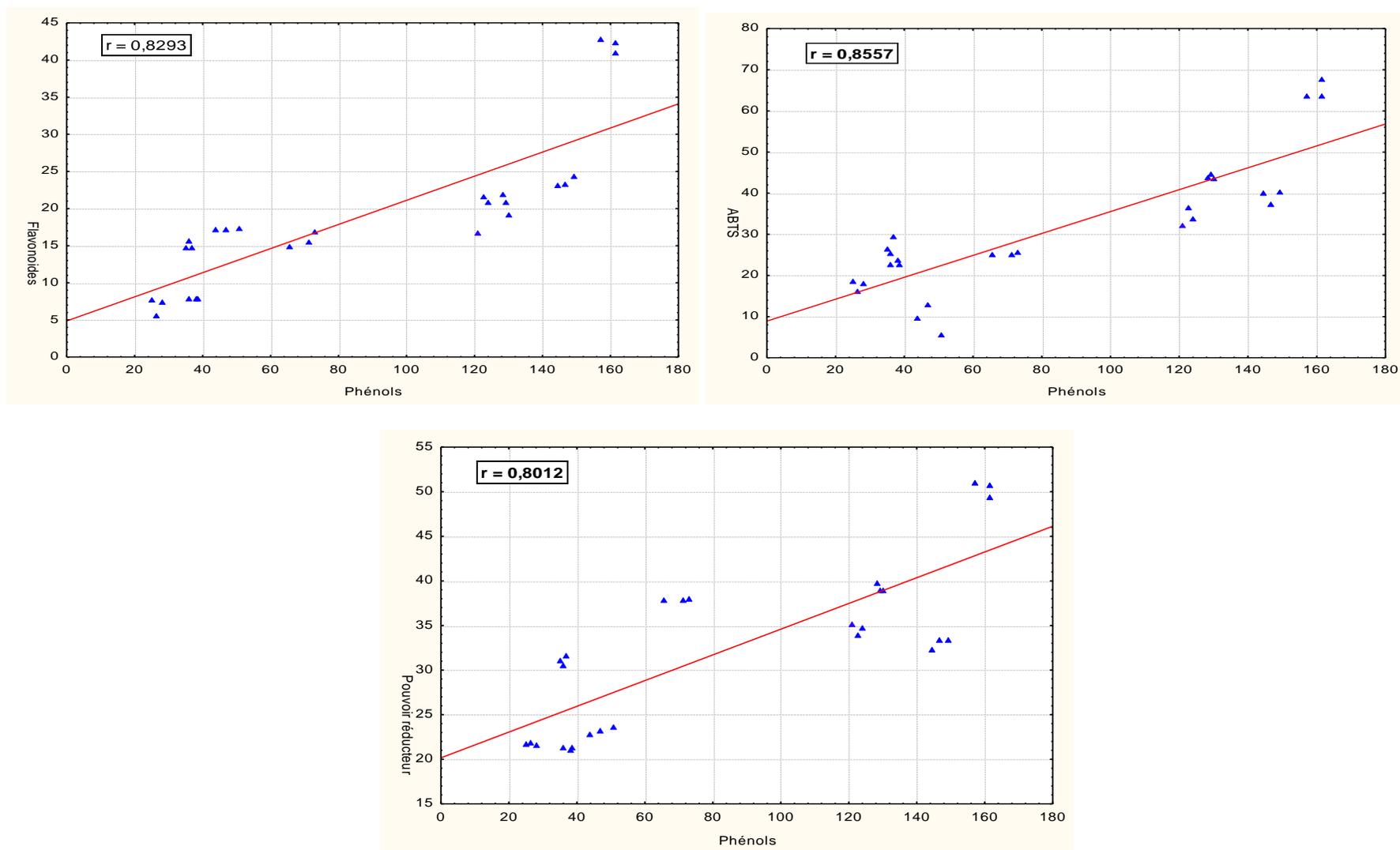


Figure 02: Corrélations entre les phénols, les flavonoïdes, l'ABTS et le pouvoir réducteur.

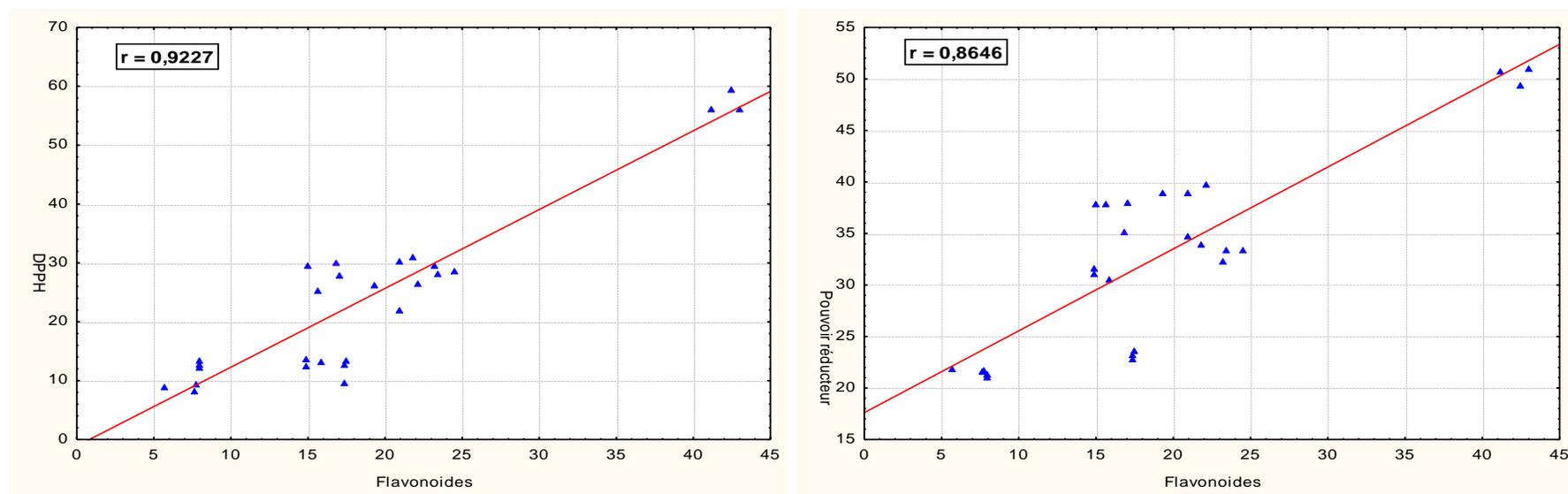


Figure 03: Corrélations entre les flavonoïdes, le DPPH et le pouvoir réducteur.

Corrélations significatives marquées à $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$ des miels analysés.

Corrélations (finales) Corrélations significatives marquées à $p < ,05000$ N=27 (Observations à VM ignorées)															
Variable	Humidité	Ph	Brix	Conductivité électrique	Couleur	Protéine	Proline	Pouvoir rotatoire	HMF	Phénols	Flavonoïdes	ABTS	DPPH	FRAP	Pouvoir réducteur
Humidité	1,00	0,27	-0,88	0,79	0,88	-0,00	0,32	0,01	0,41	0,41	0,67	0,72	0,72	0,76	0,60
Ph	0,27	1,00	-0,25	0,21	0,50	0,27	-0,17	-0,19	-0,06	0,48	0,51	0,43	0,45	0,49	0,22
Brix	-0,88	-0,25	1,00	-0,79	-0,80	-0,13	-0,32	-0,09	-0,38	-0,41	-0,61	-0,70	-0,70	-0,78	-0,60
Conductivité électrique	0,79	0,21	-0,79	1,00	0,77	0,00	0,53	0,07	0,34	0,52	0,76	0,69	0,86	0,71	0,82
Couleur	0,88	0,50	-0,80	0,77	1,00	0,18	0,25	-0,11	0,34	0,49	0,80	0,73	0,80	0,85	0,65
Protéine	-0,00	0,27	-0,13	0,00	0,18	1,00	-0,31	-0,20	-0,14	0,33	0,32	0,25	0,26	0,45	0,17
Proline	0,32	-0,17	-0,32	0,53	0,25	-0,31	1,00	0,36	0,56	0,26	0,34	0,50	0,42	0,40	0,69
Pouvoir rotatoire	0,01	-0,19	-0,09	0,07	-0,11	-0,20	0,36	1,00	0,82	-0,34	-0,10	-0,09	-0,24	0,02	-0,03
HMF	0,41	-0,06	-0,38	0,34	0,34	-0,14	0,56	0,82	1,00	-0,02	0,32	0,34	0,15	0,41	0,35
Phénols	0,41	0,48	-0,41	0,52	0,49	0,33	0,26	-0,34	-0,02	1,00	0,83	0,86	0,85	0,66	0,80
Flavonoïdes	0,67	0,51	-0,61	0,76	0,80	0,32	0,34	-0,10	0,32	0,83	1,00	0,85	0,92	0,83	0,86
ABTS	0,72	0,43	-0,70	0,69	0,73	0,25	0,50	-0,09	0,34	0,86	0,85	1,00	0,89	0,89	0,88
DPPH	0,72	0,45	-0,70	0,86	0,80	0,26	0,42	-0,24	0,15	0,85	0,92	0,89	1,00	0,85	0,91
FRAP	0,76	0,49	-0,78	0,71	0,85	0,45	0,40	0,02	0,41	0,66	0,83	0,89	0,85	1,00	0,78
Pouvoir réducteur	0,60	0,22	-0,60	0,82	0,65	0,17	0,69	-0,03	0,35	0,80	0,86	0,88	0,91	0,78	1,00

Corrélations (finales) Corrélations significatives marquées à $p < ,01000$ N=27 (Observations à VM ignorées)															
Variable	Humidité	Ph	Brix	Conductivité électrique	Couleur	Protéine	Proline	Pouvoir rotatoire	HMF	Phénols	Flavonoïdes	ABTS	DPPH	FRAP	Pouvoir réducteur
Humidité	1,00	0,27	-0,88	0,79	0,88	-0,00	0,32	0,01	0,41	0,41	0,67	0,72	0,72	0,76	0,60
Ph	0,27	1,00	-0,25	0,21	0,50	0,27	-0,17	-0,19	-0,06	0,48	0,51	0,43	0,45	0,49	0,22
Brix	-0,88	-0,25	1,00	-0,79	-0,80	-0,13	-0,32	-0,09	-0,38	-0,41	-0,61	-0,70	-0,70	-0,78	-0,60
Conductivité électrique	0,79	0,21	-0,79	1,00	0,77	0,00	0,53	0,07	0,34	0,52	0,76	0,69	0,86	0,71	0,82
Couleur	0,88	0,50	-0,80	0,77	1,00	0,18	0,25	-0,11	0,34	0,49	0,80	0,73	0,80	0,85	0,65
Protéine	-0,00	0,27	-0,13	0,00	0,18	1,00	-0,31	-0,20	-0,14	0,33	0,32	0,25	0,26	0,45	0,17
Proline	0,32	-0,17	-0,32	0,53	0,25	-0,31	1,00	0,36	0,56	0,26	0,34	0,50	0,42	0,40	0,69
Pouvoir rotatoire	0,01	-0,19	-0,09	0,07	-0,11	-0,20	0,36	1,00	0,82	-0,34	-0,10	-0,09	-0,24	0,02	-0,03
HMF	0,41	-0,06	-0,38	0,34	0,34	-0,14	0,56	0,82	1,00	-0,02	0,32	0,34	0,15	0,41	0,35
Phénols	0,41	0,48	-0,41	0,52	0,49	0,33	0,26	-0,34	-0,02	1,00	0,83	0,86	0,85	0,66	0,80
Flavonoïdes	0,67	0,51	-0,61	0,76	0,80	0,32	0,34	-0,10	0,32	0,83	1,00	0,85	0,92	0,83	0,86
ABTS	0,72	0,43	-0,70	0,69	0,73	0,25	0,50	-0,09	0,34	0,86	0,85	1,00	0,89	0,89	0,88
DPPH	0,72	0,45	-0,70	0,86	0,80	0,26	0,42	-0,24	0,15	0,85	0,92	0,89	1,00	0,85	0,91
FRAP	0,76	0,49	-0,78	0,71	0,85	0,45	0,40	0,02	0,41	0,66	0,83	0,89	0,85	1,00	0,78
Pouvoir réducteur	0,60	0,22	-0,60	0,82	0,65	0,17	0,69	-0,03	0,35	0,80	0,86	0,88	0,91	0,78	1,00

Corrélations (finales) Corrélations significatives marquées à $p < ,00100$ N=27 (Observations à VM ignorées)															
Variable	Humidité	Ph	Brix	Conductivité électrique	Couleur	Protéine	Proline	Pouvoir rotatoire	HMF	Phénols	Flavonoïdes	ABTS	DPPH	FRAP	Pouvoir réducteur
Humidité	1,00	0,27	-0,88	0,79	0,88	-0,00	0,32	0,01	0,41	0,41	0,67	0,72	0,72	0,76	0,60
Ph	0,27	1,00	-0,25	0,21	0,50	0,27	-0,17	-0,19	-0,06	0,48	0,51	0,43	0,45	0,49	0,22
Brix	-0,88	-0,25	1,00	-0,79	-0,80	-0,13	-0,32	-0,09	-0,38	-0,41	-0,61	-0,70	-0,70	-0,78	-0,60
Conductivité électrique	0,79	0,21	-0,79	1,00	0,77	0,00	0,53	0,07	0,34	0,52	0,76	0,69	0,86	0,71	0,82
Couleur	0,88	0,50	-0,80	0,77	1,00	0,18	0,25	-0,11	0,34	0,49	0,80	0,73	0,80	0,85	0,65
Protéine	-0,00	0,27	-0,13	0,00	0,18	1,00	-0,31	-0,20	-0,14	0,33	0,32	0,25	0,26	0,45	0,17
Proline	0,32	-0,17	-0,32	0,53	0,25	-0,31	1,00	0,36	0,56	0,26	0,34	0,50	0,42	0,40	0,69
Pouvoir rotatoire	0,01	-0,19	-0,09	0,07	-0,11	-0,20	0,36	1,00	0,82	-0,34	-0,10	-0,09	-0,24	0,02	-0,03
HMF	0,41	-0,06	-0,38	0,34	0,34	-0,14	0,56	0,82	1,00	-0,02	0,32	0,34	0,15	0,41	0,35
Phénols	0,41	0,48	-0,41	0,52	0,49	0,33	0,26	-0,34	-0,02	1,00	0,83	0,86	0,85	0,66	0,80
Flavonoïdes	0,67	0,51	-0,61	0,76	0,80	0,32	0,34	-0,10	0,32	0,83	1,00	0,85	0,92	0,83	0,86
ABTS	0,72	0,43	-0,70	0,69	0,73	0,25	0,50	-0,09	0,34	0,86	0,85	1,00	0,89	0,89	0,88
DPPH	0,72	0,45	-0,70	0,86	0,80	0,26	0,42	-0,24	0,15	0,85	0,92	0,89	1,00	0,85	0,91
FRAP	0,76	0,49	-0,78	0,71	0,85	0,45	0,40	0,02	0,41	0,66	0,83	0,89	0,85	1,00	0,78
Pouvoir réducteur	0,60	0,22	-0,60	0,82	0,65	0,17	0,69	-0,03	0,35	0,80	0,86	0,88	0,91	0,78	1,00

Corrélations significatives marquées à $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$ des miels étudiés

Corrélations (finals) Corrélations significatives marquées à $p < ,05000$ N=27 (Observations à VM ignorées)										
Variable	Ph	Phénols	Flavonoides	ABTS	DPPH	FRAP	Pouvoir réducteur	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>K. pneumoniae</i>
Ph	1,00	0,48	0,51	0,43	0,45	0,49	0,22	-0,19	-0,08	0,44
Phénols	0,48	1,00	0,83	0,86	0,85	0,66	0,80	0,02	-0,13	0,30
Flavonoides	0,51	0,83	1,00	0,85	0,92	0,83	0,86	0,01	-0,17	0,65
ABTS	0,43	0,86	0,85	1,00	0,89	0,89	0,88	-0,17	-0,13	0,29
DPPH	0,45	0,85	0,92	0,89	1,00	0,85	0,91	-0,21	-0,11	0,47
FRAP	0,49	0,66	0,83	0,89	0,85	1,00	0,78	-0,35	-0,08	0,40
Pouvoir réducteur	0,22	0,80	0,86	0,88	0,91	0,78	1,00	-0,08	-0,09	0,31
<i>E. coli</i>	-0,19	0,02	0,01	-0,17	-0,21	-0,35	-0,08	1,00	-0,17	0,34
<i>S. aureus</i>	-0,08	-0,13	-0,17	-0,13	-0,11	-0,08	-0,09	-0,17	1,00	-0,24
<i>K. pneumoniae</i>	0,44	0,30	0,65	0,29	0,47	0,40	0,31	0,34	-0,24	1,00

Corrélations (finals) Corrélations significatives marquées à $p < ,01000$ N=27 (Observations à VM ignorées)										
Variable	Ph	Phénols	Flavonoides	ABTS	DPPH	FRAP	Pouvoir réducteur	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>K. pneumoniae</i>
Ph	1,00	0,48	0,51	0,43	0,45	0,49	0,22	-0,19	-0,08	0,44
Phénols	0,48	1,00	0,83	0,86	0,85	0,66	0,80	0,02	-0,13	0,30
Flavonoides	0,51	0,83	1,00	0,85	0,92	0,83	0,86	0,01	-0,17	0,65
ABTS	0,43	0,86	0,85	1,00	0,89	0,89	0,88	-0,17	-0,13	0,29
DPPH	0,45	0,85	0,92	0,89	1,00	0,85	0,91	-0,21	-0,11	0,47
FRAP	0,49	0,66	0,83	0,89	0,85	1,00	0,78	-0,35	-0,08	0,40
Pouvoir réducteur	0,22	0,80	0,86	0,88	0,91	0,78	1,00	-0,08	-0,09	0,31
<i>E. coli</i>	-0,19	0,02	0,01	-0,17	-0,21	-0,35	-0,08	1,00	-0,17	0,34
<i>S. aureus</i>	-0,08	-0,13	-0,17	-0,13	-0,11	-0,08	-0,09	-0,17	1,00	-0,24
<i>K. pneumoniae</i>	0,44	0,30	0,65	0,29	0,47	0,40	0,31	0,34	-0,24	1,00

Corrélations (finals) Corrélations significatives marquées à $p < ,00100$ N=27 (Observations à VM ignorées)										
Variable	Ph	Phénols	Flavonoides	ABTS	DPPH	FRAP	Pouvoir réducteur	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>K. pneumoniae</i>
Ph	1,00	0,48	0,51	0,43	0,45	0,49	0,22	-0,19	-0,08	0,44
Phénols	0,48	1,00	0,83	0,86	0,85	0,66	0,80	0,02	-0,13	0,30
Flavonoides	0,51	0,83	1,00	0,85	0,92	0,83	0,86	0,01	-0,17	0,65
ABTS	0,43	0,86	0,85	1,00	0,89	0,89	0,88	-0,17	-0,13	0,29
DPPH	0,45	0,85	0,92	0,89	1,00	0,85	0,91	-0,21	-0,11	0,47
FRAP	0,49	0,66	0,83	0,89	0,85	1,00	0,78	-0,35	-0,08	0,40
Pouvoir réducteur	0,22	0,80	0,86	0,88	0,91	0,78	1,00	-0,08	-0,09	0,31
<i>E. coli</i>	-0,19	0,02	0,01	-0,17	-0,21	-0,35	-0,08	1,00	-0,17	0,34
<i>S. aureus</i>	-0,08	-0,13	-0,17	-0,13	-0,11	-0,08	-0,09	-0,17	1,00	-0,24
<i>K. pneumoniae</i>	0,44	0,30	0,65	0,29	0,47	0,40	0,31	0,34	-0,24	1,00

Résumé

Le présent travail est une contribution à l'étude pollinique, à l'évaluation de quelques valeurs nutritionnelles, à la détermination des taux en antioxydants, les activités antioxydantes et antibactériennes de 9 échantillons de miel d'Algérie. Les analyses polliniques montrent que la majorité des miels sont momofloraux. L'humidité et le brix oscillent de 13,9 à 21,92 % et 76,4 à 87,3 %, respectivement. Le pH moyen et la conductivité électrique est de 3,66 et 0,57 mS / cm, respectivement. En outre, la densité optique de la couleur varie de 0,1 à 1,56. La teneur moyenne en proline, en HMF et en protéines est de 539, 97 mg / Kg, 21,06 mg / Kg et 58,75 mg EBSA /100g, respectivement. Tous les miels analysés sont lévogyres. La teneur en composés phénolique totaux et en flavonoïdes sont respectivement de 26,2 à 159,64 mg EAG /100 g et 9,96 à 42,13 mg EC /100 g. Les miels analysés possèdent des activités antioxydantes variables. Le pourcentage de l'ABTS varie de 9,51 à 65,15 % et celui de DPPH est comprise entre 8,97 et 55,34 %. Le pouvoir réducteur varie de 21,33 à 50,47 mg EAG / 100 g. les tests de l'activité antibactérienne du miel a montré que *S.aureus* et *K. pneumoniae* sont les souches les plus sensibles avec un diamètre des zones d'inhibitions de 24 à 27,67 et 8 à 35 mm, respectivement. Par contre, *E. coli* montre une résistance avec un diamètre qui varie de 0 à 8, 67 mm. Des corrélations très hautement significatives sont observées entre la couleur, les antioxydants et les activités antioxydantes.

Mots clés: miel, analyses physico-chimiques, analyses polliniques, activités antioxydantes, activités antibactériennes.

Summary

The present work is a contribution to the pollen study, the evaluation of some nutritional, the determination of antioxidant levels, antioxidants activities and antibacterial of 9 samples of honey from Algeria. Pollen analysis shows that the majority of honeys are momofloral. Moisture and brix oscillate from 13,9 to 21,92 % and 76,4 to 87,3 %, respectively. The average pH and electrical conductivity were 3,66 and 0,57 mS / cm, respectively. In addition, the optical density of the color varies from 0,1 to 1,56. The mean content of proline, HMF and protein was 539,97 mg / kg, 21,06 mg / kg and 58,75 mg EBSA / 100 g, respectively. All the honey analyzed is levorotatory. The total phenolic and flavonoid content is 26,2 to 159,64 mg EAG / 100 g and 9,96 to 42,13 mg EC / 100 g respectively. The analyzed honeys possess variable antioxidant activities. The percentage of ABTS varies from 9.51 to 65.15 % and that of DPPH is between 8.97 and 55.34%. The reducing power varies from 21,33 to 50,47 mg EAG / 100 g. Tests of antibacterial activity of honey showed that *S. aureus* and *K. pneumoniae* are the most sensitive strains with a diameter of inhibition zones of 24 to 27,67 and 8 to 35 mm, respectively. On the other hand, *E. coli* shows a resistance with a diameter ranging from 0 to 8,67 mm. Highly significant correlations are observed between color, antioxidants and antioxidant activities.

Key words: honey, physico-chemical analysis, pollen analysis, antioxidants activities, antibacterial activities.

Summary.

ملخص

هذا العمل هو دراسة لحبوب الطلع وتقييم بعض القيم الغذائية، كذلك تحديد مستويات المواد المضادة للأوكسدة والأنشطة المضادة للأوكسدة والمضادة للبكتيريا لتسعة عينة من العسل الجزائري. تبعا لتحليل حبوب الطلع فإن غالبية العسل هو أحادي الأزهار. نسبة الرطوبة تتراوح بين 13,9 و 21,92. معدل درجة الحموضة والتوصيل الكهربائي هو 3,66 و 0,57 mS / cm على التوالي. متوسط محتوى البرولين، HMF والبروتين هو 539,97 ملغ / كغ، 21,06 ملغ / كغ و 58,75 ملغ EBSA / 100 غ على التوالي. يتراوح محتوى المركبات الفينولية و الفلافونيدات على التوالي ما بين 26,2 إلى 159,64 ملغ EAG / 100 غ و 9,96 إلى 42,13 ملغ CE / 100 غ. دراسة القدرة المضادة للأوكسدة عبر طرق مختلفة تكشف أن العسل يملك نشاط مضاد للأوكسدة الذي يختلف من نوع العسل لآخر. قد تم الحصول على وجود ارتباط كبير بين لون العسل ومضادات الأوكسدة والأنشطة المضادة للأوكسدة الذي تم تحليلهم. أظهر اختبار نشاط مضادات الميكروبات للعسل أن *S. aureus* و *K. pneumoniae* هي السلالات الأكثر حساسية التي يبلغ قطر مناطق تثبيطها من 24 إلى 27,67 و 8 إلى 35 مم على التوالي. أما *E. coli* التي تظهر مقاومة جد عالية ضد العسل مع قطر تثبيطها الذي يختلف من 0 إلى 8,67 مم. لوحظ ارتباط ملموس بين الألوان، ومضادات الأوكسدة والأنشطة المضادة للأوكسدة.

كلمات المفتاح: العسل، التحاليل الفيزيوكيميائية، تحليل حبوب الطلع، الأنشطة المضادة للأوكسدة، الأنشطة المضادة للبكتيريا.