

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun-Tiaret
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie (D04)

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté par :

- BENAMARA Asma.
- BENHADIRI Mamia.
- MAROUF Nesrine.

Thème

Etude des propriétés physicochimiques et effets bioactifs de quelques variétés de miels algériens

Soutenu publiquement le

Jury :

- | | |
|-----------------|------------------------------|
| - Présidente | M ^{me} BELARBI F. |
| - Promotrice | M ^{me} MAKHLOUFI C. |
| - Co-promotrice | M ^{me} ABDALLAH F. |
| - Examinatrices | M ^{me} MEDJBER N. |

Grade

- | |
|------------------------------|
| « Maitre-Assistant A » |
| « Maitre de conférences A » |
| « Ingénieur de laboratoire » |
| « Maitre de conférences B » |

Année universitaire : 2018-2019

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنْ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ

﴿٦٨﴾ ثُمَّ كُلِي مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ مِنْ

بُطُونِهَا شَرَابٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ

يَتَفَكَّرُونَ ﴿٦٩﴾

صَدَقَ اللهُ الْعَظِيمِ

الآيتان 68-69 من سورة النحل

« O Prophète, ton Seigneur a inspiré aux abeilles leur mode de vie et leurs moyens de subsistance. Il leur a inspiré de prendre les cavernes des montagnes, les cavités des arbres et les treilles pour demeures (68). –Puis Allah - qu'Il soit exalté- leur a inspiré de se nourrir de tous les fruits des arbres et des plantes ; Il leur a rendu disponibles, à cette fin, des moyens que leur Seigneur leur avait préparés et rendus faciles. De leurs estomacs sort un liquide de différentes couleurs, qui apporte une guérison pour les hommes. Il y a dans cette chose merveilleuse des preuves évidentes de l'existence d'un Créateur Tout-Puissant et Sage, pour un peuple qui réfléchit pour en tirer profit et gagner ainsi un bonheur permanent (69) »

(Sourate El Nahl : verset 68 – 69).

Remerciements

*Tous nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail en particulier, nous tenons à remercier en premier lieu **Allah** le Tout Puissant de nous avoir donné courage et santé pour achever ce travail.*

Nous tenons à remercier aussi tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à élaborer ce modeste travail.

*Au terme de cette étude, on tient à remercier très particulièrement notre promotrice **M^{me} MAKHLOUFI C.** et notre co-promotrice **M^{me} ABDELLAH F.** pour leurs soutiens, leurs conseils, leurs précieuses remarques constructives et leur suivi pour mener à terme ce travail.*

*Que nos vifs remerciements aillent à **M^{me} BELARBI F.** qui nous a fait l'honneur de présider ce travail, et **M^{me} MEDJBER N.** pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

*Un grand merci à **Mr. HOUCINE L.** chef de spécialité de microbiologie appliquée pour son aide précieux et au personnel des laboratoires de biochimie, microbiologie et d'amélioration et valorisation de productions animales locales.*

Nous tenons, donc, à remercier tous ceux qui, d'une façon ou d'une autre, nous ont aidés pendant notre étude de fin de cycle. Certains par leurs conseils et leurs connaissances scientifiques, d'autres par leurs présences dans les moments les plus pénibles.

Dédicace

Je remercie avant tout Allah de m'avoir aidé à réaliser ce présent travail.

Je tiens vivement, à dédier ce travail en signe de respect et de reconnaissance à :

A ma chère Maman, Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.

En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection que tu m'as toujours donné.

A mon Papa Aucune dédicace ne serait exprimer mes sentiments, toi qui m'as toujours encouragé à aller de l'avant et à croire à mes ambitions et ma réussite. Papa, Maman que dieu vous préserve et vous procure santé et longue vie.

A mon cher frère Habibou et sa femme Djamila, et mes neveux Abderrahmane et Sid Ahmed et ma nièce Alaa.

A mes chers frères Khalidou, Sid Ahmed que dieu ait pitié de toi , et Youcef.

A ma chère sœur Djamila et son mari Ahmed, et mes neveux Younes et Anes et manière Nour El yakine.

A ma chère sœur Mimi ma joie, mon bonheur, je vous aime.

A mon estimé professeur Bridja Rachid, et mon cher ami Ilyes qui m'a toujours soutenu.

A toute ma famille et surtout muma kheira.

A mes amies Hafida, Imane, Kheira, Hayat, Saliha, Fatima, Soumia, Imane.

A mes chers binômes et amies Nesrine et Mamia.

A toute la promotion de Microbiologie appliquée 2018 /2019.

Asma



Dédicace

Je remercie avant tout Allah de m'avoir aidé à réaliser ce présent travail.

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère *Khaldia*, *elle m'a donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.*

A mon cher Papa *Abdelkader*, *l'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect.*

A mon cher mari *pour ses sacrifices, son soutien moral et gentillesse.*

A mon cher Fils *Ishak Abdelkader*, *ma joie, mon bonheur, ma raison de vivre.*

A ma famille et ma belle-famille.

A mes chères Frères *A'mhamed, Younes Imad Eldine et Moaatayz*, *je vous adore.*

A ma cher sœur *Nour Elhouda*.

A mes chers amies *Mesouda, Ghania, Amina, Imene, kheira et Soumia*.

A tous qui est cher.

A mes chers binômes et amies *Nesrine et Asma*.

Mamia



Dédicace

Je remercie avant tout *Allah* de m'avoir aidé à réaliser ce modeste travail.

Je dédie ce présent travail :

A mes parents, mes amis et tout dans la vie *Kaid Mostapha* et *Kaid Ghalia* pour m'ont donné l'amour, la tendresse, l'éducation et sens de vivre. Que Dieu ait pitié d'eux.

A ma mère *Kaid Keltouma* pour m'a donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Que Dieu la garde et la protège.

A mon père qui grâce à lui j'ai trouvé mon chemin.

A mes chers frères et sœurs *Abdallah, Mokhtar, Myassa, Abdia* et *Sarah*, je vous aime.

A mes meilleures amies *Adjel, Dalila, Fatima, Soumia, Basma*.

A mes chers binômes et amies *Asma* et *Mamia*.

Nesrine 

Liste des abréviations

ATCC	: American Type Culture Collection
CE50	: Concentration effective à 50%
CMI	: Concentration Minimale Inhibitrice
D.O	: Densité Optique
EAG	: Equivalent acide gallique
EQ	: Equivalent Quercétine
FRAP	: Ferric reducing antioxydant power
K₃Fe(CN)₆	: Ferricyanure de potassium
Méq	: Milli équivalent
MGO	:Méthylglyoxal
mS	: Milli siemens
pHE	: pH du point équivalent
TCA	: Acide trichloracétique

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	Protocole expérimental.	10
02	Teneur en eau de chaque variété du miel.	21
03	Répartition de la conductivité électrique des miels testés.	22
04	Distribution des valeurs de pH des miels testés.	24
05	Acidité libre des miels analysés.	25
06	Acidité combinée des miels testés.	26
07	Acidité totale des miels testés.	27
08	Teneur en cendres de chaque variété du miel.	27
09	Teneur en HMF de chaque variété du miel.	28
10	Teneur des échantillons des miels en polyphénols (moyenne \pm Ecart type).	30
11	Teneur en flavonoïdes des miels testés (moyenne \pm Ecart type).	31
12	Concentrations effectrices responsables du pouvoir réducteur des miels, Vitamine C et l'acide gallique (moyenne \pm Ecart type).	32

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Principaux composants du miel en pourcentage	04
02	Présentation des échantillons de miel étudiés.	08
03	Matériel et produits chimiques utilisés.	09
04	Résultats des analyses physicochimiques des échantillons de miel.	20
05	Valeurs de CMI des miels testés.	35

Liste des annexes

- Annexe I** : Table de CHATAWAY (1935).
- Annexe II** : Résultats des analyses physicochimiques.
- Annexe III** : Les valeurs de CE50 des miels analysés et des standards (Acide gallique et Vitamine C).
- Annexe IV** : Les valeurs de CMI des miels étudiés vis-à-vis des souches testées.
- Annexe V** : Composition du milieu de culture.
- Annexe VI** : Courbes d'étalonnage.
- Annexe VII** : Pouvoir réducteur.

Liste des abréviations	i
Liste des figures	ii
Liste des tableaux	iii
Liste des annexes	iv

Sommaire

INTRODUCTION

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Miel.....	02
1.1. Origine de miel	02
1.2. Classification du miel.....	03
2. Composition	04
3. Propriétés thérapeutiques.....	05
3.1. Propriétés antimicrobiennes	05
3.1.1. Activité antibactérienne.....	05
3.1.2. Activité antifongique	05
3.2. Propriétés antioxydantes	05

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Matériel	08
1.1. Objectif du travail.....	08
1.2. Lieu et durée de travail	08
1.3. Matière première.....	08
1.3.1. Echantillons de miel	08
1.4. Matériel et produits chimiques	08
2. Méthodes	10
2.1. Protocole expérimental.....	10
2.2. Analyses physicochimiques	11
2.2.1. Détermination de la teneur en eau	11
2.2.2. Détermination de la conductivité électrique.....	11
2.2.3. Détermination du pH, de l'acidité libre, des lactones et de l'acidité totale	12
2.2.4. Cendres	13
2.2.5. Hydroxy-méthyl-furfural (HMF).....	14
2.3. Evaluation de l'effet antioxydant des miels	15

2.3.1. Dosage des polyphénols	15
2.3.2. Dosage des flavonoïdes	15
2.3.3. Test de réduction de fer FRAP (Fer Reduction Antioxydant Power)	16
2.4. Evaluation de l'effet antimicrobien des miels	17
2.4.1. Souches microbiennes	17
2.4.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice	17

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Analyses physicochimiques.....	20
1.1. Résultats	20
1.2. Discussion	21
1.2.1. Teneur en eau	21
1.2.2. Conductivité électrique	22
1.2.3. pH (Potentiel hydrogène)	23
1.2.4. Acidité libre.....	24
1.2.5. Acidité combinée.....	26
1.2.6. Acidité totale	26
1.2.7. Cendres.....	27
1.2.8. Hydroxy-méthyl-furfural (HMF)	28
2. Evaluation des activités biologiques des miels	30
2.1. Effet antioxydant des miels.....	30
2.1.1. Teneur en polyphénols	30
2.1.2. Teneur en flavonoïdes	31
2.1.3. Activité antioxydante évaluée par le pouvoir réducteur (test de FRAP).....	32
2.2. Effet antimicrobien des miels	35
2.2.1. Résultats	35
2.2.2. Discussion	35

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Résumé

Introduction

Introduction

Pour la protection de la santé humaine, une attention considérable est actuellement axée sur la consommation des aliments naturels, frais et de bonnes qualités.

Le miel est l'un de ces aliments naturels, produit par les abeilles (*Apis mellifera*) à partir du nectar des fleurs ou de sécrétions issues des parties vivantes des plantes (miellat) **(Djossou et al., 2013)**.

Le miel est une substance aromatique, hautement concentré en sucres dont les principaux sont le fructose et le glucose. Il renferme aussi une large gamme de composés mineurs tels que les minéraux, les protéines, les vitamines, les acides organiques, les composés phénoliques tels que les flavonoïdes et des éléments figurés (pollens et levures) **(Azeredo et al., 2003 ; Dasilva et al., 2016)**.

En outre, le miel présente des propriétés thérapeutiques sur tous les systèmes du corps humain **(Louveaux, 1985)**. Il a été rapporté que ses propriétés intrinsèques affectent la croissance et la survie des microorganismes par des actions bactéricides ou bactériostatiques **(Manzooret al., 2013)**. En effet, de plus en plus, la science a prouvé qu'il s'agit d'un produit naturel à grand intérêt thérapeutique par son action antiseptique et bactéricide, sans oublier son pouvoir cicatrisant et antioxydant **(Cherbuliez et Domerego, 2003)**.

Le miel est un sujet à de nombreuses spéculations sur son origine et ses propriétés physicochimiques et biologiques. Plusieurs études déterminent les caractéristiques physicochimiques et biologiques du miel africain tel que le miel marocain **(Elamine et al., 2018)**.

Malgré, l'Algérie est un pays vaste ayant une flore très diversifiée permettant une production qualitative et quantitative du miel, le consommateur algérien est confronté à la cherté de ce produit et n'arrive pas à faire la différence entre un produit authentique et un autre falsifié et cela à cause de l'absence de structures officielles qui contrôlent les qualités des produits locaux.

Ce présent travail porte sur l'étude des caractéristiques physicochimiques et l'évaluation biologique de trois variétés de miels algériens.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. Miel

"Le miel est la denrée produite par les abeilles mellifiques à partir du nectar des fleurs ou de certaines sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou se trouvant sur elles, qu'elles butinent, transforment, combinent avec des matières spécifiques propres, emmagasinent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. Cette denrée peut être fluide, épaisse ou cristallisée." (**Donadieu, 2003**).

1.1. Origine du miel

Selon **Ancheling (2005)**, le miel est élaboré par les abeilles à partir de sucres produits par des végétaux, soit sous forme de nectar, soit sous forme de miellat.

a. Nectar

Le nectar est recueilli des glandes nectarifères des fleurs. Il est composé de trois sucres principaux, le saccharose, le glucose et le fructose, d'acides organiques, de protéines dont des enzymes, d'acides aminés, de substances aromatiques et de composés inorganiques. (**Hoyet, 2005**).

D'après **Schweitzer (2005)**, selon leurs origines végétales, on les classe en :

- Des nectars à saccharose prédominant ;
- des nectars à taux égaux de saccharose, fructose et glucose ;
- des nectars avec prédominance du glucose et du fructose.

b. Miellat

Selon **Biri (1999)**, le miellat est un liquide sucré produit par plusieurs espèces d'insectes parasites de nombreuses plantes. Les miellats contiennent beaucoup d'éléments indigestes pour l'abeille (**Schweitzer, 2004**).

Les miellats sont caractérisés par la présence de triholosides et de sucres supérieurs. Leur charge minérale est également importante (**Schweitzer, 2004**).

c. Autres origines du miel

Il existe le miel de sucres élaboré par des abeilles nourries de sucres (**Schweitzer, 2004**).

1.2. Classification du miel

On distingue deux groupes :

a. Miel de nectar

✓ Miels monofloraux

Les miels monofloraux proviennent de façon prépondérante d'une plante déterminée et présentent une dominance d'une seule sorte de variété de pollen (**Louveaux, 1980 ; Gonnet, 1982**).

✓ Miels multifloraux

Ils proviennent de la récolte des abeilles sur plusieurs espèces végétales, sans prédominance (**Pham-Delegue, 1998**).

b. Miel de miellat

Les miels de miellat sont souvent de couleur sombre, cristallisent généralement peu et contiennent moins de glucose et de fructose (**Biri, 1999**), mais d'avantage de sucres supérieurs (Cn) que les miels de nectar. Il est également très riche en sels minéraux (**Bertrant et al., 1972** cité par **Philippe, 1994**).

2. Composition

La composition du miel est en fonction des espèces végétales, du climat, des conditions environnementales et de la contribution de l'apiculteur (**Tab.01**).

Tableau 01 : Principaux composants du miel en pourcentage (**Lobreau-Callen et al., 2000**).

Compositions	Pourcentage total	Types de composés	Principaux composants
Eau	15à20% (moyenne 17%)		
Glucides	75 à 80%	Monosaccharides	Glucose (33%), Fructose (39%)
		Disaccharides	Maltose (0,9%), Isomaltose, Saccharose (2,3%)
		Polysaccharides	Erlose, Raffinose, Mélézitose
Substances diverses	1 à 5 %	Acides organiques (0,1 à0,5%)	Acide gluconique, succinique, citrique, formique,...
		Protéines et acides (0,2 à 2 %)	Matières albuminoïdes, matières azotées. Proline, tyrosine, leucine, aspartate, glutamate
		Vitamines	B, C, A, D, K
		Enzymes provenant des glandes Hypophrygiennes	Amylases α et β , Invertase, glucose oxydase.
		Enzymes provenant du nectar	Catalase, phosphatases
		Minéraux	K, Ca, Na, Mg, Mn, Fe, Cu, Co, p...
Pigments		Caroténoïdes Flavonoïdes	catéchine, quercétine
Lipides	Traces	Acidesgras	Acides palmitique, butyrique, Caprique, caproïque, Valérique.

3. Propriétés thérapeutiques

D'après **Maglon et vanwijk (2003)** et **Bradbear (2005)**, le miel est antianémique, antiseptique, diurétique, énergétique, fébrifuge et sédatif de la toux. Il permet de soulager les maux de gorge, les angines, la toux et la bronchite, il facilite la cicatrisation des brûlures et des blessures.

Les glucides du miel se mélangeant à nos enzymes se transforment en eau oxygénée (**Guarch, 2008 ; Chanaud, 2010**).

3.1. Propriétés antimicrobiennes

L'activité antimicrobienne du miel est attribuée à des facteurs physiques (pression osmotiques et l'acidité) et chimiques (peroxyde d'hydrogène et inhibines non peroxyde) (**Molan et Russel, 1988 ; Weston, 2000**).

3.1.1. Activité antibactériennes

Le miel a été testé sur des souches bactériennes présentant des résistances aux antibiotiques. En effet, **Cooper et al., (2002)** ont réalisé une étude qui démontre l'efficacité in vitro du miel de Manuka et du miel pasteurisé sur une souche de *Staphylococcus aureus* résistante à la méthicilline ainsi que sur des souches d'entérocoques résistantes à la vancomycine.

3.1.2. Activité antifongique

Une publication scientifique (**Obaseiki- Ebore et Afonya, 1984**) rapporte que le miel a une efficacité comparable aux antifongiques classiques sur des candidoses vaginales provoquées par *Candida albicans*.

Il faut souligner que pour traiter des mycoses, les concentrations en miel sont plus élevées que pour obtenir un effet antibactérien.

3.2. Propriétés anti-oxydantes

Le miel possède un pouvoir antioxydant lié aux agents antioxydants tels que les flavonoïdes, acides phénoliques, caroténoïdes, acide ascorbique, acides organiques, acides aminés et protéines (**Anso, 2012**).

Partie

Expérimentale

Chapitre II

Matériel et méthodes

1. Matériel

1.1. Objectif du travail

Notre étude a pour objectif de déterminer les caractéristiques physicochimiques et évaluation des activités biologiques de quelques variétés des miels algériens.

1.2. Lieu et durée du travail

Les analyses effectuées sur les trois échantillons de miel ont été réalisées sur une période allant du 24 décembre au 22 mai au sein des laboratoires suivants :

- Laboratoire de microbiologie, technologie alimentaire et physiologie végétale de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Ibn khaldoun-Tiaret ;
- Laboratoire d'amélioration et valorisation de productions animales locales de l'université Ibn khaldoun-Tiaret.

1.3. Matière première

1.3.1. Echantillons de miel

Les miels étudiés ont été collectés de différentes régions durant l'année 2017 et 2018 (Tab. 02).

Tableau 02 : Présentation des échantillons de miel étudiés.

Echantillon	Date de récolte	Région de récolte	Origine florale présumée	Mode d'extraction
Miel 1	2017	Djelfa	Miel de jujubier	Electrique
Miel 2	2017	Mitidja	Miel d'agrumes	Electrique
Miel 3	2018	Aflou	Miel multifloral	Electrique

1.4. Matériel et produits chimiques

Le matériel et les produits chimiques utilisés dans cette étude sont cités dans le tableau suivant :

Tableau 03: Matériel et produits chimiques utilisés.

Appareillage	<ul style="list-style-type: none"> - Réfractomètre du type Abbe à thermomètre incorporé ; - Etuve (Mamert) ; - Conductimètre (Hanna EC 214) ; - Balance analytique (Ohaus) ; - Four à moufle (Heraeus) ; - Agitateur magnétique (Heito) ; - pH-mètre (Ohaus); - Bain marie thermostaté (Grant); - Spectrophotomètre (UV-1202 Schimadzu); - Vortex (Labline); - Autoclave (Sanoclav); - Micro-onde (LG).
Verrerie	Burettes graduées, boîtes de Pétri, tubes à essai, béchers, fioles jaugées, micropipettes, dessiccateur, pipettes Pasteur.
Autre matériel	Anse de platine, écouvillons, spatules.
Produits chimiques	<ul style="list-style-type: none"> - Solution d'hydroxyde de sodium 0,05N ; - Solution d'acide sulfurique 0,05N ; - Solution d'acide barbiturique ; - Réactif à la paratoluidine ; - Isopropanol ; - Acide acétique cristallisable ; - Folin-Ciocalteu ; - Acide trichloroacétique (TCA) ; - Acide gallique ; - Quercétine ; - Acide ascorbique ; - Chlorure d'aluminium (AlCl₃) ; - Carbonate de sodium (Na₂CO₃).
Milieu de culture	Gélose Mueller Hinton ; Sabouraud.

2. Méthodes

2.1. Protocole expérimental

La procédure expérimentale suivie au cours de cette étude est résumée dans la figure suivante :

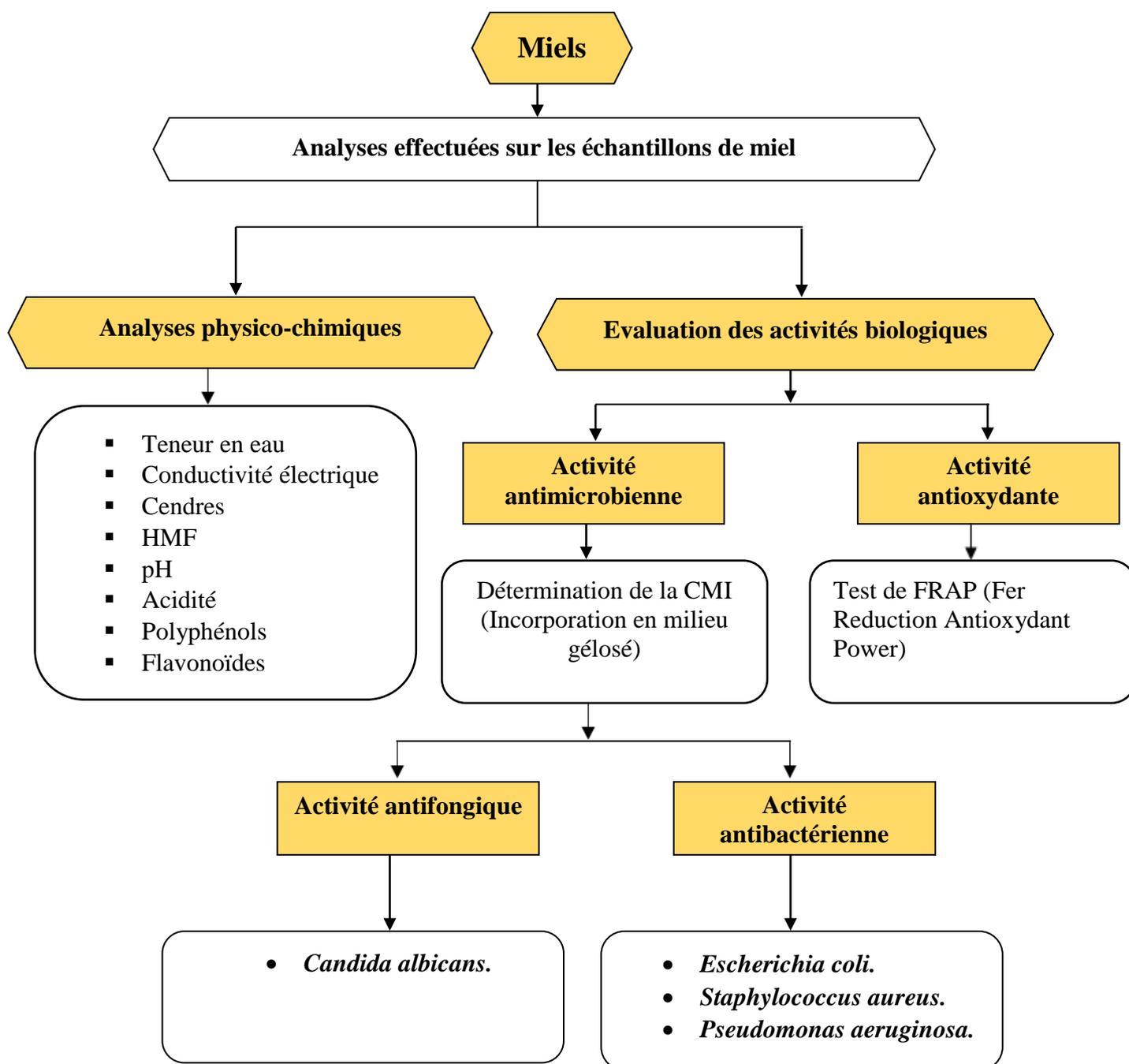


Figure 01 : Protocole expérimental.

2.2. Analyses physicochimiques

Les analyses physicochimiques ont été effectuées selon les méthodes harmonisées de la commission européenne du miel (**Bogdanov et al., 1997**).

2.2.1. Détermination de la teneur en eau

Ce paramètre est déterminé par la mesure de l'indice réfractométrique. Le miel doit être parfaitement liquéfié dans un flacon à fermeture hermétique en étuve à 50°C.

• Mode opératoire

Après étalonnage de l'appareil, à l'aide de la baguette de verre, déposer une goutte de miel sur le prisme du réfractomètre et répartir en couche mince. Fermer l'appareil, lire l'indice de réfraction, et noter la température du prisme.

Si la mesure a été effectuée à une température différente de 20°C, la lecture doit être corrigée pour ramener l'indice de réfraction à 20°C.

La correction est additive, si la mesure est faite au-dessus de 20°C, soustractive dans le cas contraire. Le facteur de correction est de 0,000 23 par degré Celsius.

En se rapportant au tableau de Chataway (**annexe. 01**), la teneur en eau correspondant à chaque indice de réfraction à 20°C, est déterminée.

2.2.2. Détermination de la conductivité électrique

Mesure à 20°C de la conductivité électrique, d'une solution de miel à 20% de matière sèche du produit.

• Mode opératoire

Peser une masse de miel telle que :

$$M = \frac{5.100}{MS}$$

MS (%) : Matière sèche du miel déterminé à partir de la mesure du taux d'humidité.

Dissoudre les M g de miel dans quelques ml d'eau distillée, compléter à 25 ml dans une fiole jaugée.

Verser la solution dans un bécher de 50 ml. Après étalonnage de l'appareil, plonger l'électrode dans la solution, la lecture est faite à 20°C et la valeur de la conductivité électrique est affichée directement sur le potentiomètre. Les résultats sont exprimés en mS/cm.

2.2.3. Détermination du pH, de l'acidité libre, des lactones et de l'acidité totale

Réalisée par la méthode de titrage au point d'équivalence.

L'acidité libre est obtenue par la courbe de neutralisation du miel par une solution d'hydroxyde de sodium et détermination du pH du point équivalent (pHE).

L'acidité due aux lactones est obtenue par l'ajout d'un excès d'hydroxyde de sodium à la solution de miel en déterminant cet excès par un titrage en retour par l'acide sulfurique.

• Mode opératoire

Peser 5 g de miel et dissoudre dans un peu d'eau. La solution est complétée à un volume de 50 ml dans une fiole jaugée.

Prélever 25 ml dans un bécher. Le pH mètre doit être étalonné à l'aide de solutions tampons de commerce, tampons 4 et 7.

Le liquide est agité modérément à l'aide d'un agitateur puis dosé avec de l'hydroxyde de sodium.

Les valeurs des pH sont notées successivement après chaque ajout de NaOH qui est de l'ordre de 0,2 ml au début du dosage puis de 0,1 ml dès que les variations deviendront plus importantes.

Lorsque les variations du pH redeviennent minimales (pH compris entre 8,5 et 9), ajouter un excès d'hydroxyde de sodium, et sans tarder, procéder au titrage retour avec la solution d'acide sulfurique.

- Expression des résultats

Tracer les courbes de neutralisation en portant le pH en ordonnées et les volumes d'hydroxyde de sodium et d'acide sulfurique en abscisses. Il détermine graphiquement le point équivalent E de la courbe de neutralisation du miel.

$$\text{Acidité libre (meq/kg)} = \frac{1000 \cdot V \cdot N}{M}$$

$$\text{Acidité combinée (meq/kg)} = \frac{1000 \cdot [(10 - V)N - 0.05V']}{M}$$

$$\text{Acidité totale (meq/kg)} = \text{Acidité libre} + \text{Acidité combinée}$$

V : Volume en millilitre d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre le pH du point équivalent E lors de la neutralisation du miel ;

V' : Volume en millilitre d'acide sulfurique pour atteindre le pH du point équivalent lors du dosage en retour ;

N : Normalité d'hydroxyde de sodium ;

M : Prise d'essai en gramme.

2.2.4. Cendres

La teneur en cendres est déterminée par incinération du produit dans un four à moufle, jusqu'à obtention d'une cendre blanche.

• Mode opératoire

Peser 5 g de miel de masse M_0 dans une capsule. Carboniser lentement en évitant les projections, puis porter au four à 600°C.

L'incinération est complète quand la différence entre deux pesées consécutives faites à 30 mn d'intervalle n'excède pas 1mg. Après refroidissement dans un dessiccateur, procéder à la pesée de la capsule avec les cendres.

- Expression des résultats

$$M = \frac{M_1 - M_2}{M_0} 100$$

M : Masse des cendres pour 100 g de miel ;

M₁ : Poids de la capsule avec les cendres ;

M₂ : Poids de la capsule vide ;

M₀ : Prise d'essai.

2.2.5. Hydroxy-méthyl-furfural (HMF)

Déterminé par la méthode de Winkler, réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible.

Mesure à une longueur d'onde de 550 nm de la coloration rouge due à l'action de l'HMF sur l'acide barbiturique et la paratoluidine.

Réactif à la paratoluidine

Dissoudre 10 g de paratoluidine dans un peu d'isopropanol. Ajouter 10 ml d'acide acétique cristallisable.

Transvaser dans une fiole jaugée de 100 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'isopropanol et mélanger par retournements.

Conserver le réactif en flacon brun et au réfrigérateur. Il est renouvelé journalièrement.

Solution d'acide barbiturique

Dissoudre 0,5 g d'acide barbiturique dans un peu d'eau distillée. Transvaser dans une fiole jaugée de 100 ml et ajuster jusqu'au trait de jauge.

Préparation de la solution de miel

Dissoudre 2 g de miel dans un peu d'eau. Transvaser dans une fiole jaugée de 10 ml puis ajuster au trait de jauge.

Verser dans un premier petit tube 2 ml de la solution, 5 ml de réactif à la paratoluidine et 1 ml d'eau distillée (témoin), agiter.

Verser dans un deuxième petit tube 2 ml de la solution, 5 ml de réactif à la paratoluidine et 1 ml de la solution d'acide barbiturique (essai), agiter.

Les deux réactifs doivent être ajoutés immédiatement dans l'intervalle d'une à deux minutes.

Faire le zéro de l'appareil sur le témoin. Noter la valeur de l'absorbance maximal.

- Expression des résultats

$$\text{Teneur en HMF} = \frac{192 \cdot \text{extinction} (D^\circ)}{\text{Epaisseur de la cuve en (cm)}}$$

Le facteur 192 est obtenu expérimentalement à partir d'HMF pur.

La teneur en HMF est exprimée en mg par 1000g de miel.

2.3. Evaluation de l'effet antioxydant des miels

2.3.1. Dosage des polyphénols

Principe

Le dosage des polyphénols se fait par la méthode de **folin-ciocalteu** en milieu alcalin, les polyphénols réduisent le réactif de folin-ciocalteu en oxyde de tungstène et de molybdène de couleur bleue dont l'intensité de cette couleur est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon (**Khadhri et al., 2013**).

Mode opératoire

Selon la méthode de **folin-Ciocalteu, 1965**, des solutions de différentes concentrations de miel à analyser (300mg/ml-50mg/ml) ont été préparées. Un volume de 0,5 ml de chaque solution de miel a été mélangé avec 0,5 ml de réactif folin-Ciocalteu dilué (1/10), après 10 min, 1,5 ml de la solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3 à 10 %) a été ajoutée. Après 30 min d'incubation à l'obscurité, l'absorbance est lue à 765 nm. Une courbe d'étalonnage est préparée en utilisant l'acide gallique comme standard, les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 grammes de miel (mg EAG / 100 g).

2.3.2. Dosage des flavonoïdes

Principe

Le taux des flavonoïdes des miels a été estimé par la méthode colorimétrique en utilisant une solution de chlorure d'aluminium (AlCl_3 2%). Le dosage est basé sur la formation d'un complexe coloré (jaune) entre les flavonoïdes et le chlorure d'aluminium qui absorbe à une longueur d'onde de 430 nm. L'intensité de la couleur jaune est proportionnelle à la concentration des flavonoïdes contenus dans les échantillons (**Benabdallah, 2017**).

Mode opératoire

Après la préparation des solutions de différentes concentrations de nos échantillons de miel (500mg/ml- 50mg/ml), on prend un volume de 1ml de chaque solution de miel et on le mélange avec 1ml de la solution de trichlorure d'aluminium (AlCl₃ 2 %) puis on incube les mélanges pendant 30 min à la température ambiante. L'absorbance est lue à 430 nm. Les concentrations en flavonoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage de la quercétine qui a été réalisée de la même façon que les échantillons. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de quercétine par 100 g de miel (mg EQ / 100 g).

2.3.3. Test de réduction de fer FRAP (Fer Reduction Antioxydant Power)

Principe

Le pouvoir réducteur de fer est une méthode utilisée pour déterminer et estimer la capacité antioxydante des substances. Son principe est basée sur la réduction des ions fer ferrique (Fe³⁺) en ion ferreux (Fe²⁺) par les antioxydants qui donnent une couleur bleue dont l'intensité de cette dernière est mesurée à 700nm (Ou *et al.*, 2001) et ce par le mécanisme réactionnel suivant :



Mode opératoire

Le pouvoir réducteur des miels est déterminé selon la méthode décrite par **Oyaizu (1986)**. Dans des tube à essai en verre contenant 2,5 ml des solutions des échantillons à différentes concentrations (500mg/ml-50mg/ml), on ajoute 2,5 ml de tampon phosphate (0,2M : pH 6,6) puis 2,5 ml de ferricyanure de potassium (K₃Fe (CN)₆) à 1%. L'ensemble est incubé à 50°C pendant 20 minutes. Un volume de 2,5 ml d'acide trichloracétique (10%) est ensuite ajouté pour stopper la réaction. Les tubes sont centrifugés à 3000 tours/mn pendant 10 min. Dans des aliquotes de 2,5 ml de surnageant est combiné avec 2,5 ml de l'eau distillée et 0,5 ml de FeCl₃ (chlorure ferrique) à 0,1%. La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700 nm contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'échantillon de miel par de l'eau distillée qui permet de calibrer l'appareil (UV-VIS spectrophotomètre). Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'acide ascorbique et l'acide gallique dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons. Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des miels testés (Singleton et Rossi, 1965).

- Expression des résultats

Les potentiels réducteurs des miels analysés et les standards (acide gallique et la vitamine C) sont exprimés par les valeurs de concentrations effectives à 50% (CE50) qui correspondent à la concentration de l'échantillon nécessaire pour donner une absorbance égale à 0,5 à 700 nm.

2.4. Evaluation de l'effet antimicrobien des miels

2.4.1. Souches microbiennes

Les souches utilisées dans l'évaluation de l'effet antimicrobien des miels sont les bactéries à Gram négatifs *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, une bactérie à Gram positif *Staphylococcus aureus* ATCC 33862 et une levure *Candida albicans* ATCC 10231. Elles proviennent du laboratoire de microbiologie de l'hôpital universitaire Mustapha Pacha Alger. Les souches sont conservées à 4°C dans des tubes à essai contenant le milieu solide Mueller Hinton jusqu'à l'utilisation.

2.4.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

Les concentrations minimales inhibitrices CMI des miels étudiées vis-à-vis les souches étudiées ont été déterminées par méthode d'incorporation en milieu gélosé. Dans des tubes à essai stériles et à l'aide d'une seringue on mélange différentes concentrations des miels (5% à 45%) avec les volumes du milieu de culture Mueller Hinton pour les bactéries le milieu pour la levure préalablement fondus et maintenus à 45°C afin d'obtenir un volume totale de 5 ml. Après une homogénéisation avec le vortex jusqu'à la diffusion totale des miels, ces mélanges ont été coulé dans des boîtes de Pétri 60 mm de diamètre, des témoins contenant les milieux de culture seuls sont également préparés. On ensemence par écouvillonnage les boîtes avec un inoculum standard de 0,5 MacFarland de chaque souche à tester et l'incubation se fait à 37°C pendant 24h pour les souches bactériennes et 30°C pendant 48h pour *Candida albicans* (Boukrâa, 2008).

La lecture

La lecture des résultats se fait visuellement par l'observation de la croissance ou de l'inhibition de la croissance des souches à tester par rapport à la croissance sur la boîte témoin sans miel.

La CMI est définie comme étant la plus faible concentration du produit (miel) pour laquelle aucune croissance n'est visible à l'œil nu. Les valeurs de CMI sont exprimées en pourcentage (vol/vol) (**Noel et Leyvral, 2001**).

Chapitre III

Résultats et discussion

1. Analyses physicochimiques

1.1. Résultats

Les résultats des paramètres étudiés des miels analysés sont représentés par le tableau 04.

Tableau 04 : Résultats des analyses physicochimiques des échantillons de miel.

Paramètres	Valeur moyenne ±Ecart-type	Min-Max	Limites standard internationales
Humidité (%)	15,13±2,44	13-17,8	Pas plus de 20%
Cendres (%)	0,13±0,08	0,04-0,2	Miel de nectar : Pas plus de 0,6% Miel de miellat : Pas de moins 0,6%
Conductivité électrique (mS /cm)	0,37±0,12	0,29-0,51	Miel de nectar : Pas de plus de 0,8 (mS/cm) Miel de miellat : Pas de moins de 0,8 (mS/cm)
pH	4,94±1,12	3,86-6,11	Miel de nectar : 3,5-4,5 Miel de miellat : 5-5,5 Mélanges de miels de nectar et de miellat : Valeurs intermédiaires
Acidité libre (méq/Kg)	7,3±1,52	6-9	Pas plus de 50 méq/Kg
Acidité combinée (méq /Kg)	3,3±1,15	2-4	Limite non fixée
Acidité total (méq /Kg)	10,6±0,57	10-11	Limite non fixée
HMF (mg/Kg)	12,71±8,07	3,70-19,29	Pas plus de 40mg/Kg

1.2. Discussion

1.2.1. Teneur en eau

La teneur en eau est un paramètre important dans l'évaluation du degré de maturité du miel et de sa durée de vie. Elle conditionne sa conservation.

L'examen des résultats de ce paramètre montre que les valeurs varient entre 13 et 17,8% avec une moyenne de 15,13% (**Tab.04 et fig. 02**)

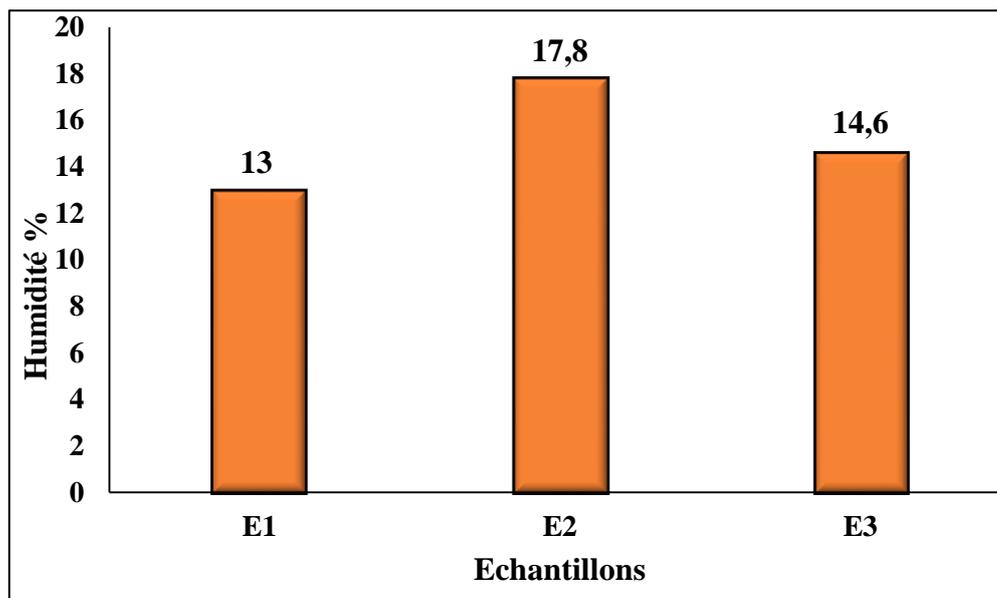


Figure 02 :Teneur en eau de chaque variété du miel.

Nos résultats répondent aux normes proposées par **la commission européenne (2002)** qui a fixé une limite maximale de 20 %.

Plus la teneur en eau est élevée (supérieure à 19%), plus les risques de fermentation d'un miel sont très élevés durant le stockage. Au-dessous de 17% le risque de fermentation est faible (**Manikis et Hrasvoulou, 2001**).

Selon **Bogdanov et al. (2008)**, le taux d'humidité du miel est compris entre 15 et 20%. **Amrouche et Kessi (2003)** ont obtenu des valeurs ayant une moyenne de 17,68% sur une étude de la qualité physicochimique de quelques miels algériens.

Les travaux d'**Amri et al. (2007)** sur l'aspect physicochimique des miels de l'est algérien (Annaba) en comparaison avec les miels commercialisés (Espagne et Arabie Saoudite) indiquent que le taux d'humidité est inférieur ou égale à 18%.

L'étude de **Makhloufi et al. (2010)** sur la caractérisation palynologique et physicochimique des 66 échantillons de miel algérien a révélé une moyenne de 16,51%.

Le travail de **Khalil et al. (2012)** sur les propriétés physicochimiques des miels algériens indique que le taux d'humidité des échantillons étudiés varie entre 11,59 et 14,13%.

Une évaluation physicochimique faite par **Belhadj et al. (2015)** sur cinq types de miels marocains a décelée que les taux d'humidité oscillent entre 18,5 pour le miel du thym et 21% pour la variété multiflorale, avec une valeur moyenne de 19,7%.

Les résultats observés par **Karabagias et al. (2018)** dans 34 miels collectés de Chypre, Grèce et Egypte montrent des valeurs d'humidité qui varient de 12,10 -18,90%.

La variation de l'humidité du miel dépend de plusieurs facteurs environnementaux comme le climat, l'origine botanique du miel et de la période de récolte (**Acquarone et al., 2007** cité par **Achour et Khali, 2014**).

1.2.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique exprime l'aptitude de la solution aqueuse à conduire un courant électrique. Elle est en corrélation positive avec la teneur en cendres (**Amellal, 2008**).

L'examen des résultats de nos échantillons montre que les valeurs de la conductivité électrique sont comprises entre 0,29 et 0,51 mS/cm avec une moyenne de 0,37 mS/cm (**Tab. 04 et fig. 03**)

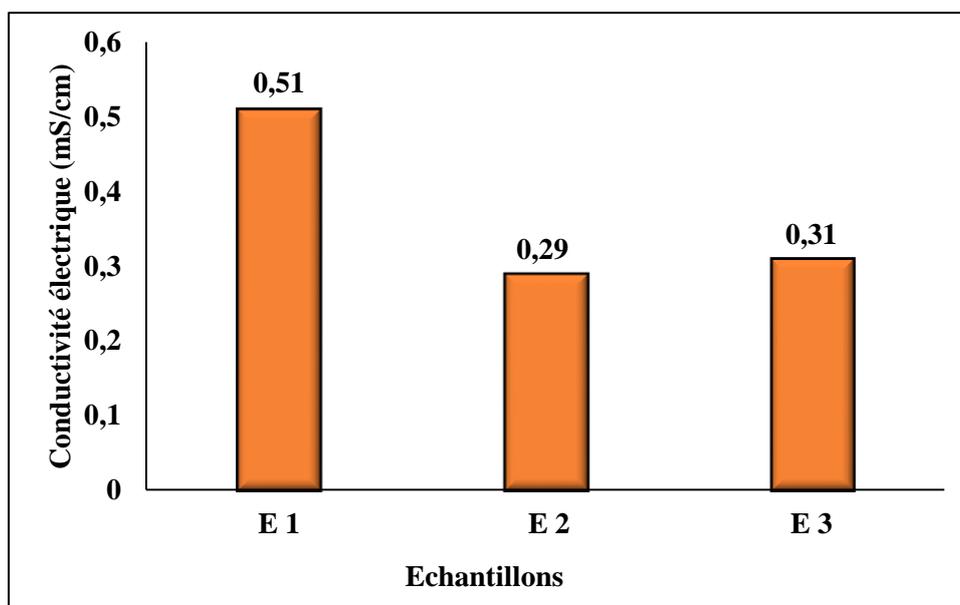


Figure 03 : Répartition de la conductivité électrique des miels testés.

La conductivité électrique est l'un des meilleurs paramètres pour la distinction entre les miels de différentes origines florales (**Terrab et al., 2004**). Ce paramètre permet la distinction entre les miels floraux et les miels de miellats, ainsi que la classification des miels unifloraux. Elle dépend de la teneur du miel en minéraux et en acides (**Bogdanov et al., 2004 ; Bogdanov et al., 2005**).

En effet, d'après **Bogdanov et al. (2005)**, la conductivité électrique du miel de miellat est supérieure à 0,8 mS/cm, celle du miel de nectar est inférieure à cette valeur. Exception faite pour le miel de châtaigner qui peut atteindre des valeurs supérieures à 0,8mS/cm. Comparativement à ces données, les miels examinés sont de nectar.

Makhloufi et al. (2010) ; Doukani et al. (2014) ; Achour et Khali (2014) ont trouvé des valeurs de conductivité électrique entre 0,1 et 0,9 mS/cm pour 76 miels algériens.

Pour les miels marocains, la conductivité électrique est dans l'intervalle de 0,196 à 0,413mS/cm (**Belhaj, 2015**).

D'autre part la conductibilité électrique d'un miel est en rapport avec sa couleur. Selon **Gonnet (1984) ; Kaskoniené et al. (2010) ; Louveaux (1980)**, les miels foncés conduisent mieux le courant électrique que les miels clairs. Ils sont les plus riches en matières minérales ionisables, donc sont des bons conducteurs de courant (**Gonnet, 1982**). Les sels sont apportés par le pollen, par le nectar des fleurs ou par les miellats (**Louveaux, 1976**).

1.2.3. pH(Potentiel hydrogène)

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité d'un milieu, il représente la concentration des ions H^+ ou OH^- d'une solution (**Nair, 2014**).

Les valeurs de pH des miels étudiés tendent vers l'acidité, elles sont comprises entre 3,86 et 6,11 avec une moyenne de 4,94 (**Tab.04 et fig. 04**). Cela confirme le caractère acide des miels qui est due à la présence d'acides organique, principalement à l'acide gluconique (**Nanda et al., 2003** cités par **Ouchemoukh et al., 2007**).

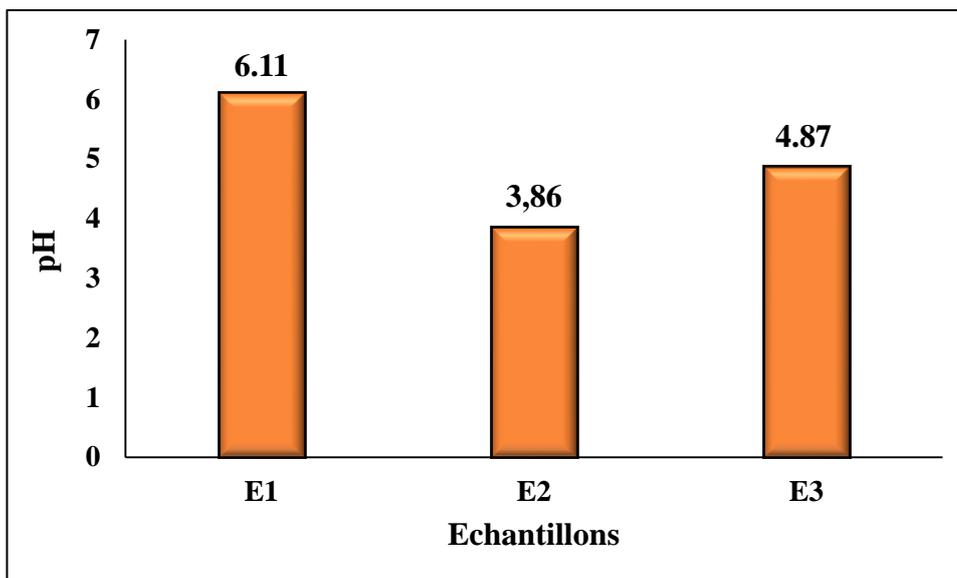


Figure 04 : Distribution des valeurs de pH des miels testés

L'origine floral joue un rôle primordial sur le pH, le miel de nectar présente un pH acide de 3,5 à 4,5 par rapport au miel de miellat qui est moins acide (pH supérieur à 4,5) (**Schweitzer, 2005**). Comparativement à ces données, seulement un échantillon (E1) possède un pH supérieur à 4,5 bien qu'il s'agit d'un miel de nectar selon les valeurs de la conductivité électrique et des cendres. Toutefois **Schweitzer (2003)**, signale bien qu'un miel issu de nectar, miel de bourdaine a un pH élevé, proche de la neutralité (6). Les valeurs des miels analysés se rapprochent de celles obtenues par **Makhloufi et al. (2007)** ; **Nair (2014)** qui varient de 3,4 à 6,23 et 3,58 à 5,7 respectivement.

Le pH dépend de la richesse du miel en acides organiques, tels que les acides gluconiques, pyruviques, maliques et citriques, et en éléments minéraux (**Cavia et al., 2007**). Plus la teneur en minéraux est élevée, plus le pH du miel se rapproche à la neutralité. (**Gonnet, 1982**).

1.2.4. Acidité libre

L'acidité libre est un indicateur important de la texture et la stabilité du miel au moment de l'extraction et le stockage.

Les valeurs de l'acidité des miels analysés varient de 6 à 9 méq/kg avec un moyenne de 7,3 méq/kg (**Tab. 04 et fig. 05**).

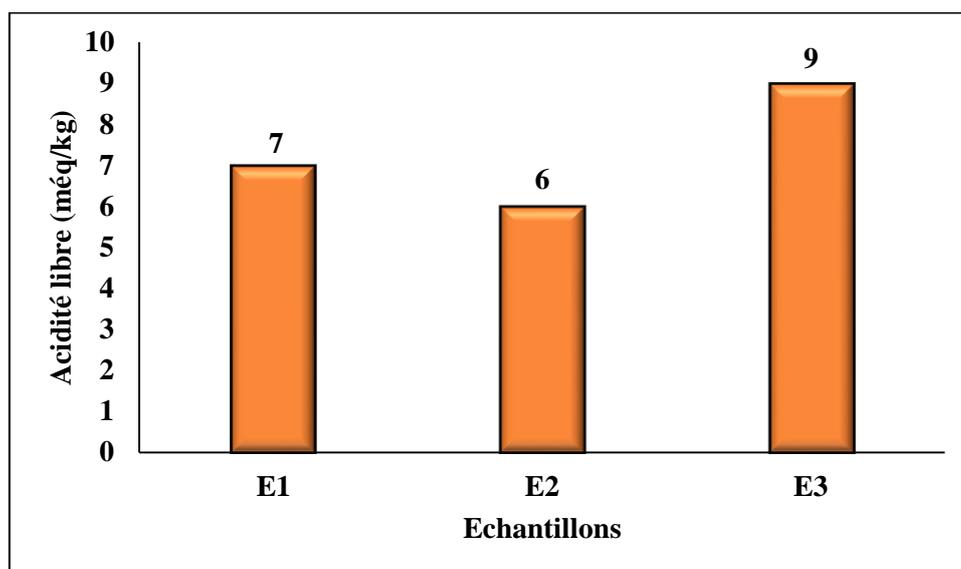


Figure 05 : Acidité libre des miels analysés.

Selon les normes internationales de Codex (2001), l'acidité libre du miel ne doit pas dépasser 50 milliéquivalents d'acide par 1000 g. Notre miel est conforme aux normes préconisées. Cela indique l'absence de fermentations indésirables.

Kirs et al. (2011), **Monggudal et al. (2018)** et **Nascimento et al. (2018)** ont trouvé des valeurs qui oscillent de 14 à 23 mEq/kg, de 4 à 26 mEq/kg et de 10 à 46 mEq/kg respectivement.

L'acidité libre résulte de la fermentation des sucres en acides organiques (**Habib et al., 2014**). Ces acides proviennent des sécrétions salivaires de l'abeille, du nectar ou de miellat. Le principal acide dérive du glucose sous forme d'acide gluconique. Sa formation s'accompagne de dégagement d'eau oxygénée (**Gomes et al., 2010 ; Bogdanov et al., 2004**).

La variation de l'acidité dans les différents miels peut être attribuée à l'origine florale ou à la saison de récolte (**Perez-Arquillue et al., 1995**).

1.2.5. Acidité combinée

Les valeurs marquées pour l'acidité combinée varient entre 2 et 4 méq/kg avec une moyenne de 3,3méq/kg. La valeur la plus faible est enregistrée dans le miel multifloral (E3) et des valeurs égales ont été notées dans les échantillons E1 et E2 qui est de 4 méq/kg (**Tab. 04 et fig. 06**).

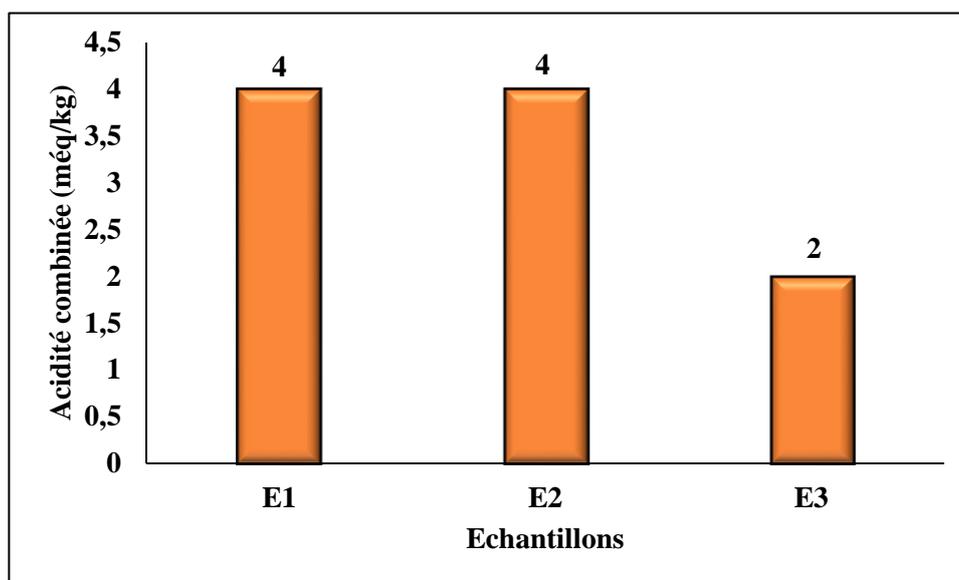


Figure 06 : Acidité combinée des miels testés.

Alqarni et al. (2012) et **Mahmoud et al. (2016)** ont trouvé des valeurs d'acidité lactonique qui varient de 2,5 à 11 méq/kg et de 3,2 à 12,1 méq/kg respectivement.

1.2.6. Acidité totale

L'évaluation de l'acidité totale indique la stabilité du miel, car sa fermentation provoque son augmentation.

Les résultats de l'acidité totale varient entre 10 et 11 méq/kg avec une moyenne de 10,6 méq/kg (**Tab.04 et fig. 07**).

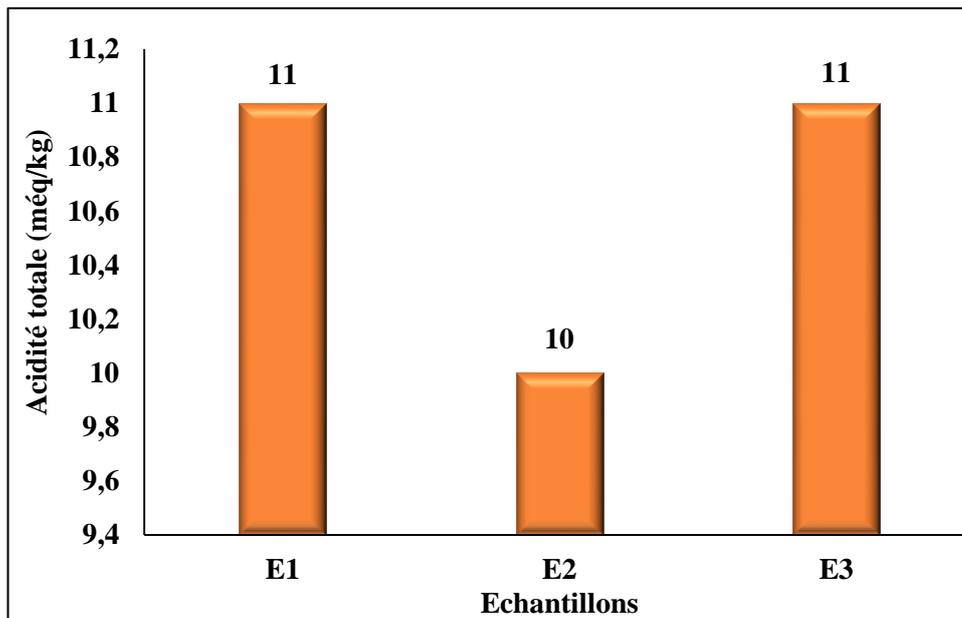


Figure 07 : Acidité totale des miels testés.

Les résultats sont différents de celles obtenus par **Mahmoud et al. (2016)** et qui varient de $20,8 \pm 0,61$ à $135,1 \pm 0,57$ még/kg.

El-Haskoury et al. (2018) ont trouvé des valeurs comprises entre 16,5 et 59 még/kg pour le miel marocain de *Ceratonia siliqua*.

1.2.7. Cendres

La matière minérale des miels analysés varie entre 0,04% et 0,2 % avec une moyenne de 0,13% (**Tab. 04 et fig.08**).

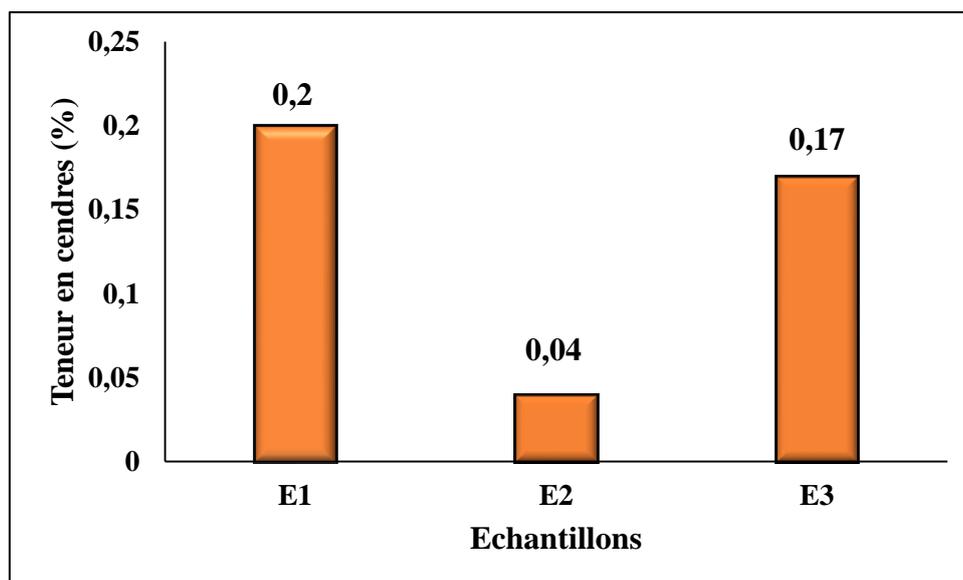


Figure 08 : Teneur en Cendres de chaque variété du miel.

La teneur en cendres est considérée comme critère de qualité qui indique l'origine botanique du miel (nectar, miellat ou mélange des deux) (**white, 1978**). En effet, les miels qui ont une teneur en cendres inférieure à 0,6% sont des miels de nectar et ceux qui ont une valeur inférieure à 1% sont des miels de miellat (**Codex Alimentarius, 2001**). Donc nos miels ont une origine de nectar.

D'après **Sarmento silva et al. (2013)**, les valeurs des cendres du miel sont entre 0,03 et 0,2% avec une moyenne de 0,07%.

Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par les auteurs, **Acquarone et al. (2007)** ; **Mahmoud et al. (2016)** ; **Imtara et al. (2018)** ; **Lewoyehul et Amare (2019)** qui sont de 0,02 à 0,15%, de 0,04 à 0,22%, de 0,06 à 0,2% et de 0,08 à 0,4% respectivement.

La teneur en cendres est en corrélation avec la conductivité électrique (**Vorlwohl, 1964**). Les différences dans la teneur en minéraux dépendent de la nature du sol dont la plante d'origine a été localisée (**Anklam, 1998**), du processus de récolte, des techniques apicoles et de la nourriture des abeilles (**Finola et al., 2007**).

1.2.8. HMF (Hydroxy-méthyl-furfural)

La mesure de la teneur en HMF est très importante pour connaître la qualité de nos miels. L'ensemble des résultats obtenus est regroupé dans le tableau 04 et représenté par la figure 09.

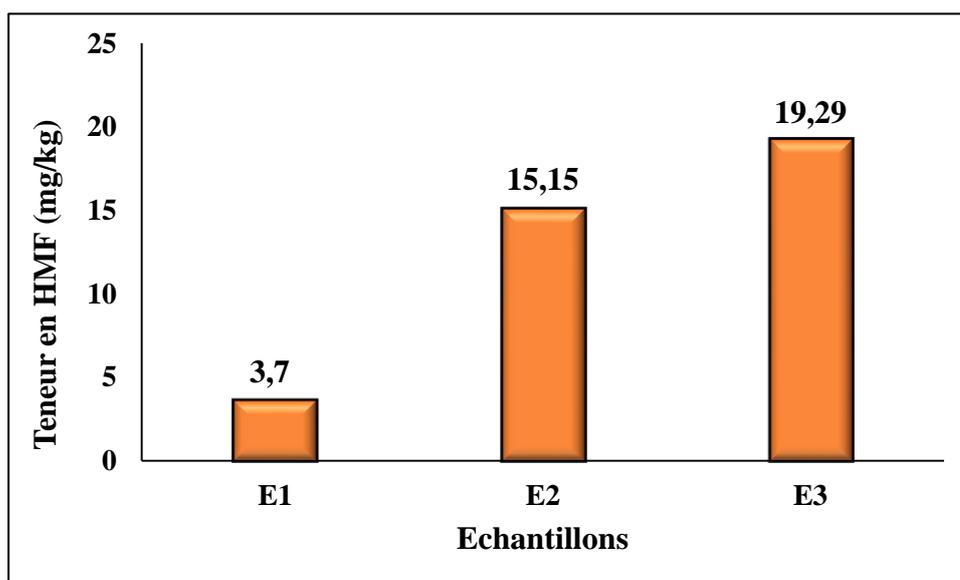


Figure 09 : Teneur en HMF de chaque variété du miel.

La norme du Codex Alimentarius (2001) a fixé l'HMF à une teneur maximale de 40 mg/kg. Par contre quelques associations européennes d'apiculteurs (Allemagne, Belgique, Italie, Autriche, Espagne) vendent une partie de leur miel en tant que "miel de qualité" avec un taux maximal de 15 mg/Kg.

L'examen des résultats montre que les valeurs d'HMF varient entre 3,70-19,29 mg/kg avec une moyenne de 12,71 mg/kg. La teneur en HMF obtenue de nos échantillons cadre la norme requise par le codex Alimentarius.

Nos résultats concordent avec ceux rapportés par **Cruz et al. (2014)** et **Kumar et al. (2018)** qui sont de 3,2 à 17,8 mg/kg et de 3,65 à 23,16 mg/kg respectivement.

Uršulin-Trstenjak et al. (2017) ont trouvé des valeurs de 3,56 à 5,92 mg/kg pour le miel croatian.

Les valeurs d'HMF obtenues de 9 échantillons de miel de Jandaira analysés par **Sarmiento Silva et al. (2013)** oscillent entre 10,80 et 15,71 mg/kg.

Les travaux de **Chakir et al. (2016)** sur les propriétés physicochimiques de 73 variétés de miel marocain ont montré que la moyenne de la teneur en HMF est entre 1,87 et 30,43mg/kg.

L'HMF dérive de la déshydratation des sucres dans des conditions acides et sa concentration augmente dans le temps et avec la chaleur. Il reflète donc le degré de vieillissement et le niveau de chauffage du miel. Naturellement il est présent dans tous les miels, à la récolte à l'état de traces (1 à 3 mg/kg) (**Fallico et al., 2004 ; Khalil et Collins, 2010 ; Makhloufi et al., 2010**).

La présence d'HMF dans le miel est un indicateur du mauvais stockage ou de l'exposition des produits à l'effet thermique (**FPA, 2006 ; Miller, 1994**).

2. Evaluation des activités biologiques des miels

2.1. Effet antioxydant des miels

2.1.1. Teneur en polyphénols

Les teneurs en polyphénols sont mentionnées dans la figure 10.

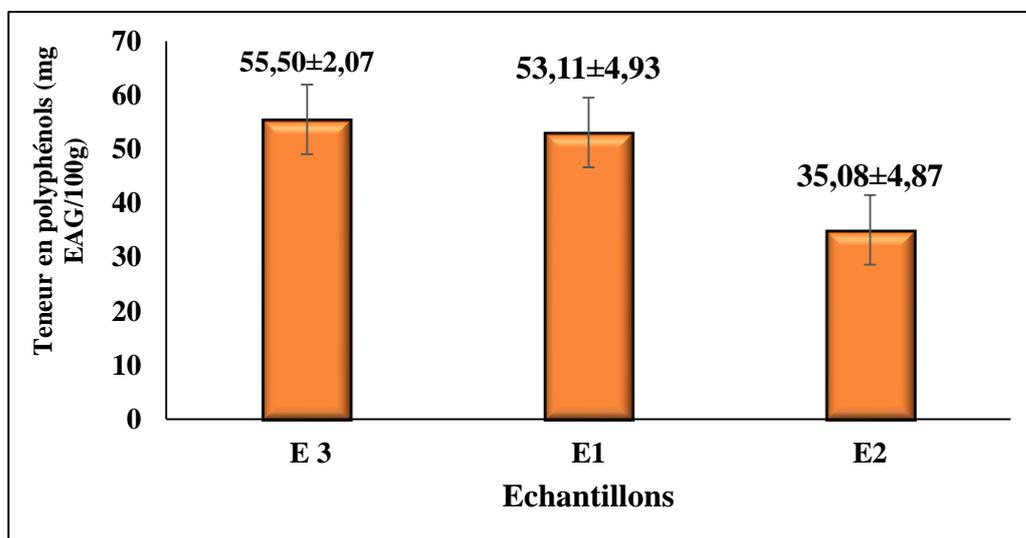


Figure 10 : Teneur des échantillons des miels en polyphénols
(Moyenne ± Ecart type).

Les résultats obtenus montrent que la teneur en polyphénols des miels étudiés oscillent entre 35,08 et 55,50 mg d'EAG/100g. Le taux le plus faible (35,08 ± 4,87 mg EAG/100g) a été enregistré dans le miel d'agrumes (E2) de la région de Mitidja et la valeur la plus élevée (55,50 ± 2,07 mg EAG/100g) a été obtenue dans le miel multifloral (E3) de la région d'Aflou.

Ziadi et al. (2019) ont trouvé des valeurs comprises entre 14,50 mg EAG/100g et 132,26 mg EAG/100g dans 31 échantillons de miels algériens.

L'étude effectuée par **Al-Farsi et al. (2018)** sur 26 échantillons de miel d'Oman indique que les valeurs de polyphénols varient entre 162,4 et 289,8 mg/100g.

Les valeurs obtenues par **Monggudal et al. (2018)** varient entre 20,60 et 89,25 mg EAG/kg.

Les résultats des études faites par **Biluca et al. (2016)** et **Nguyen et al. (2018)** révèlent que les valeurs des polyphénols sont comprises entre 10,3 et 98,0 mg EAG/100g et 18,3 ± 0,3 et 75,4 ± 0,8 mg EAG/100g respectivement.

Les teneurs en composés phénoliques varient selon l'origine botanique et géographique du miel.

2.1.2. Teneur en flavonoïdes

Le miel est une source alimentaire d'antioxydant notamment les flavonoïdes. Ces composés complexes sont à l'origine de la couleur du miel et de son activité antioxydante (Amiot *et al.*, 1989).

La teneur en flavonoïdes des miels testés est illustrée dans la figure 11.

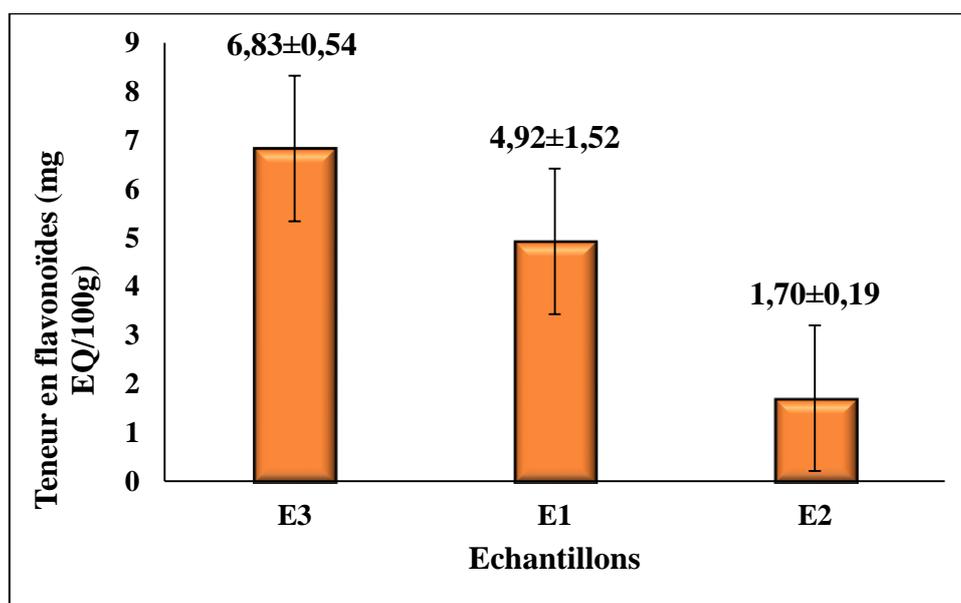


Figure 11 : Teneur en flavonoïdes des miels testés

Les teneurs en flavonoïdes des miels analysés varient entre 1,7 mg EQ/100g pour le miel d'agrumes (E2) et 6,83mg EQ/100g pour le miel multifloral (E3).

Ces teneurs en flavonoïdes sont proches de celles trouvées par **Nguyen *et al.* (2018)** et **Cruz *et al.* (2014)** qui ont enregistré des valeurs comprises entre 1,8 à 4,2 mg EQ/100g et 1,92 à 3,74mg EQ/100g respectivement.

Lee Suan *et al.* (2013) rapportent des teneurs en flavonoïdes qui oscillent entre 18,511 et 32,886 mg ER/100g pour les miels de Malaisie.

Al-Farsi *et al.* (2018) ont obtenu des valeurs en flavonoïdes comprises entre 1613-2890 mg/Kg pour le miel d'Oman.

La variation de la teneur en flavonoïdes du miel dépend de son origine botanique et géographique et aussi de la saison de collecte (**Mouhoubi *et al.*, 2016**).

2.1.3. Activité antioxydante évaluée par le pouvoir réducteur (Test de FRAP)

Le résultat du pouvoir réducteur des miels étudiés est représenté dans la figure suivante :

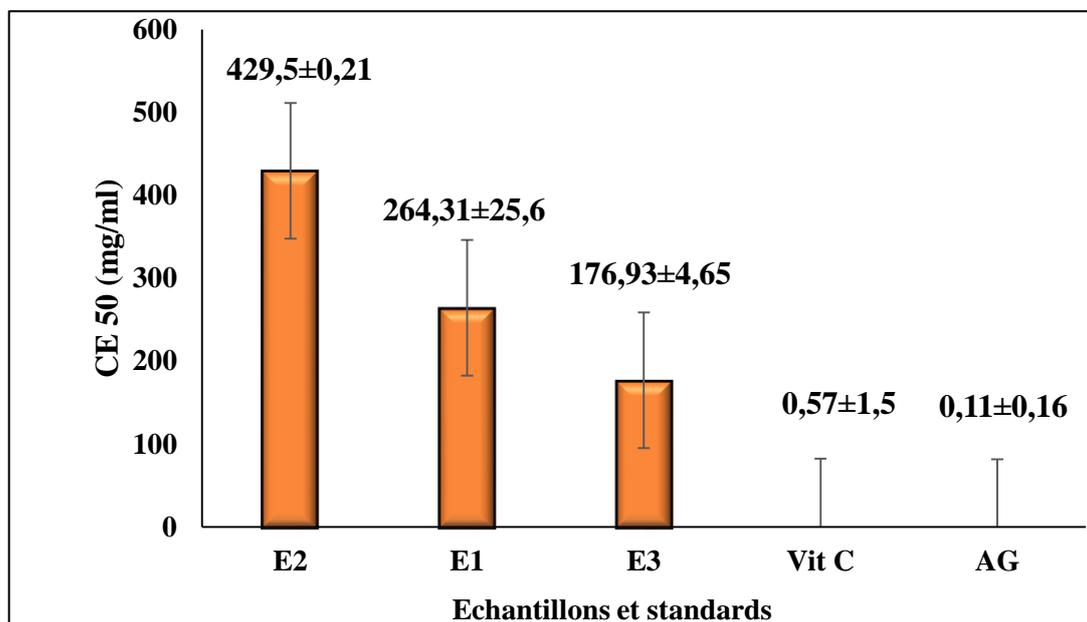


Figure 12 : Concentrations effectrices responsables du pouvoir réducteur des miels, Vitamine C et l'acide gallique (moyenne ± Ecart type).

D'après les résultats obtenus, on constate que les trois échantillons de miels étudiés présentent une activité antioxydante évaluée par le pouvoir réducteur avec des CE50 qui varient en fonction de la variété du miel entre 176,93 ± 4,65 et 429,5 ± 0,21 mg/ml. Ce pouvoir reste inférieur à ceux des antioxydants standards, l'acide gallique et la vitamine C qui présentent des CE50 de l'ordre de 0,11 ± 0,16 et 0,57 ± 1,5 mg/ml respectivement.

On constate des variations d'un miel à un autre, cela est due à la différence en origine et composition chimique de ces miels.

Le miel multifloral (E3) présente le meilleur pouvoir réducteur avec une CE50 de l'ordre de 176,93 mg/ml. Ceci est probablement dû à sa richesse en polyphénols (55 mg EAG/100g) et en flavonoïdes (6,83 mg EQ/100g) par rapport aux autres échantillons de miels par contre le miel d'agrumes de Mitidja (E2) présente le pouvoir antioxydant le plus faible avec une valeur de CE50 de l'ordre de 429,5 mg/ml, ceci peut être expliqué par sa faible teneur en polyphénols (35,08 mg EAG/100 g) et en flavonoïdes (1,7 mg EQ/100g) en comparaison avec les deux autres variétés de miel.

Ces résultats sont différents à ceux obtenus par **Imtara et al. (2018)** et **El-Haskoury et al. (2018)** qui ont enregistré des valeurs de CE50 qui varient entre $2,84 \pm 0,09$ et $5,32 \pm 0,10$ mg/ml pour le miel palestinien et $1,93 \pm 0,03$ et $4,72 \pm 0,08$ mg/ml pour le miel marocain respectivement.

L'étude d'**Otmani et al. (2019)** sur deux variétés de miel de la région de Skikda montre une valeur CE50 de l'ordre de 106,38 mg/ml pour le miel monofloral de fraise, alors que le miel multifloral atteint 34,91 mg/ml.

Beretta et al. (2005) ; **Blasa et al. (2007)** et **Khalil et al. (2012)** ont montré que la variation de l'activité antioxydante est due à la qualité et à la quantité des composés phénoliques mais aussi de leur constitution en enzymes et en acides aminés responsables de cette activité.

L'action des antioxydants consiste à neutraliser les radicaux libres, molécules hautement réactives causant des dommages importants aux protéines, l'ADN cellulaire et aux membranes cellulaires (**Tomczak, 2010**).

L'activité antioxydante du miel est due à la présence de nombreux composants parmi lesquels on retrouve :

Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires dont les principales sources sont les sécrétions végétales (propolis, nectar et pollen) (**Can et al., 2015**). Ils ont de forts effets antioxydants *in vitro* et *in vivo* et peuvent donner de l'hydrogène ou des électrons aux radicaux libres (**Khan et al., 2018**). Parmi les structures identifiés dans le miel, On retrouve les acides phénoliques (acides benzoliques et cinnamiques), les flavonoïdes (chrysin, pinocembrine, quercétine, kaempférol...) (**Collin et Crouzet, 2011**). Les flavonoïdes sont synthétisés par les plantes lors de l'invasion microbienne, il est par conséquent logique, qu'ils agissent comme substances antimicrobienne (**Lachman et al., 2010** ; **Wilczynska, 2014**).

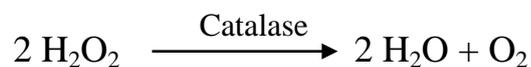
Vitamines

Le miel contient plusieurs vitamines telles que la thiamine, la riboflavine, la pyridoxine, l'acide pantothénique, l'acide folique et l'acide nicotinique. Il est également possible d'y trouver de la vitamine C (l'acide ascorbique) (**Couquet et al., 2013**). La vitamine C réduit les peroxydes et agit comme un antioxydant important. Cette activité diminue les

dommages cellulaires causés par les radicaux libres en protégeant les enzymes antioxydantes et en diminuant le stress oxydatif. Selon **Schrammet *al.* (2003)**, la consommation du miel peut augmenter la teneur des antioxydants plasmatiques.

Enzymes

Les enzymes antioxydantes préviennent la production des dérivés réactifs de l'oxygène (DRO) en limitant la phase d'initiation des réactions d'oxydation. Ses fonctions sont principalement concernées par la neutralisation des radicaux libres (**Fang *et al.*, 2003 ; Ogeturka *et al.*, 2005**). La catalase est l'une des enzymes antioxydantes les plus efficaces dans le miel, elle catalyse la réaction de détoxification du H₂O₂ selon la réaction suivante :



2.2. Effet antimicrobien des miels

2.2.1. Résultats

Le tableau suivant représente les valeurs de CMI des miels étudiés vis-à-vis des souches testées.

Tableau 05 : Valeurs de CMI des miels testés.

Souches testées Echantillons	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Candida albicans</i>
	ATCC 25922	ATCC 33862	ATCC 27853	ATCC 10231
Miel de jujubier	11 %	5 %	11 %	40%
Miel d'agrumes	17 %	9 %	16 %	45%
Miel multifloral	6 %	4 %	6 %	35%

2.2.2. Discussion

Les résultats obtenus (**Tab.05**) montrent que toutes les variétés des miels possèdent une activité antimicrobienne contre les souches testées.

Les CMI oscillent entre 6 et 17% pour *E. coli*, de 4 à 9% pour *S. aureus*, 6 à 16% pour *P. aeruginosa* et *C. albicans* présente l'espèce la plus résistante avec une CMI qui varie de 35 à 45%. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par (**Estevinho et al., 2011 ; Moussa et al., 2012**). On constate que les miels étudiés présentent une activité antibactérienne plus importante sur la bactérie Gram positif *S. aureus* que les bactéries Gram négatif *E. coli* et *P. aeruginosa*. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par (**Matzen et al., 2018 ; Anand et al., 2019**).

Le miel multifloral (E3) possède le meilleur effet antimicrobien vis-à-vis des souches testées. Ceci peut être attribué à sa forte teneur en polyphénols ($55,5 \pm 2,7$ mg EAG/100g de miel) et en flavonoïdes ($6,23 \pm 0,54$ mg EQ/100g de miel) par rapport aux autres variétés de miel. Alors que le miel d'agrumes (E2) présente l'activité antimicrobienne la plus faible vis-à-vis des souches testées. Ceci est probablement dû à sa faible teneur en polyphénols ($35,08 \pm 4,87$ mg EAG/100g de miel) et en flavonoïdes ($1,70 \pm 0,19$ mg EQ/100g de miel). Ainsi à sa forte teneur en eau par rapport aux autres miels (17,8%).

Plusieurs études scientifiques ont montré l'effet antibactérien et antifongique du miel.

Merrah et al. (2010) signalent que les miels de Tizi Ouzou, Sidi bel Abbes, Jijel et d'Alshifa d'Arabie Saoudite possèdent une activité antimicrobienne vis-à-vis *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Candida albicans*.

Une étude faite par **Al-Zahrani et al. (2012)** sur 4 miels (*Acacia*, lavande, Manuka et *Daucus carota*) a montré qu'ils ont un effet antimicrobien vis-à-vis *S. aureus* ATCC 43300, *S. aureus* ATCC 25923, *P. aeruginosa* ATCC 29853 et *C. albicans*.

Les valeurs de CMI de quelques miels multif floraux vis-à-vis *E. coli*, *S. aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* varient entre 6,25 et 12,5% (**Wilczynska et al., 2017**).

L'étude de **Syarida et al. (2017)** sur le miel de Manuka et celle de **Ghramh et al. (2018)** sur les miels de *Lavandula dentata*, *Ziziphus spina-christi* et *Hypoestes forskali* de la région d'Asir (Arabie Saoudite) indiquent que les miels précités ont un effet antibactérien vis-à-vis *E. coli*, *S. aureus* et *P. aeruginosa*.

Imtara et al. (2018) ont trouvé que les miels palestiniens et marocains possèdent un effet antibactérien vis-à-vis *E. coli*, *S. aureus* et *P. aeruginosa* avec des valeurs de CMI qui varient de 62,5 à 250 mg/ml.

Les CMI de quelques miels de Grèce, Palestine, Maroc et Australie vis-à-vis *S. aureus* résistante à la méthicilline et *Pseudomonas aeruginosa* résistante à la carbapénèmese varient entre 6.25 et 12.5% (**Stagos et al., 2018**)

Morrioni et al. (2018) ont trouvé des valeurs de CMI qui varient entre 2-20% pour le miel de Manuka, contre les souches de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Candida albicans*.

Les résultats d'une étude faite par **Anand et al. (2019)** indiquent que le miel d'*Agastache* possède un effet antibactérien vis-à-vis *E. coli*, *S. aureus* sensible et résistante à la méthicilline et *P. aeruginosa*.

L'effet antimicrobien du miel est dû à différentes substances et dépend de son origine botanique (**Molan, 2001**).

On ne connaît pas encore précisément tous les composants antibactériens du miel mais quatre facteurs sont largement mis en avant : l'osmolarité, le pH acide, le peroxyde d'hydrogène, et le système non-peroxyde (**Bogdanov, 1997**).

Il existe selon **Balanos de la terro et al. (2015)**, des inhibines non peroxydes qui contribuent à l'activité antimicrobienne du miel, il y a le lysozyme, les acides phénolique, les flavonoïdes et les substances aromatiques (**Packer et al., 2012 ; Majtan et al., 2012**).

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**).

Viscosité

La viscosité du miel permet de créer une barrière protectrice autour de la zone à traiter (plaie), empêchant ainsi toute surinfection. C'est une propriété purement mécanique (**Hoyet, 2005**).

Peroxyde d'hydrogène (inhibine)

La principale activité antimicrobienne du miel est liée à la production enzymatique de peroxyde d'hydrogène, la glucose oxydase est une enzyme qui est sécrétée par les glandes hypopharyngiennes des abeilles lors de la transformation du nectar ou du miellat en miel. Cependant la concentration en peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) dépend de l'activité de ces enzymes (glucose oxydase et catalase), et aussi de l'influence de la chaleur et de la lumière qui altèrent la glucose-oxydase (**Chepulis, 2008 ; Altman, 2010**).

Acidité

Une des caractéristiques du miel est son acidité avec un pH compris entre 3,2 et 4,5. Ce pH est suffisant pour inhiber de nombreux germes pathogènes, qui ont besoin d'un pH entre 7,2 et 7,4 (**Barbosa et Kalaaji, 2014 ; Majtanova et al., 2015**).

Défensine- 1

La défensine-1 est une protéine fabriquée par les glandes hypopharyngiennes des abeilles qui possèdent un large spectre d'activité antimicrobienne (Bactéries Gram+, Gram-, champignons et virus enveloppés) (**Couquet et al., 2013**).

Méthylglyoxal (MGO)

Le méthylglyoxal est une substance naturelle à pouvoir bactéricide et l'un des composants dicarbonylés découlant de la réaction de Maillard qui s'effectue dans tous les produits très riches en sucres, présents en concentrations substantielles dans le nectar. Il est

montré que le méthylglyoxal du miel à une forte corrélation avec son activité antibactérienne (**Sultanbawa et al., 2015; Elbanna et al., 2014**).

Composés phénoliques et flavonoïdes

Les composés phénoliques et les flavonoïdes sont des molécules dotées de propriétés antibactériennes trouvées dans les plantes mais aussi dans le miel (**Cushine et Lamb, 2005**)

Conclusion

Conclusion

Notre étude porte sur l'évaluation de la qualité des miels algériens par des analyses physicochimiques et évaluation des effets bioactifs des échantillons de miels récoltés de différentes régions Djelfa, Mitidja et Aflou.

Les résultats physicochimiques obtenus montrent que nos miels sont conformes aux normes établies par le codex Alimentarius 2001.

Les valeurs du taux d'humidité sont comprises entre 13 et 17,8% avec une moyenne de 15,13%.

Le pH varie entre 3.86 et 6.11 avec une moyenne de 4,94.

Les valeurs de l'acidité libre oscillent entre 4 et 9 méq/kg avec une moyenne de 7,33méq/kg.

L'acidité totale varie entre 10 et 11 méq/kg avec une moyenne de 10,6 méq/kg.

La teneur en HMF est située entre 3,70 et 19,29 mg/kg avec une moyenne de 12,71 mg/kg. Cela indique que les miels étudiés sont frais et n'ont pas été surchauffés.

Les valeurs des cendres du miel sont entre 0,03 et 0,2% avec une moyenne de 0,07%.

Les valeurs de la conductivité électrique sont comprises entre 0,29 et 0,51 mS/cm avec une moyenne de 0,37 mS/cm

L'étude de l'activité antioxydante a révélé que les échantillons possèdent un effet antioxydant intéressant qui est en relation avec les composés phénoliques totaux (35,08-55,50 mg d'EAG/100g) et la teneur en flavonoïdes (1,70-6,83 mg EQ/100g).

Les résultats de l'effet antimicrobien révèlent que quatre souches microbiennes testées sont sensibles à l'action inhibitrice des miels analysés. La levure *Candida albicans* présente l'espèce la plus résistante, tandis que, *Staphylococcus aureus* est la souche la plus sensible en comparaison avec les bactéries à Gram négatif *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*. Ceci peut être attribué à la différence de la structure de la paroi bactérienne entre les bactéries à Gram Positif et les bactéries à Gram négatif.

L'effet antimicrobien du miel peut être attribué à plusieurs facteurs (l'osmolarité, les acides phénoliques, l'acidité, etc.) présents dans le miel. En parallèle les résultats montrent que le miel multifloral a un effet plus élevé sur les souches microbiennes étudiées.

Enfin, cette étude doit être maintenue sur tout le territoire national dans le but de compléter ce travail, il serait intéressant:

- D'optimiser d'autres paramètres influençant sur la qualité du miel : l'osmolarité et les composés protéiques;

- d'évaluer l'activité antibactérienne sur une plus large gamme de bactéries pathogènes et résistantes;
- d'effectuer des analyses physico-chimiques sur une large gamme d'échantillons de miels du pays afin de dégager des normes pour les miels spécifiques de l'Algérie ;
- tests génétiques sur plusieurs souches bactériennes afin de détecter l'état de sensibilité et de résistance.

Références Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *A* -

- ✚ **Achour Y.H., Khali M., 2014.** Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques. *Afrique Science*, 10(2): 127 – 136.
- ✚ **Acquarone C., Buera A.P., Elizalde B., 2007.** Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Food Chemistry*, 101: 695–703.
- ✚ **Al-Farsi M., Al-Amri A., Al-Hadhrami A., Al-Belushi S., 2018.** Color, flavonoids, phenolics and antioxidants of Omani honey. *Heliyon*, 4(10): e00874. doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00874.
- ✚ **Alqarni A.S., Owayss A.A., Mohamed A.A., 2012.** Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia. *Arabian Journal of Chemistry* (In press).
- ✚ **Altman N., 2010.** The honey prescription. In “The amazing power of honey as medicine”.Ed. *Healing Art*,27-86.
- ✚ **Alzahrani H.A., Alsabehi R., Boukraâ L., Abdellah F., Bellik Y., Bakhotmah B., 2012.** Antibacterial and Antioxidant Potency of Floral Honeys from Different Botanical and Geographical Origins. *Molecules*, 17, 10540-10549.
- ✚ **Amellal H., 2008.** Aptitudes technologiques de quelques variétés communes de dattes: formulation d’un yaourt naturellement, sucré et aromatisé. Thèse de doctorat en Technologie Alimentaire. Université M’hamed Bouguera. Boumerdes. 127 p.
- ✚ **Amiot M.J., Aubert S., Gonnet M., Tacchini M., 1989.** Les composés phénoliques des miels:étude préliminaire sur l’identification et la quantification par familles. *Apidologie*, 20, 115-125.
- ✚ **Amri A., Ladjama A., Tahar A., 2007.** Etude de quelques miels produits à l’est Algérien: Aspect physicochimique et biochimique. *Revue Synthèse* N° 17.
- ✚ **Amrouche L., Kessi L., 2003.** Etude de la qualité physicochimique de quelques miels. Mémoire. Ingénieur. U.S.T.H.B. Alger. 49p.
- ✚ **Anand S., Deighton M., Livanos G., Morrison P.D., Pang E.C.K., Mantri N., 2018.** Antimicrobial activity of *Agastache* honey and characterization of its bioactive

compounds in comparison with important commercial honeys. *Frontiers in Microbiology*, 10:263. doi: 10.3389/fmicb.2019.00263.

- ✚ **Anchling F., 2005.** Sommet de développement des colonies. Revue l'abeille de France. N° 915.7p.
- ✚ **Anklam E., 1998.** A review of the analytical methods to determine the Geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 63:549-563.
- ✚ **Anso J., 2012.** Du miel à volonté. D2A, N°. 1, 23 p.
- ✚ **Azeredo L.D.C., Azeredo M.A.A., Souza S.R., Dutra V.M.L., 2003.** Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry*, 80:249–254.

- B -

- ✚ **Balanos de la terro A.A., Henderson T., Nigam P.S., 2015.** A Universally calibrated microplate ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay foods and application to Manuka honey. *Food Chemistry*, 174:119-123.
- ✚ **Barbosa N.S., Kalaaji A.N., 2014.** CAM use in dermatology. Is there potential role for honey, green tea and vitamin C. *Complementary Therapies in Chemical Practice*, 20:11-15.
- ✚ **Belhaj O., Oumato J., Zrira S., 2015.** Étude physico-chimique de quelques types de miels marocains. *Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 3: 71–75.
- ✚ **Benabdallah A., 2017.** Etude écophysiologique, développement et importance des plantes médicinales du genre *Mentha* dans le parc national d'El-Kala (Nord-Est-Alegria). Thèse de doctorat en vue de l'obtention du grade de Docteur en sciences, filière Biologie Végétale, p.41-54.
- ✚ **Beretta J., Giangiacomo G., Ferrero M., Orioli M., Maffei facino R., 2005.** Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 533, 185-191.
- ✚ **Biluca F., Braghini F., Valdemiro Gonzaga L., Oliveira Costa A., Fett R., 2016.** Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (*Meliponinae*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 50 : 61–69.
- ✚ **Biri M., 1999.** Le grand livre des abeilles. L'apiculture moderne. Vecchi S.A, paris. 260p.

- ✚ **Blasa M., Candiracci M., Accorsi A., Piacentini M.P., Piatti E., 2007.** Honey flavonoids as protection agents against oxidative damage to human red blood cells. *Food Chemistry*, 104:1635–1640.

- ✚ **Bogdanov S., Bieri K., Kilchmann V., Gallmann P., 2005.** Miels monofloraux Suisse. *ALP Forum*, 23:1-55.

- ✚ **Bogdanov S., Jurendic T., Sieber R., Gallmann P., 2008.** Honey for nutrition and health: a review. *Journal of the American College of Nutrition*, 27, pp. 677-689.

- ✚ **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., Ivanov T., 1997.** Harmonised methods of the European honey commission. *Apidologie*, 1– 59.

- ✚ **Bogdanov S., Ruoff K., Persano L., 2004.** Physicochemical methods for characterization of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35, 4-17.

- ✚ **Boukrâa L., 2008.** Additive activity of royal jelly and honey against *Pseudomonas aeruginosa*. *Alternative Medicine Review*, 13,330-333.

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

- C -

- ✚ **Can Z., Yildiz O., Sahin H., Akyuzturumtay E., Silici S., Kolayli S., 2015.** An investigation of Turkish honeys: Their physicochemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180, 133–141.

- ✚ **Cavia M.M., Fernandez-Muino M.A., Alonso-Torre S.R., Huidobro J.F., Sancho M.T., 2007.** Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food Chemistry*, 100:1728–1733.

- ✚ **Chakir A., Romane A., Marcazzan G.L., Ferrazzi P., 2016.** Physicochemical properties of some honeys produced from different plants in Morocco. *Arabian Journal of Chemistry*, 9:S946–S954.

- ✚ **Chanaud P., 2010.** Les miels. Variétés, bienfaits, recettes. Edisud, Aix-en-Provence, 192 p.

- ✚ **Chepulis L., 2008.** Healing honey: A natural remedy for better health and wellness. Ed: *Brown Walker*: 141.

- ✚ **Cherbuliez T., Domerego R., 2003.** L'apithérapie, médecine des abeilles, Bruxelles, Editions Amyris SPRL, 255 p.
- ✚ **Codex Alimentarius Commission, 2001.** Revised codex standard for honey. *Revue*, 12:1-7.
- ✚ **Collin S., Crouz et J., 2011.** Les polyphénols et procédés. Ed. *Lavoisier* : 333.
- ✚ **Commission Européenne, 2002.** Directive 2001/110/EC du 20 décembre 2001 relative au DPPH radicals. *Nutrition Research*, 22(4): 519-526.
- ✚ **Cooper R.A., Molan R.C., Harding K.G. 2002.** The sensitivity to honey of Gram-positive cocci of clinical significance isolated from wounds. *Journal of Applied Microbiology*, 93, 857-863.
- ✚ **Couquet Y., Desmoulière A., Rigal M.L., 2013.** Les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel. *Actualités Pharmaceutiques*, 52, 22–25.
- ✚ **Cruz L.C., Batista J.E.S., Zemolin A.P.P., Nunes M.E.M., Lippert D.B., Royes L.F.F., Soares F.A., Pereira A.B., Posser T., Franco J.L., 2014.** A study on the quality and identity of Brazilian Pampa biome honey: evidences for its beneficial effects against oxidative stress and hyperglycemia. *International Journal of Food Science*. Article ID 470214, 11 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/470214>.
- ✚ **Cushnie T.P., Lamb A.J., 2005.** Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 26, 343–356.

- **D** -

- ✚ **Dasilva P.M., Gauche C., Gonzaga L.V., Costa A.C.O., Fett R., 2016.** Honey: chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196: 309–323.
- ✚ **Djossou J.A., Tchobo F.P., Yédomonhan H., Alitonou A.G., Soumanou M.M., 2013.** Evaluation des caractéristiques physico-chimiques des miels commercialisés à Cotonou. *Tropicultura*, 31, 3, 163-169.
- ✚ **Donadieu Y., 2003.** Pollen : thérapeutiques naturels. 5ème Ed Maloine S.A Paris. 31p.
- ✚ **Doukani K., Tabak S., Derriche A., Hacini Z., 2014.** Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. *Ecologie-Environnement*, 10: 1112 5888.

- E -

- ✚ **Elamine Y., Aazza S., Lyoussi B., Antunes M.D., Estevinho L.M., Anjos O., Miguel M.G., 2018.** Preliminary characterization of a Moroccan honey with a predominance of *Bupleurum spinosum* pollen. *Journal of Apicultural Research*, 57(1):153–165.
- ✚ **Elbanna K., Attalla K., Elbadry M., Abdeltawab A., Gamal-Eldin H., 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., Makni M., 2018.** *Ceratonia siliqua* honeys from Morocco: Physicochemical properties, mineral contents, and antioxidant activities. *Journal of food and drug analysis*, 26: 67 -73.
- ✚ **Estevinho M.L., Afonso S.E., Feás X., 2011.** Antifungal effect of lavender honey against *Candida albicans*, *Candida krusei* and *Cryptococcus neoformans*. *Journal of Food Science and Technology*, 48(5): 640–643.

- F -

- ✚ **Fang Y.Z., Yang S., Wu G., 2002.** Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition*, 18(10): 872.
- ✚ **Fallico B., Zappala M., Arena E., Verzera A., 2004.** Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chemistry*, 85: 305–313.
- ✚ **Finola M.S., lasagno M.C., Marioli J.M., 2007.** Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food Chemistry*, 100:1649-1653.
- ✚ **Food products association (FPA), 2006.** Emerging chemical contaminants update. 1: (2), [www.fpa-food.org/ upload/library/07112006200748.pdf](http://www.fpa-food.org/upload/library/07112006200748.pdf).

- G -

- ✚ **Ghramh H., Ali Khan K., Alshehri A., 2018.** Antibacterial potential of some Saudi honeys from Asir region against selected pathogenic bacteria. *Saudi Journal of Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.05.011>.
- ✚ **Gomes S., Dias L.G., Moreira L.L., Rodrigues P., Estevinho L., 2010.** Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*. 48 (2): 544-548.

- ✚ **Gonnet M., 1982.** Le miel : composition, propriétés, conservation. INRA station expérimentale d'apiculture. 1-18.
- ✚ **Gonnet M., 1984.** Un miel de soleils. *Rev. Fr. Apic.* (434) 483-485.
- ✚ **Guarch C., 2008.** Le miel. Cuisine, santé et beauté. Editions Cabédita, Yens sur Morges, 72 p.

- *H*-

- ✚ **Habib H.M., Meqbali F.T., Kamal H., Souka U.D., Ibrahim W.H., 2014.** Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. *Food Chemistry*, 153, 35–43.
- ✚ **Hoyet C., 2005.** Le miel: De la source à la thérapeutique. Thèse de pharmacie en pharmacie. Faculté de pharmacie. Université poincare de Nancy 1, pp.17-37.

- *I*-

- ✚ **Imtara H., Elamine Y., Lyouss B., 2018.** Honey antibacterial effect boosting using *Origanum vulgare* L.essential Oil. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Article ID 7842583, 14 pages <https://doi.org/10.1155/2018/7842583>.

- *K*-

- ✚ **Karabagias I.K., Louppis A.P., Kontakos S., Drouza C., Papastephanou C., 2018.** Characterization and botanical differentiation of monofloral and multifloral honeys produced in Cyprus, Greece, and Egypt using physicochemical parameter analysis and mineral content in conjunction with supervised statistical techniques. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. Article ID 7698251, 10 pages. <https://doi.org/10.1155/2018/7698251>.
- ✚ **Kaskonienė V., Venskutonis P.R., Čeksterytė V., 2010.** Carbohydrate composition and electrical conductivity of different origin honeys from Lithuania LWT. *Food Science and Technology*. Volume 43, Pages 801-80755.
- ✚ **Khadhri A., Elmokni R., Smiti S., 2013.** Composés phénoliques et activités antioxydantes de deux extraits de chardon a glu: *Atractylis gummifera*. *Revue Social Science National*, 39: 44-52.
- ✚ **Khalil A., Collins J., 2010.** Synthetic biology: applications come of age. *Nature Reviews Genetics*, 11(5): 367.
- ✚ **Khalil M.I., Moniruzzaman M., Boukraâ L., Benhanifia M., Islam M.A., Islam M.N., Sulaiman S.A., Gan S.H., 2012.** Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey. *Molecules*, 17(9):11199–11215.

- ✚ **Khan S.U., Anjum S.I., Rahman K., Ansari M.J., Khan W.U., Kamal S., khattak B., Muhammad A., Khan H.U., 2018.** Honey: Single food stuff comprises many drugs. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25: 320-325.
- ✚ **Kirs E., Pall R., Martverk K., Laos K., 2011.**Physicochemical and melissopalynological characterization of Estonian summer honeys. *Procedia Food Science*1: 616 – 624.
- ✚ **Kumar A., Singh Gilla P.J., Singh Bedia J., Manav M., Javed Ansari M., Singh Walia G., 2018.** Sensorial and physicochemical analysis of Indian honeys for assessment of quality and floral origins. *Food Research International*, 108: 571–583.

- **L**-

- ✚ **Lachman J., Orsak M., Hejtmankova A., Kovarova E., 2010.** Evolution of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. *Food Science and Technology*, 1(43): 52-58.
- ✚ **Lee Suan C., Rahaman N., Adnan N., Tan T., 2013.** Antioxidant activity of three honey samples in relation with their biochemical components. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. Article ID 313798, 8 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/313798>.
- ✚ **Lewoyehu1 M., Amare M., 2019.** Comparative assessment on selected physicochemical parameters and antioxidant and antimicrobial activities of honey samples from selected districts of the Amhara and Tigray regions, Ethiopia. *International Journal of Food Science*. Article ID 4101695, 10 pages. <https://doi.org/10.1155/2019/4101695>.
- ✚ **Louveaux J., 1976.** Caractéristiques de composition du miel. Un commentaire sur les annexes du décret du 22 juillet 1976. *Inra. p*, 4-10.
- ✚ **Louveaux J., 1985.** Les abeilles et leur élevage. Edition Opida. Pp: 165-181.
- ✚ **Louveaux J., 1980.** Les abeilles et leur élevage. Hachette, paris, 235p.

- **M**-

- ✚ **Maglon G., vanwijek R., 2003.** Guide des plaies. Ed.J.L. Eurotext, paris, 102p.
- ✚ **Mahmood A., Shafiq M.I., Khaleeq A., Huma R., Abdul Qadir M., Khalid A., Ali A., Samad A., 2016.** Physicochemical, biochemical, minerals content analysis, and antioxidant potential of national and international honeys in Pakistan. *Journal of Chemistry*. Article ID 8072305, 10 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/8072305>.

- ✚ **Majtan J., Klanding J., Bohova J., Kohutova I., Dyurova M., Sediva M., Bartosova M., Majtan V., 2012.** Methylglyoxal- induced modification of significant honeybee proteienous components in honey: possible therapeutic implications. *Fitoterapia*, 83:671-677.
- ✚ **Majtanova N., Vodrazkova E., Kurillova V., Horniackova M., 2015.** Complementary treatment of contact lens-induced corneal ulcer using honey: A case report. *Contact Lens and Anterior Eye*, 38:61-103.
- ✚ **Makhloufi C., Kerkvliet D., Ricciardelli-D'albore G., Choukri A., Samar R., 2010.** Characterization of Algerian honeys by palynological and physicochemical methods. *Apidologie*, 41: 509-521.
- ✚ **Makhloufi C., Schweitzer P., Azouzi B., PersanoOddo L., Choukri A., Laaredj H., Ricciardelli-D'Albore G., 2007.** Some Properties of Algerian Honey. *Apiacta*, 42, 73 – 80.
- ✚ **Manikis I., Hrasivoulou A., 2001.** The relation of physicochemical characteristics of honey and the crystallization sensitive parameters. *Apiacta*, 36:106–112.
- ✚ **Manzoor M., Shah G.H.N., Mathivanan V., Mir G.M., Shahnawaz A.D., 2013.** Chemical analysis of honey of *Apis cerana F.* and *Apis mellifera* from Plains of Jammu and Kashmiri and Tamil Nadu. *International Journal of Agriculture Sciences Research*, 3 (4): 139–146.
- ✚ **Matzen R.D., Leth-Espensen Z.J., Jansson T., Nielsen S.D., Lund M.N., Matzen S., 2018.** The antibacterial effect in vitro of honey derived from various Danish flora. *Dermatology Research and Practice*. Article ID 7021713, 10 pages. <https://doi.org/10.1155/2018/7021713>.
- ✚ **Merah M., Bensaci Bachagha M., Boudershem A., 2010.** Etude de l'effet antimicrobien de trois échenillons du miel naturel récolté du territoire algérien. *Annales des Sciences et Technologie* Volume 2, N° 2.
- ✚ **Miller J.A., 1994.** Recent studies on the metabolic activation of chemical carcinogens. *Cancer research*, 54: 1879s-1881s.
- ✚ **Molan P., 2001.** Why honey is effective as a medicine 2. The scientific explanation of its effects. *Bee World*, 82(1), 22-40.
- ✚ **Molan P., Russel K., 1988.** Non-peroxide antibacterial activity in some New Zealand honeys. *Journal of apicultural research*, 27(1): 62-67.

- ✚ **Monggudal M.B., Radzi M.N., Ismail M., Ismail W., 2018.** Effect of six month storage on physicochemical analysis and antioxidant activity of several types of honey. *Materials Science and Engineering*, 440:012047.
- ✚ **Morroni G., Alvarez-Suarez J.M., Brenciani A., Simoni S., Fioriti S., Pugnali A., Giampieri F., Mazzoni L., Gasparrini M., Marini E., Mingoia M., Battino M., Giovanetti E., 2018.** Comparison of the antimicrobial activities of four honeys from three countries (New Zealand, Cuba, and Kenya). *Frontiers in Microbiology*, 9:1378. Doi: 10.3389/fmicb.2018.01378.
- ✚ **Mouhoubi Z., Ouchemoukh S., Tamendjari A., 2016.** Antioxidant activity of some Algerian honey and propolis. *Industrial Crops and Products*, 88: 85-90.
- ✚ **Moussa A., Djebli N., Aissat S., Meslem A., Benhalima A., 2012.** Antifungal activity of four honeys of different types from Algeria against pathogenic yeast: *Candida albicans* and *Rhodotorula sp.* *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(7): 554–557.

- *N* -

- ✚ **Nair S., 2014.** Identification des plantes mellifères et analyses physico-chimiques des miels Algériens. Thèse de Doctorat de Biologie en Biochimie, Faculté des Sciences de la nature et de la terre. Université d'Oran. p. 28-43.
- ✚ **Nanda V., Sarkar B.C., Sharma K., Bawa A.S., 2003.** Physicochemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in northern India. *Journal of food composition and analysis*, 16: 613-619.
- ✚ **Nascimento K., Sattler J.A.G., Macedo L.F.L., González C.V.S., Pereira de Melo I.L., Silva Araújo E., Granato D., Sattler A., Bicudo de Almeida-Muradian L., 2018.** Phenolic compounds, antioxidant capacity and physicochemical properties of Brazilian *Apis mellifera* honeys. *LWT - Food Science and Technology*, 91:85–94.
- ✚ **Nguyen H., Panyoyai N., Paramita V., Mantri N., Kasapis S., 2018.** Physicochemical and viscoelastic properties of honey from medicinal plants. *Food Chemistry* 241: 143–149.
- ✚ **Noel J., Leyvral G., 2001.** Microbiologie technique. Dictionnaire des techniques 3ème édition du centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine. 213-219.

- O-

- ✚ **Obaseiki-Ebore E., Afonya T.C., 1984.** «In vitro evaluation of the anticandidiasis activity of honey distillate (IY-1) compared to that of some antimycotic agents». *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, vol.36, p. 4-283.
- ✚ **Ogeturka M., Kusa I., Colakoglu N., Zararsiza I., Ilhanc N., Sarsilmaz M., 2005.** Caffeic acid phenethyl ester protects kidneys against carbon tetrachloride toxicity in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 97, 273–280.
- ✚ **Otmani I., Abdennour C., Dridi A., Kahalerras L., Halima-Salem A., 2019.** Characteristics of the bitter and sweet honey from Algeria Mediterranean coast. *Veterinary World*, 12(4): 551-557.
- ✚ **Ou B., Hampsch-Woodill M., Prior R.L., 2001.** Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (49): 4619-4626.
- ✚ **Ouchemoukh S., Louaileche H., Schweitzer P., 2007.** Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys, *Journal of Food Control*, 18, 52-58.
- ✚ **Oyaizu M., 1986.** Studies on products of browning reactions: Antioxidative activities of browning reaction prepared from glucosamine. *Japan Journal of Nutrition*, 44,307-315.

- P-

- ✚ **Packer J.M., Irish J., Herbert B.R., Hill C., Padula M., Blair S.E., Carter D.A., Harry E.J., 2012.** Specific non-peroxide antibacterial effect of Manuka honey on the *Staphylococcus aureus* proteome. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 40: 43–50.
- ✚ **Perez-Arquillué C., Conchello P., Ariño A., Juan T., Herrera A., 1995.** Quality evaluation of Spanish rosemary (*Rosmarinus officinalis*) honey. *Food Chemistry*, 51, pp. 207-210.
- ✚ **Pham-Delégue M.H., 1998.** Les abeilles. *La Martinière*, Hong-Kong, 42 p.
- ✚ **Philippe J.M., 1994.** Le guide de l'apiculture. *Aix-en-Provence*, Espagne, 125p.

- ✚ **Sarmiento Silva T.M., Pereira dos Santos F., Evangelista-Rodrigues A., Sarmiento da Silva E.M., Sarmiento da Silva G., Santos de Novais J., Ribeiro dos Santos F.A., Camara C.A., 2013.** Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of Jandaira (*Melipona subnitida*) honey. *Journal of Food Composition and Analysis*. 29:10–18.

- ✚ **Schramm D.D., Polagruto J.A., Wang-Polagruto J.F., Lee L., Keen C.L., 2003.** Effects of flavonoid-rich beverages on prostacyclin synthesis in humans and human aortic endothelial cells: association with ex vivo platelet function. *Journal of Medicinal Food*, 6(4): 301-308.

- ✚ **Schweitzer P., 2005.** Encore des miels hors normes. *Abeille de France* N°917 laboratoire d'analyse et d'écologie apicole. 03 p.

- ✚ **Schweitzer. P., 2004.** Quelques éléments sur le vieillissement du miel. *Abeille de France*. Laboratoire d'analyse et d'écologie apicole. N°916.

- ✚ **Schweitzer P., 2003.** Sur les sentiers des miels de France. L'analyse physico-chimique des miels. *Abeille de France*. N°891.

- ✚ **Singleton V.L., Rossi Junior J.A., 1965.** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.

- ✚ **Stagos N., Soulitsiotis D., Tsadila C., Papaeconomou S., Arvanitis C., Ntontos A., Karkanta F., Adamou-Androulaki S., Petrotos K., Spandidos D.A., Kouretas D., Mossialos D., 2018.** Antibacterial and antioxidant activity of different types of honey derived from mount Olympus in Greece. *International Journal of Molecular Medicine*, 42: 726-734.

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

- ✚ **Syarida H.S., Tompkins G.R., Duncan W.J., 2017.** Periodontal application of Manuka honey: Antimicrobial and demineralising effects in vitro. *International Journal of Dentistry*, Article ID 9874535,8 pages.
<https://doi.org/10.1155/2017/9874535>.

- T-

- ✚ **Terrab A., Recamales F., Hernanz D., Heredia F.J., 2004.** Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry*, 88:537-542.
- ✚ **Tomczak C., 2010.** Utilisation du miel dans le traitement des plaies. Thèse de doctorat, école nationale vétérinaire, Université Lyon, 185 p.
- ✚ **Tornuk F., Karaman S., Ozturk I., Toker O.S., Tastemur B., Sagdic O., Dogan M., 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.

- U-

- ✚ **Uršulin-Trstenjak N., Puntari D., Levan D., Gvozdi V., Pavlek C., Puntari A., Puntari E., Puntari I., Vidosavljevi D., Lasi D., Vidosavljevi M., 2017.** Pollen, physicochemical, and mineral analysis of Croatian *Acacia* honey samples: applicability for identification of botanical and geographical origin. *Journal of Food Quality*. Article ID 8538693, 11 pages. <https://doi.org/10.1155/2017/8538693>.

- V-

- ✚ **Vorwohl G., 1964.** Messung der elektrischenleitfähigkeit des honigs und der verwendung der messwertezursortendiagnose und zumnachweis von verfälschungenmit. *Zeitschr. Bienenforsch.*, pp. 34-47.

- W-

- ✚ **Weston R.J., 2000.** The contribution of catalase and other natural products to the antibacterial activity of honey. *Food Chemistry*, 71: 235-239.
- ✚ **White J.W., 1978.** Honey. *Advances in food research*, 24:287-374.
- ✚ **Wilczynska A., 2014.** Effect of filtration on color, antioxidant activity and total phenolics of honey, LWT. *Food Science and Technologie*, 57: 767-774.
- ✚ **Wilczynska A., Newerli-Guz J., Szweda P., 2017.** Influence of the addition of selected spices on sensory quality and biological activity of honey. *Journal of Food Quality*. Article ID 6963904, 7 pages. <https://doi.org/10.1155/2017/6963904>.

- Z-

- ✚ **Zaidi H., Ouchemoukh S., Ouchemoukh N., Debbache N., Pacheco R., Serralheiro M.L., Eduarda Araujo M., 2019.** Biological properties of phenolic compound extracts in selected Algerian honeys. The inhibition of acetyl cholinesterase and α -glucosidase activities. *European Journal of Integrative Medicine*, 25 : 77–84.

Annexes

Annexe I : Table de CHATAWAY, (1935).

Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau (%)	Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau (%)	Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau (%)
1,5044	13	1,494	17	1,484	21
1,5038	13,2	1,4935	17,2	1,4835	21,2
1,5033	13,4	1,493	17,4	1,483	21,4
1,5028	13,6	1,4925	17,6	1,4825	21,6
1,5023	13,8	1,492	17,8	1,482	21,8
1,5018	14	1,4915	18	1,4815	22
1,5012	14,2	1,491	18,2	1,481	22,2
1,5007	14,4	1,4905	18,4	1,4805	22,4
1,5002	14,6	1,49	18,6	1,48	22,6
1,4997	14,8	1,4895	18,8	1,4795	22,8
1,4992	15	1,489	19	1,479	23
1,4987	15,2	1,4885	19,2	1,4785	23,2
1,4982	15,4	1,488	19,4	1,478	23,4
1,4976	15,6	1,4875	19,6	1,4775	23,6
1,4971	15,8	1,487	19,8	1,477	23,8
1,4966	16	1,4865	20	1,4765	24
1,4961	16,2	1,486	20,2	1,476	24,2
1,4956	16,4	1,4855	20,4	1,4755	24,4
1,4951	16,6	1,485	20,6	1,475	24,6
1,4946	16,8	1,4845	20,8	1,4745	24,8
				1,474	25,5

Annexe II: Résultats des analyses physico-chimiques

Echantillons Paramètre	1	2	3
Teneur en eau (%)	13	17,8	14,6
Conductivité électrique (mS/cm)	0,51	0,29	0,31
Cendres (%)	0,2	0,04	0,17
pH	6,11	3,86	4,87
Acidité libre (még/kg)	7	6	9
Acidité combinée (még/kg)	4	4	2
Acidité totale (még/kg)	11	10	11
HMF (mg/kg)	3,7	15,15	19,29
Teneur en polyphénols (mg EAG/100 g)	53,11	35,08	55,50
Teneur en flavonoïdes (mg EQ/100 g)	4,92	1,70	6,83

Annexe III : Les valeurs de CE50 des miels analysés et des standards (Acide gallique et Vitamine C)

Echantillons	E1	E2	E3	Vitamine C	Acide gallique
CE 50 (mg/ml)	264.31±25,6	429.5±0,21	176.93±4,65	0.57±1.5	0.11±0.16

Annexe IV : Les valeurs de CMI des miels étudiés vis-à-vis des *Escherichia coli*.

Echantillon 1



Témoin (+)



10%



CMI=11%

Echantillon 2



Témoin (+)



16%



CMI=17%

Echantillon 3



Témoin (+)



5%



CMI=6%

Annexe IV : Les valeurs de CMI des miels étudiés vis-à-vis des *Staphylococcus aureus*.

Echantillon 1



Témoin (+)



4%



CMI=5%

Echantillon 2



Témoin (+)



8%



CMI=9%

Echantillon 3



Témoin (+)



3%



CMI=4%

Annexe IV : Les valeurs de CMI des miels étudiés vis-à-vis des *Pseudomonas aeruginosa*.

Echantillon 1



Témoin (+)



10%



CMI=11%

Echantillon 2



Témoin (+)



15%



CMI=16%

Echantillon 3



Témoin (+)



5%



CMI=6%

Annexe IV : Les valeurs de CMI des miels étudiés vis-à-vis des *Candida albicans*.

Echantillon 1



Témoïn (+)



39%



CMI=40%

Echantillon 2



Témoïn (+)



44%



CMI=45%

Echantillon 3



Témoïn (+)



34%



CMI=35%

Annexe V : Composition du milieu de culture

Gélose de Muller Hinton

Infusion de viande de bœuf	2 g/L
Amidon.....	1,5 g/L
Hydrolysate de caséine.....	17,5 g/L
Agar.....	17 g/L

Gélose de sabouraud

Peptone	10g
Glucose	20g
Agar-agar	15g

Annexe VI : Courbes d'étalonnage

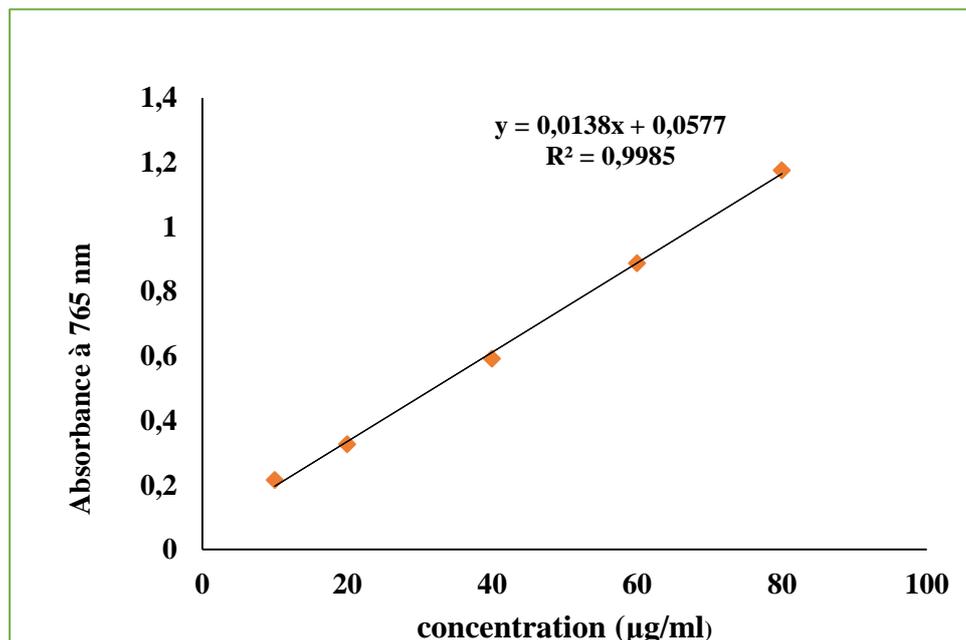


Figure 01 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

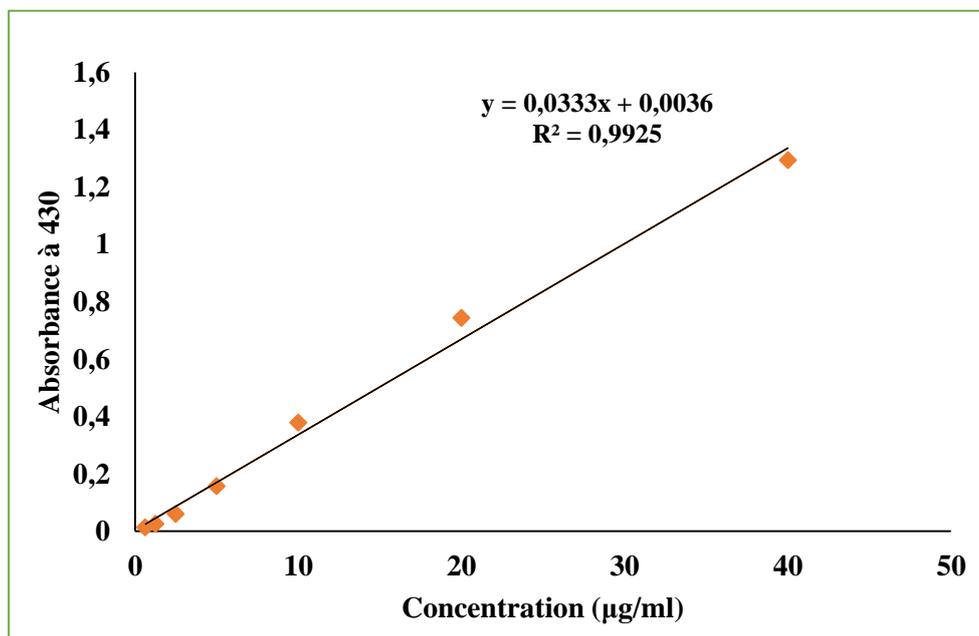


Figure 02 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.

Annexe VII : Pouvoir réducteur.

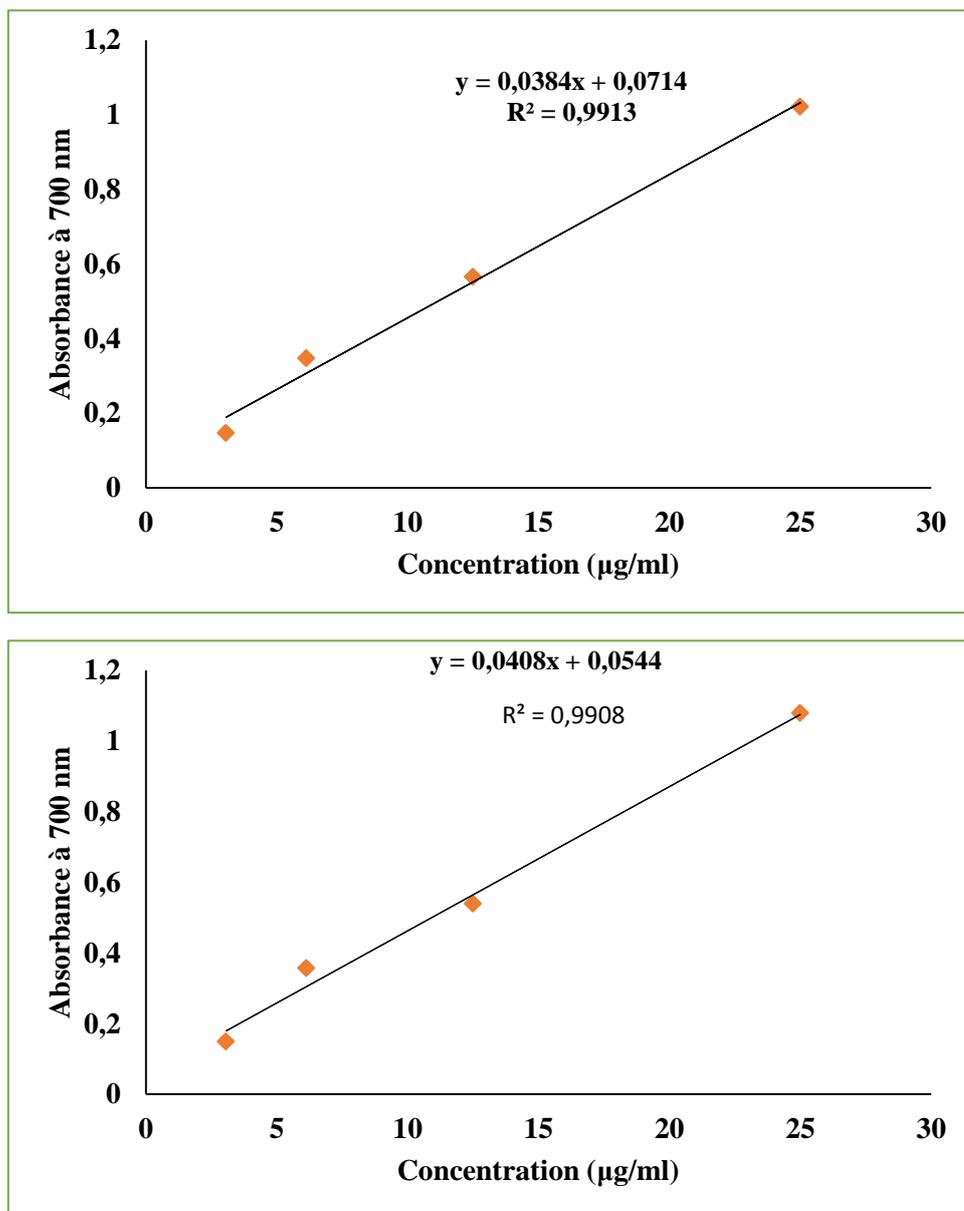


Figure 01 : Pouvoir réducteur de l'acide gallique.

Annexe VII : suite 1

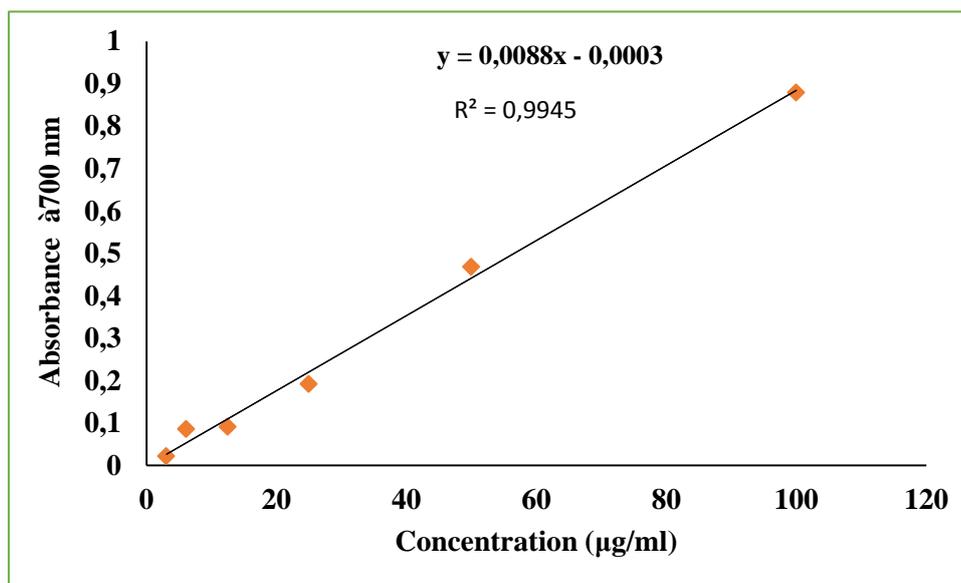
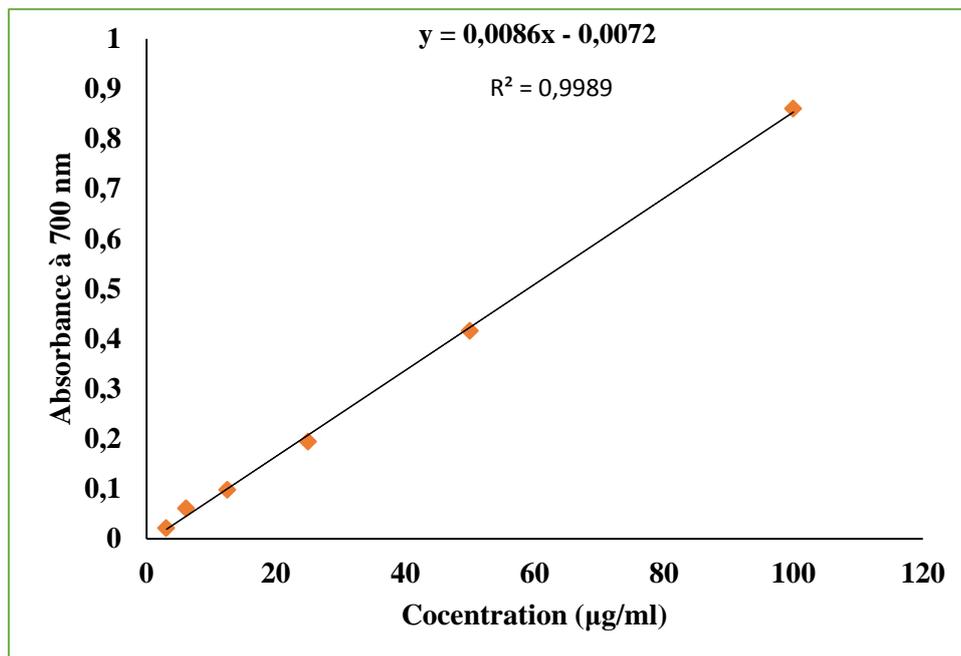


Figure 02 : Pouvoir réducteur de la vitamine C.

Annexe VII : Suite 2

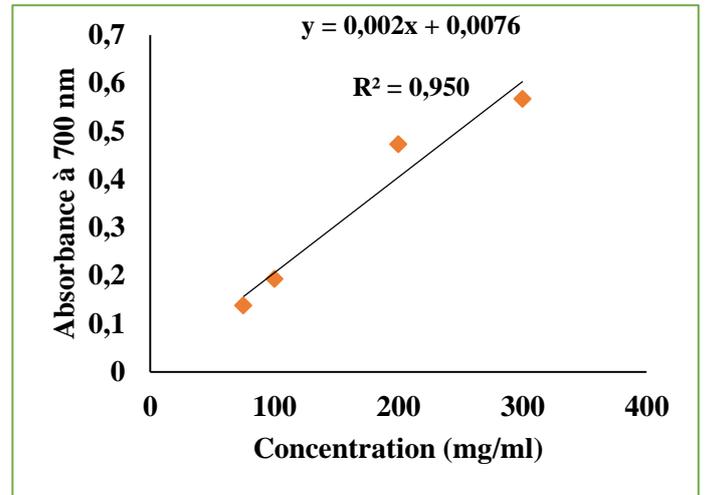
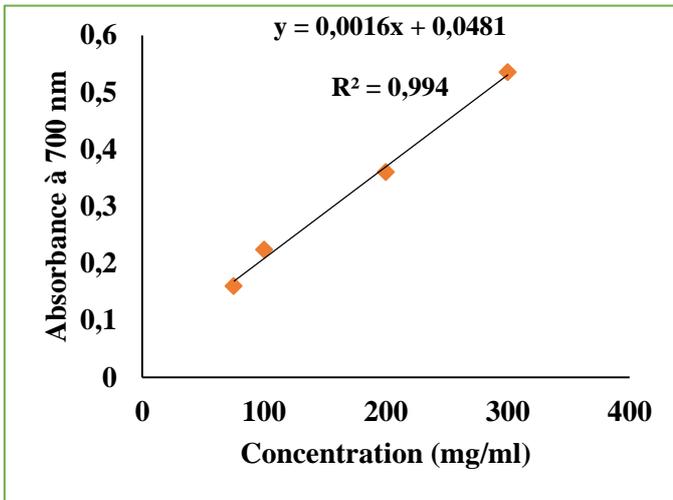


Figure 03 : Pouvoir réducteur de l'échantillon E1

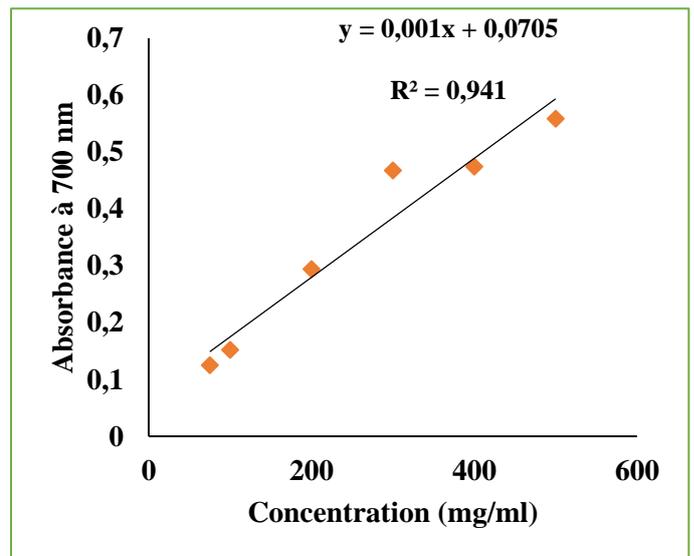
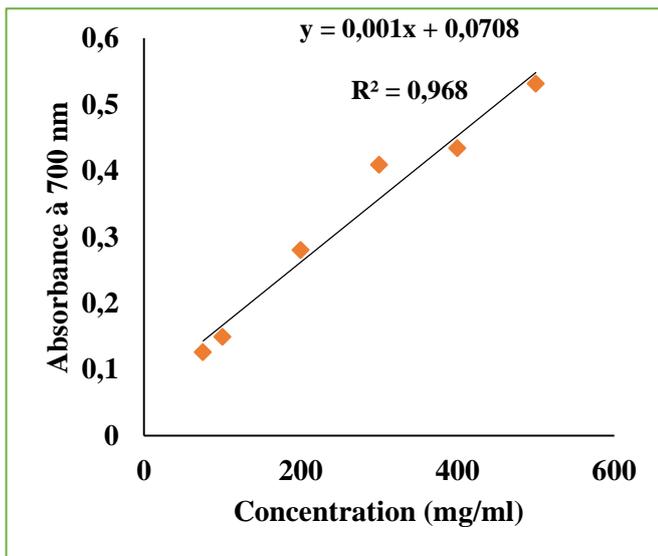


Figure 04 : Pouvoir réducteur de l'échantillon E2.

Annexe VII : Suite 3

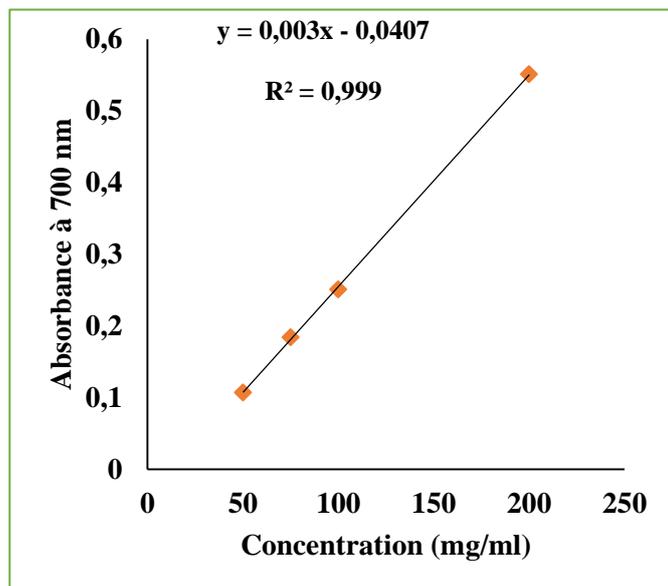
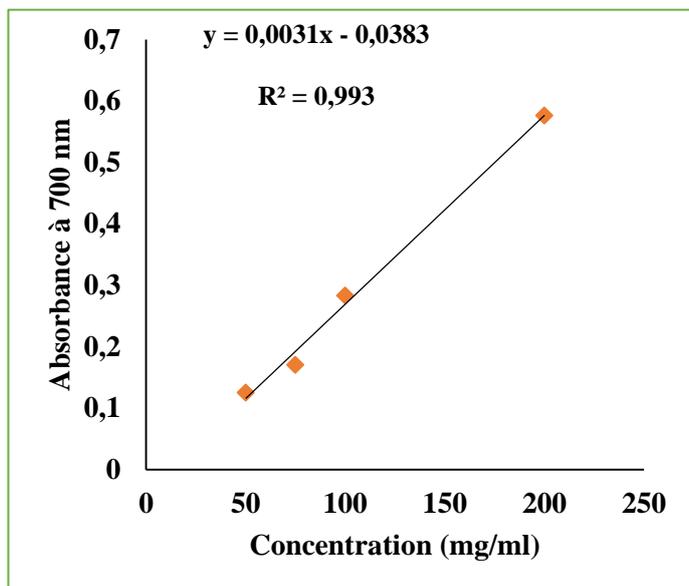


Figure 05 : Pouvoir réducteur de l'échantillon E3.

Résumé

Le miel est une substance organique ayant une composition chimique variable et des propriétés diverses. Notre étude a pour but d'évaluer la qualité de quelques variétés de miel algérien par analyses physicochimiques (teneur en eau, conductivité électrique, cendres, HMF, pH, acidité, composés phénoliques et flavonoïdes), étude de l'activité antimicrobienne vis-à-vis d'*E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* et *C. albicans* ainsi que antioxydante (FRAP). Les analyses physicochimiques effectuées sur les 3 échantillons de miel, révèlent qu'ils sont conformes aux normes internationales. La concentration moyenne des phénols totaux et des flavonoïdes des miels testés est de 47,98 et 6,72 mg/100 g respectivement. Ces résultats témoignent que ces échantillons sont de bonnes qualités. Toutes les variétés des miels étudiées possèdent un effet antioxydant et une activité antimicrobienne contre toutes les souches testées.

Mots clés : Miels algériens, Analyses physicochimiques, Activité antimicrobienne, Activité antioxydante.

ملخص

العسل مادة عضوية ذات تركيب كيميائي متغير وخصائص متنوعة. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم جودة بعض أصناف العسل الجزائري من خلال التحليلات الفيزيوكيميائية (محتوى الماء، الناقلية الكهربائية، الأملاح المعدنية، HMF، درجة الحموضة، الحموضة، المركبات الفينولية والفلافونيدات)، دراسة فعالية هذه الأصناف ضد الميكروبات (*E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* و *C. albicans*) وكذلك فعاليتها ضد الأكسدة (FRAP). نتائج التحليلات الفيزيوكيميائية التي أجريت على عينات العسل الثلاثة تبين أنها تتطابق مع المعايير الدولية. متوسط تركيز المواد الفينولية والفلافونويدات في العسل المختبرة هو 47,98 و 6,72 مغ/100 غرام على التوالي. وتشير هذه النتائج إلى أن هذه العينات هي ذات نوعية جيدة. جميع أنواع العسل المدروسة ثبت أن لها نشاط ضد الأكسدة وكذلك ضد للميكروبات.

الكلمات المفتاحية : عسل جزائري، التحاليل الفيزيوكيميائية، النشاط المضاد للميكروبات، النشاط المضاد للأكسدة.

Abstract

Honey is an organic substance with a variable chemical composition and diverse properties. The aim of this study is to evaluate the quality of some Algerian honey varieties by physicochemical analyzes (water content, electrical conductivity, ashes, HMF, pH, acidity, phenolic compounds and flavonoids), evaluation of antimicrobial activity against *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* and *C. albicans* and antioxidant effect (FRAP). The result of physicochemical analyzes carried out on the 3 honey samples, revealed that they comply with international standards. The average concentration of total phenols and flavonoids of the honeys tested is 47,98 and 6,72 mg/100 g respectively. These results showed that these samples are good qualities. All varieties of studied honeys have an antioxidant and an antimicrobial activity against all tested strains.

Key words: Algerian honey, physicochemical analysis, antimicrobial activity, antioxidant activity.