

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE-MICROBIOLOGIE



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Thème

**Étude comparative des caractéristiques physico-chimiques
et pouvoirs antioxydant et antimicrobien des miels algériens
de régions diverses**

Présenté par :

M^{lle} CHOUGAR Thinhinane & M^{lle} KEBDI Taous

Devant le jury :

Présidente : M^{me} HELLAL Z.

MAA à l'UMMTO

Promoteur : M^f OUELHADJ A.

MCA à l'UMMTO

Co-promotrice : M^{elle} NAKIB R.

Doctorante à l'UMMTO

Examineur : M^f HARGAS H.

MAA à l'UMMTO

Année universitaire : 2017-2018

REMERCIEMENT

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

*Nous exprimons nos vifs remerciements à notre Promoteur **Mr OUELHADJ A.** qui a bien voulu encadrer ce travail mais surtout pour la confiance qu'il nous a témoigné. Nous ne saurâmes le remercier assez pour sa collaboration, sa disponibilité, son écoute et pour nous avoir donnés les moyens et l'assistance nécessaire à la réalisation de notre travail. Qu'il soit assuré de notre respectueuse considération.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à notre Co-promotrice **Mlle NAKIB.R** pour sa simplicité, sa collaboration, sa disponibilité, son aide et ses conseils précieux. Nous vous prions de trouver ici l'expression de notre très haute considération.
Merci infiniment*

*Nous tenons à remercier **Mme HELLA Z.** pour l'honneur qu'elle nous a fait d'avoir accepté la présidence du jury et d'évaluer ce travail.*

*Nous adressons nos remerciements à l'égard de **Mr HARGAS H.** qui nous a fait l'honneur d'examiner ce travail.*

Nous tenons à remercier les ingénieurs et techniciens des laboratoires de microbiologie, de physicochimie et de pédologie de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques pour leur aide, leurs précieux conseils, leur gentillesse et leur disponibilité.

Nos hommages vont à tous nos Enseignants du Département de Biochimie-Microbiologie pour avoir fortement contribué à enrichir nos connaissances.

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

Dédicaces

Je dédie le fruit de ce modeste travail comme un geste de gratitude à :

Mes très chers parents, qui m'ont soutenu, encouragé pour que je puisse mener à bien mes études, et qui attendent ce jour avec patience.

Mes sœurs et mes frères

Mon binôme : Taous

Mes enseignants et à toute la promotion de Microbiologie Appliquée (2017-2018).

A tous mes ami(es)

A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail

Thiniane

DÉDICACES

À la mémoire de mes **grands-parents paternels**
Que dieu vous accueille dans son vaste paradis
À ceux qui m'ont comblé d'affection et d'amour,
À ceux qui n'ont jamais cessé de se sacrifier pour mon avenir,
À ceux pour qui je dois mon bonheur et mes joies,
A mes très chers parents.

Que dieu vous protège et garde pour moi
A mes deux frères adorés **Zohir** et **Ahmed**, qui m'ont toujours
Soutenu, encouragé et poussé à donner le meilleur de moi-même.

À mes belles sœurs **Lila** et **Fahima**

À mes **grands-parents maternels**

Que dieu les protège

À mes **tantes maternelles** et **cousines**, particulièrement : **Lydia**

À mes meilleurs (e)s ami (e)s qui m'ont appuyé chacun à sa
manière : **Jedjiga, Dihya, Nassima, Célia, Sonia, Meziane et Sadek**

A toi **Thinhinane** ainsi que toute ta famille,

À toute la promotion **Microbiologie Appliquée**

2017-2018, à qui je souhaite bonheur et réussite.

Enfin, à tous ceux dont le nom m'échappe à cet instant.

TAOUS

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Listes des figures

Introduction 1

Chapitre I : Généralités sur le miel

I.1. Définition du miel 3

I.2. Origine sécrétoire des miels 3

 I.2.1. Nectar 3

 I.2.2. Miellat 3

I.3. Types de miel 4

 I.3.1 Miels monofloraux 4

 I.3.2. Miels polyfloraux 5

I.4. Composition chimique du miel 5

 I.4.1. Eau 5

 I.4.2. Glucides 5

 I.4.3. Protéines et acides aminés 6

 I.4.4. Acides organiques 6

 I.4.5. Hydroxyméthylfurfural (HMF) 7

 I.4.6. Sels minéraux (cendres) 7

 I.4.7. Lipides 7

 I.4.8. Vitamines 8

 I.4.9. Composés volatils 8

 I.4.10. Composés phénoliques 8

 I.4.11. Autres substances 8

I.5. Propriétés physico-chimiques du miel 9

 I.5.1. Densité 9

 I.5.2. Viscosité 9

 I.5.3. Couleur 9

 I.5.4. Cristallisation 10

 I.5.5. Potentiel d'hydrogène (pH) 10

I.5.6. Acidité libre	10
I.5.7. Teneur en cendres	11
I.5.8. Conductivité électrique	11
I.5.9. Activité de l'eau	11
I.5.10. Indice de réfraction	11
I.5.11. Teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF)	12
I.5.12. Pouvoir rotatoire	12
I.5.13. Activité diastasique	12
I.5.14. Activité de l'invertase (saccharase)	12
I.6. Miel en Algérie	13

Chapitre II : Activités biologiques des miels

II.1. Propriétés nutritionnelles	14
II.2. Propriétés thérapeutiques.....	15
II.2.1. Pouvoir cicatrisant de miel	15
II.2.2. Propriétés anti-inflammatoires.....	16
II.2.3. Propriétés antimutagènes et anti-tumorales	16
II.3. Activité antimicrobiennes	16
II.3.1. Activité antibactérienne	17
II.3.2. Activité antifongique, antivirale et antiparasitaire.....	19
II.4. Activité antioxydante.....	19
II.4.1. Polyphénols	20

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Analyses physico-chimiques	25
III.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)	25
III.1.2. Acidité libre	26
III.1.3. Conductivité électrique	28
III.1.4. Teneur en cendres.....	29
III.1.5. Densité.....	29
III.1.6. Teneur en eau	31
III.1.7. Indice de Brix	31

III.1.8. Hydroxymethylfurfural (HMF)	32
III.2. Dosage des composés phénoliques du miel	34
III.2.1. Dosage des polyphénols totaux	34
III.2.2. Dosage des flavonoïdes	35
III.3. Détermination de l'activité antioxydante (Test DPPH)	36
III.4. Évaluation de l'activité antimicrobienne.....	39
III.4.1. Méthode de diffusion à travers des disques de papier wattman	41
III.4.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice sur milieu solide	42

Chapitre IV : Résultats et discussion

I. Caractéristiques physico-chimiques.....	44
I.1. Potentiel d'hydrogène (pH).....	44
I.2. Acidité libre	45
I.3. Conductivité électrique	47
I.4. Teneur en cendres	48
I.5. Teneur en eau	49
I.6. Matière sèche (Degré de Brix).....	51
I.7. Densité	52
I.8. Teneur en HMF (hydroxy-methyl-furfural).....	53
II. Dosage des composés phénoliques du miel.....	54
II.1. Dosage des polyphénols totaux	54
II.2. Dosage des flavonoïdes	56
III. Détermination de l'activité antioxydante par le radical DPPH	57
IV. Évaluation de l'activité antimicrobienne	58
IV.1. Souches bactériennes.....	60
IV.1.1. <i>Escherichia coli</i>	60
IV.1.2. <i>Klebsiella pneumoniae</i>	62
IV.1.3. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	63
IV.1.4. <i>Staphylococcus aureus</i>	64
IV.2. Souche fongique.....	65
IV.2.1. <i>Candida albicans</i>	65
Conclusion et perspectives	70
Références bibliographiques	72

Annexes

Liste des figures

Figure 1: (A) : Abeille butineuse sur une fleur ;(B) : Abeille récoltant du miellat	4
Figure 2 : Palette des couleurs de différents miels.....	10
Figure 3 : Principales catégories des polyphénols.....	21
Figure 4 : Structure de base des Flavonoïdes.....	22
Figure 5 : Photographie des échantillons de miel analysés.	24
Figure 6 : Différentes analyses effectuées sur les échantillons de miel.....	25
Figure 7 : Protocole de mesure du pH des miels.....	26
Figure 8: Schéma synthétique du titrage par pH-métrie de l'acidité libre du miel	27
Figure 9: Protocole de mesure de l'acidité libre	28
Figure 10 : Protocole de mesure de la conductivité électrique.....	29
Figure 11: Protocole de mesure de la densité.....	30
Figure 12 : Protocole de mesure de la teneur en eau et de l'indice de Brix.....	32
Figure 13 : Protocole de dosage des HMF	33
Figure 14: Protocole de dosage des polyphénols totaux	35
Figure 15: Protocole de dosage des flavonoïdes	37
Figure 16: Protocole de l'activité antioxydante	38
Figure 17 : Schéma récapitulatif de l'évaluation de l'activité antimicrobienne.	43
Figure 18: Valeurs (moyenne±écart-type) de pH des miels analysés.....	44
Figure 19: Valeurs de l'acidité libre des échantillons étudiés.....	46
Figure 20: Valeurs (moyenne ± écart-type) de la conductivité électrique des miels étudiés	47
Figure 21: Valeurs (moyenne ± écart-type) de la teneur en cendres des miels étudiés.....	49
Figure 22 : Valeurs (moyenne±écart-type) de la teneur en eau des miels étudiés.....	50
Figure 23: Valeurs (moyenne±écart-type) de l'indice de Brix des miels étudiés.....	51

Figure 24: Valeurs de la densité des miels étudiés.	52
Figure 25: Valeurs des HMF des miels étudiés	53
Figure 26 : Teneur en polyphénols totaux des échantillons de miel étudiés.....	55
Figure 27: Teneur en flavonoïdes des échantillons de miel étudiés.....	56
Figure 28 : Valeurs de l'activité antioxydante des miels étudiés.....	57
Figure 29 : Effet antibactérien des miels sur <i>Escherichia coli</i>	60
Figure 30 : Effet antibactérien des miels sur <i>Klebsiella pneumoniae</i>	62
Figure 31: Effet antibactérien des miels sur <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	63
Figure 32: Effet antibactérien des miels sur <i>Staphylococcus aureus</i>	64
Figure 33: Effet antifongique des miels sur <i>Candida albicans</i>	65

Liste des tableaux

Tableau I : Composition moyenne en sucres du miel.....	6
Tableau II : Échantillons de miel analysés	23
Tableau III : Souches pathogènes testées vis-à-vis des échantillons de miel	39
Tableau IV : Antibiotiques utilisés dans l'antibiogramme	40
Tableau V : Préparation des dilutions de miel.....	41
Tableau VI : Diamètre des zones d'inhibition des différentes souches testées	59
Tableau VII : Concentrations minimales inhibitrices des miels testés sur les souches microbiennes	68

Liste des abréviations

Abs : Absorbance

ATB : Antibiotique

CE : Conductivité électrique

CLSI : Clinical Laboratory Standard Institute

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

DPPH : 2,2-diphényl -1- picrylhydrazyl

EAG : Equivalent d'Acide Gallique

EPS : Eau physiologique stérile

EQ : Equivalent Quercétine

EUCAST : European Committee on Antimicrobial susceptibility testing

HMF: HydroxyMéthylFurfural

H₂O₂ : peroxyde d'hydrogène

IG : Index Glycémique

IR : Indice de réfraction

Meq : Milliéquivalent

MGO : Méthylglyoxal

mS/ cm : Millisiemens par centimètre

NCCLS: National Committee for Clinical Laboratory Standards

pH : Potentiel d'hydrogène

UFC : unité formant colonie

INTRODUCTION

Issu de l'interaction du monde animal avec le monde végétal, le miel est connu depuis la nuit des temps comme produit alimentaire. Il est également connu comme ayant des propriétés médicinales (Guillon, 1996).

Aujourd'hui, une nouvelle thérapie alternative est apparue, basée sur le miel et d'autres produits des abeilles : l'apithérapie.

Ce produit naturel est utilisé pour le traitement des brûlures, des troubles gastro-intestinaux, des infections et blessures chroniques, ulcères de la peau, cataractes et autres maladies oculaires (Ghashm *et al.*, 2010; Nasir *et al.*, 2010; Wen *et al.*, 2012).

Le miel est de plus en plus apprécié en raison de ses multiples propriétés bénéfiques pour l'organisme. Il est connu pour ses propriétés inhibitrices et thérapeutiques pour lutter contre les agents pathogènes multi-résistants ; son pouvoir antioxydant qui prévient les pathologies induites par le stress oxydatif et sa valeur nutritionnelle (Burlando *et al.*, 2013; Ashok *et al.*, 2016).

La qualité du miel est principalement déterminée par ses caractéristiques sensorielles, physico-chimiques et microbiologiques. Les principaux critères d'intérêt relatifs à la qualité physico-chimique du miel sont bien définis par la Communauté Européenne (2002) et le Codex Alimentaire (2001) (Saxena *et al.*, 2010).

Au cours du temps, Le miel subit un certain nombre de modifications aboutissant à la perte de ses qualités essentielles (Amri *et al.*, 2007). Ceci est dû principalement aux conditions de stockage inadéquates et à la composition du miel.

En Algérie, l'apiculture est prédominante dans plusieurs régions du pays, connues par la production de diverses variétés de miel d'une région à l'autre. Certaines contraintes liées à la commercialisation, à l'exportation, à la formation ainsi qu'à l'absence de laboratoires d'analyses spécialisés affrontent la production du miel. Il est donc nécessaire de valoriser ce précieux cadeau offert par la nature.

C'est dans ce contexte que notre travail s'intéresse à déterminer certaines caractéristiques physico-chimiques ; évaluer le pouvoir antioxydant, le contenu phytochimique et l'effet antimicrobien de dix échantillons de miel récoltés dans différentes régions de l'Algérie.

Pour cela trois parties seront développées dans la présente étude :

- La première est une partie théorique qui vise à présenter des généralités sur le miel ainsi que ces propriétés biologiques ;

INTRODUCTION

- La deuxième partie est consacrée pour la présentation du matériel d'étude et les méthodes analytiques utilisées pour les dosages biochimiques ainsi que la détermination du pouvoir antioxydant et antimicrobien ;
- La troisième partie présentera les résultats obtenus et leur discussion.

L'abeille, insecte sociale fascinant de l'ordre des hyménoptères, est née au Crétacé il y a plus de cent millions d'années. L'espèce *Apis mellifera* est la plus intéressante en apiculture. Elle est capable d'élaborer des produits extrêmement complexes (Azeredo *et al.*, 2003).

Le miel est la substance naturelle qui a accompagnée l'homme depuis la plus haute antiquité. Ce produit noble est élaboré par les abeilles à partir du nectar de plantes aussi bien que du miellat (Azeredo *et al.*, 2003; Yaiche et Khali, 2014).

I.1. Définition du miel

Le miel est la substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce "*Apis mellifera*", généralement à partir du nectar de plantes, ou des sécrétions provenant de parties vivantes des plantes, ou des excréments laissés sur celles-ci par des insectes suceurs, qu'elles butinent, transforment, en les combinant avec des matières spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. (Codex Alimentarius, 2001).

I.2. Origine sécrétoire des miels

Selon Ancheling (2005), le miel est élaboré par les abeilles à partir des sucres produits par des végétaux, soit sous forme de nectar, soit sous forme de miellat. Il existe donc deux grandes variétés de miel, distinguées en fonction de leur origine sécrétoire : Le miel issu de substances végétales (*nectar*) et le miel provenant de substances animales (*miellat*) (Schivre, 2006).

I.2.1. Nectar

Le nectar est un liquide sucré, qui se produit à la surface des petites glandes végétales nommées nectaires (Biri, 1976; Ouchemoukh, 2012). Il est composé de trois sucres principaux (saccharose, glucose et fructose). Les proportions de ces trois sucres varient suivant l'origine florale ce qui influe sur la qualité du miel. En outre les sucres, il en existe d'autres constituants tels que les acides aminés, les protéines (albumines, enzymes...), les acides organiques, les acides inorganiques (sels minéraux et ions), vitamines (acide ascorbique), substances aromatiques et des alcaloïdes (Bonté *et al.*, 2013).

I.2.2 Miellat

Le miellat est un liquide sucré, épais et visqueux, qui diffère du nectar par sa composition. Il est obtenu à partir d'excréments d'insectes suceurs de sève (pucerons,

cochenilles...) qui absorbent la sève des plantes et rejettent les matières sucrées sous forme de gouttelettes, que les abeilles récupèrent sur les feuilles des plantes (Lequet, 2010), ou à partir des sécrétions de plantes (comme le sapin) (Rossant, 2011 ; Koechler, 2015).

Les miels de miellat sont caractérisés généralement par une forte saveur, une couleur très foncée et une cristallisation très lente. Ils sont très riches en sels minéraux, acides organiques, sucres complexes et renferment près de 70 % de substances azotés et de dextrines (Bonté et Desmoulière, 2013).

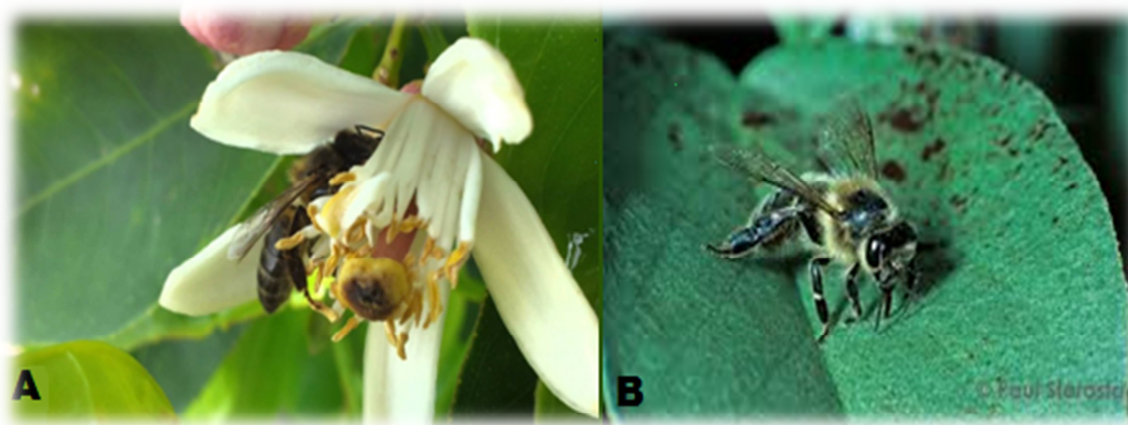


Figure 1:(A) : Abeille butineuse sur une fleur ; (B) : Abeille récoltant du miellat (Nicolay, 2014)

I.3. Types du miel

Chaque miel est unique et ses vertus nutritionnelles varient d'un type de miel à l'autre en fonction des fleurs dont il est issu. Donc d'après leur origine florale, les miels peuvent être divisés en deux groupes :

I.3.1. Miels monofloraux

Les miels dits monofloraux sont élaborés à partir de nectars ou miellats majoritairement issus d'une espèce végétale (miel de romarin, d'oranger, de lavande...), et cela nécessite d'installer les ruches à proximité de la plante recherchée. De tels miels sont exceptionnels, car il est rare que l'abeille ne butine qu'une seule espèce mellifère. Donc les miels monofloraux naturels proviennent d'une plante déterminé mais non à 100% (Bonté *et al.*, 2013 ; Avisse 2014).

I.3.2. Miels polyfloraux

Ces miels sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant de plusieurs espèces végétales. Si les miels polyfloraux ne revêtent pas d'appellation florale spécifique, leur appellation signale en revanche leur origine géographique, autrement dit leur aire de production territoriale (région, massif, pays...), souvent classés suivant les lieux de récolte (miel de montagne, de forêt, de ville, etc.), ou encore suivant les saisons (miel de printemps ou d'été) (Bonté *et al.*, 2013 ; Avisse, 2014).

I.4. Composition chimique du miel

Le miel est une substance complexe qui, d'un point de vue biochimique, présente une composition fluctuante suivant la saison, la météorologie, l'origine végétale et géographique, le lieu de collecte, les races d'abeilles, ...etc. (Guerriat, 2000 ; Makhloufi, 2010). En moyenne on y trouve :

1.4.1. Eau

Sa teneur oscille entre 14 et 25 %, l'idéal se situant autour de 17-18 %. Le législateur a fixé à 20% la limite maximale d'humidité pour la majorité des miels. Un excès d'eau augmente le risque de fermentation (Avisse, 2014).

1.4.2. Glucides

Les glucides du miel forment à eux seuls 95 à 99 % de la matière sèche (Da Silva *et al.*, 2016).

Les monosaccharides représentent environ 75% des sucres du miel, avec 10-15% de disaccharides (maltose, saccharose) et de petites quantités de trisaccharides (maltotriose et mélézitose). Ces composés sont responsables de la viscosité, de l'hygroscopie, de la granulation et de l'énergie fournie par le miel (Meda *et al.*, 2005 ; Da Silva *et al.*, 2016).

Les sucres les plus abondants sont le fructose (38,5%) et le glucose (31%). Ces deux derniers proviennent en grande partie de l'action de l'invertase sur le saccharose (Kamal et Klein, 2011). La concentration du fructose et du glucose, ainsi que le rapport entre eux, sont des indicateurs utiles pour la classification des miels monofloraux (Kaskoniene *et al.*, 2010).

Tableau I : Composition moyenne en sucres du miel (Avisse, 2014).

Sucres	Pourcentage(%)
Fructose	38,5
Glucose	31,28
Saccharose	1,9
Maltose	7,31
Divers sucres	1,5

I.4.3. Protéines et acides aminés

Les miels convenablement récoltés sont pauvres en substances azotées (moins de 1%), constituées de protéines et d'acides aminés libres d'origine animale et végétale (Schivre, 2006). Les matières azotées peuvent provenir du nectar et/ou du miellat, du pollen ou des sécrétions des abeilles butineuses (Escuredo *et al.*, 2013). Une petite fraction des protéines du miel sont des enzymes qui proviennent soit de la plante soit s'ajoutant par l'abeille lors du processus de la maturation du miel (Küçük *et al.*, 2007; Bonté et Désomoulière, 2013).

La proline est l'acide aminé le plus abondant et représente un total de 50 à 85% (Iglesias *et al.*, 2006; Truzzi *et al.*, 2014). Elle résulte des sécrétions salivaires de l'abeille pendant la conversion du nectar en miel (Khalil *et al.*, 2012; Moniruzzaman *et al.*, 2013). Une valeur minimale de 180 mg/ kg de proline est acceptée comme valeur limite pour le miel pur (Hermosín *et al.*, 2003; Manzanares *et al.*, 2014).

En outre, le miel contient aussi d'autres acides aminés: alanine, histidine, glycine et méthionine (Bonté et Désomoulière, 2013).

I.4.4. Acides organiques

Le faible pourcentage d'acides organiques (0,57 %) dans le miel lui confère une légère acidité (Karabagias *et al.*, 2014). Ils sont libres ou combinés sous forme de lactones, provenant du nectar des fleurs et/ou des miellats et des transformations que leur a fait subir l'abeille. Ils sont présents dans le miel en tant qu'acides: acide aspartique, butyrique, citrique, acétique... (Irlande, 2010).

L'acide prédominant dans le miel est l'acide gluconique, qui provient de la glucose oxydase, que les abeilles fournissent pendant la maturation (Karabagias *et al.*, 2014).

En outre, les acides organiques sont liés à la couleur et la saveur du miel et ses propriétés chimiques tels que l'acidité, le pH et la conductivité électrique (Mato *et al.*, 2006 ; Da Silva *et al.*, 2016).

I.4.5. Hydroxymethylfurfural (HMF)

L'HMF (5-Hydroxyméthyl-2-furfural) est un aldéhyde cyclique formé par déshydratation du fructose et du glucose en milieu acide et à température élevée (Gidamis *et al.*, 2004 ; Burdurlu *et al.*, 2006) ou par la réaction de Maillard, quand le miel est chauffé ou stocké pendant longtemps (Moreira *et al.*, 2010 ; da Silva *et al.*, 2016). D'un point de vue légal (Décret n°2003-587 du 30 juin 2003) :

- Le seuil maximal de L'HMF est de 40 mg/kg à l'exception du miel destiné à l'industrie ;
- Les miels et mélanges de miels provenant de régions ayant un climat tropical ne peuvent excéder 80 mg/kg.

I.4.6. Sels minéraux (cendres)

La teneur en minéraux dans le miel varie de 0,04% dans les miels légers à 0,2% dans les miels sombres (Alqarni *et al.*, 2012). Elle varie en fonction des plantes butinées par les abeilles ainsi que le type du sol sur lequel elles poussent (Rossant, 2011 ; Escuredo *et al.*, 2013) et peut indiquer l'origine botanique d'un miel spécifique (Alqarni *et al.*, 2012). Selon Yücel et Sultanoglu (2013), le potassium est l'élément le plus abondant, correspondant généralement à un tiers de la teneur totale en minéraux trouvés dans le miel. On en trouve également du sodium, calcium, magnésium, chlore, phosphore, soufre, silicium, fer, cuivre, zinc et du manganèse...

Bien qu'habituellement considéré comme un produit relativement « propre », le miel peut contenir des polluants présents en très faible quantité, comme le plomb et le cadmium (Rossant, 2011 ; Desmoulière, 2013).

I.4.7. Lipides

Le miel est pauvre en lipides: ceux qu'on y trouve sont probablement des microparticules de cire qui échappaient à la filtration. Majoritairement présents sous forme de stérols, triglycérides et acides gras libres (acides palmitiques, oléique et linoléique) (Avisse, 2014).

I.4.8. Vitamines

Le miel contient de petites quantités de vitamines : on trouve des vitamines du groupe B provenant des grains de pollen en suspension dans le miel, il s'agit de la thiamine (B1), la riboflavine (B2), l'acide nicotinique (B3), l'acide pantothénique (B5), pyridoxine (B6), la biotine (B8 ou H) et l'acide folique (B9). La vitamine C est également présente et a été évaluée principalement en raison de son effet antioxydant. Ces vitamines sont conservées en raison du faible pH du miel (Bonté et Desmoulière, 2013).

I.4.9. Composés volatils

Ils proviennent de l'huile essentielle des plantes butinées : des composés aromatiques volatiles tels que les alcools, cétones, acides, aldéhydes, quinones... ont été identifiés dans différents types de miel. Dotées de propriétés antibiotiques et médicinales, ces substances volatiles jouent également, un rôle non négligeable dans l'appréciation sensorielle des miels (Avisse, 2014). La saveur et l'arome des miels sont produits par des mélanges complexes de composés volatils, qui peuvent différer selon la composition du nectar, l'origine florale, les types d'acides présents et les conditions de stockage (Castro-Vázquez *et al.*, 2007 ; Cuevas-glory *et al.*, 2007 ; Bogdanov *et al.*, 2008).

I.4.10. Composés phénoliques

Ce sont des produits du métabolisme secondaire des plantes dont les principales sources sont les sécrétions végétales (Bravo, 1998 ; Ouchemoukh, 2016). Parmi les structures identifiées dans le miel: les acides phénoliques (acide benzoïque et cinnamique) et les flavonoïdes (flavones et flavonones) en proportions très variables qui constituent les classes les plus importantes des polyphénols (Jaganathan et Mandal, 2009).

Les composés phénoliques contribuent aux propriétés organoleptiques, telles que la couleur, le goût ou la saveur des miels. Ils ont également des activités antioxydantes, conjointement avec d'autres substances du miel (Gheldof *et al.*, 2002 ; Ouchemoukh, 2016).

I.4.11. Autres substances

Autres substances biologiques telles des métabolites d'oxyde nitrique (NO), des facteurs susceptibles d'activité hormonale, de la choline et l'acétylcholine qui jouent un rôle de neurotransmetteurs, des esters, des matières pigmentaires qui jouent un rôle important dans l'apparence et les propriétés des miels auxquels ils confèrent leur caractère

antioxydant, des grains de pollen et des particules atmosphériques (Duraffourd et Lapraz, 2002).

Un certain nombre de micro-organismes ont été également répertoriés dans le miel : des champignons, des levures et des bactéries à l'état de spores du genre *Bacillus*, ... (Avisse, 2014).

On y trouve aussi des facteurs antibiotiques naturels regroupés sous le nom générique d'inhibines qui sont de puissants bactériostatiques tel que le peroxyde d'hydrogène (Irlande, 2010).

I.5. Propriétés physico-chimiques du miel

L'étude des propriétés physico-chimiques participe à l'identification de l'origine florale du miel et détermine sa qualité et sa stabilité (Belhaj *et al.*, 2015). Parmi les principaux critères de qualité du miel soumis à l'analyse, on peut citer :

I.5.1. Densité (poids spécifique)

La densité dépend fortement de la teneur en eau, de la température et à un moindre degré de la composition chimique du miel (Gidamis *et al.*, 2004). En effet, plus le miel est riche en eau, moins il est dense. La densité varie approximativement entre 1,39 et 1,44 à 20°C (Bogdanov, 2004 ; Prost et Médori, 2005).

I.5.2. Viscosité

C'est la consistance du miel, elle joue un rôle prépondérant dans l'écoulement du miel, que ce soit lors de l'extraction, lors de la filtration, ou encore lors de la mise en pot (Rossant, 2011). La viscosité varie rapidement entre 15 et 40°C, si bien qu'un léger réchauffage suffit souvent à rendre le miel plus fluide et à faciliter les opérations de conditionnement. La teneur en eau influence aussi la viscosité du miel, il devient plus fluide lorsque la quantité d'eau augmente (Clémence, 2005).

I.5.3. Couleur

La couleur constitue un critère de classification notamment d'un point de vue commercial. Plus il est clair, moins il est riche en minéraux et inversement (Blanc, 2010).

La couleur du miel est un autre paramètre de qualité. Elle va du jaune très pâle (presque blanc) au brun très foncé (presque noir) en passant par le beige, le jaune, l'orange

et le marron , parfois verdâtre (miellat) ou grisâtre (tournesol) (Mouhoubi, 2007 ; Alvarez, 2010). En général, la couleur foncée du miel indique un taux élevé en polyphénols totaux et par conséquent une forte capacité antioxydante (Schweitzer, 2000; Ibrahim Khalil *et al.*, 2012).

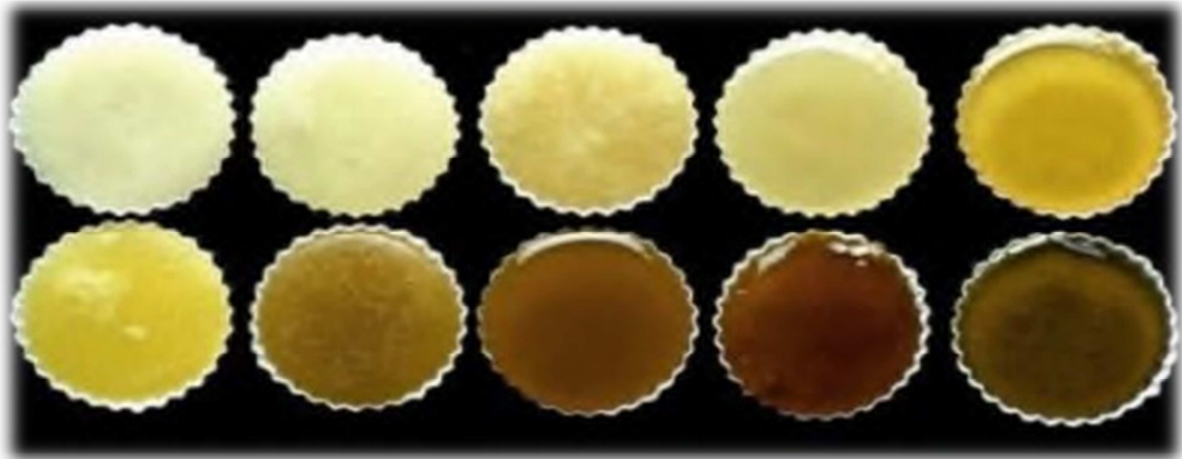


Figure 2 : Palette des couleurs de différents miels (Anonyme 1).

I.5.4.Cristallisation

La cristallisation du miel est un processus naturel, qui se fait à partir de cristaux primaires de glucose. Cependant, dans la ruche à 36 °C, le miel est liquide mais une fois récolté il peut se cristalliser sous l'effet de la température et de la présence de la poussière, des cristaux de glucose et des grains de pollen (Ouchemoukh *et al.*, 2012).

Le processus de cristallisation des sucres est dépendant des rapports glucose/fructose et glucose/eau. Selon El Sohaimy (2015), les miels riches en glucose cristallisent beaucoup plus vite que ceux riches en fructose.

I.5.5.Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu, il représente la concentration des ions H^+ d'une solution. La plupart des miels ont un pH relativement acide, il oscille entre 3,5 et 4,5 pour les miels de nectar et entre 4,5 et 5,5 pour les miels de miellat avec quelques exceptions (Avisse, 2014).

I.5.6.Acidité libre

L'acidité du miel est due à la présence d'acides organiques principalement l'acide gluconique ainsi que d'ions inorganiques (Terrab *et al.*, 2002). Certains de ces acides

proviennent du nectar ou du miellat mais leur origine principale provient des sécrétions salivaires de l'abeille. Cette acidité contribue à la saveur du miel et aux activités antibactériennes et antioxydantes (Gomes *et al.*, 2010 ; Karabagias *et al.*, 2014 ; Can *et al.*, 2015). Le Comité du Codex Alimentarius sur les sucres (2001) a fixé la valeur maximale de 50 meq/kg pour l'acidité libre. Des valeurs plus élevées peuvent être indicatives de la fermentation des sucres en acides organiques.

I.5.7.Teneur en cendres

La teneur en cendres est une mesure de qualité qui évalue les minéraux contenus dans le miel. Il peut également être utilisé en tant que paramètre pour évaluer la valeur nutritionnelle des miels (Diez *et al.*, 2004). La teneur en minéraux peut être indicative de la pollution de l'environnement et de l'origine géographique, car le contenu dépend du type de sol utilisé pour les fleurs de nectar qui ont été récoltées (Suárez *et al.*, 2005 ; Karabagias *et al.*, 2014).

I.5.8.Conductivité électrique

La conductivité électrique des miels représente leur capacité à permettre le passage du courant électrique. Elle est étroitement liée à la teneur en cendres (teneur en minéraux) et l'acidité, révélant la présence d'ions, d'acides organiques et de protéines (Yücel et Sultanoglu, 2013); ainsi elle est exprimée en ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou (mS/cm). D'après Avisse (2014), les miels de miellat ont en général une conductivité électrique supérieure à celle des miels de fleur.

I.5.9.Activité de l'eau

Le miel a généralement une activité d'eau (A_w) entre 0,50 et 0,65, et les valeurs A_w supérieures à 0,60 représentent un seuil critique pour la stabilité microbienne (Escuredo *et al.*, 2013 ; Tornuk *et al.*, 2013; Yücel et Sultanoglu, 2013).

I.5.10.Indice de réfraction

Il est en fonction de la teneur en eau et de la température. L'indice de réfraction des miels est d'autant plus élevé quand sa teneur en eau est plus basse et sa concentration en sucre est forte ; il diminue lorsque la température augmente (Mazrou, 2008). Il est souvent utilisé pour déterminer la teneur en eau dans le miel en se référant à la table de

CHATAWAY (Rossant, 2011). Il oscille entre 1,4915 et 1,5044 à 20 °C pour une teneur en eau allant de 13 à 18 % pour la majorité des miels (Avisse, 2014).

I.5.11.Teneur en hydroxymethylfurfural (HMF)

Un miel naturel, qui n'a subi aucun traitement thermique intense, ne contient pas plus de 5 mg/kg d'HMF (Makhloufi *et al.*, 2010). La concentration en HMF est reconnue comme indicateur du niveau de fraîcheur du miel (Corbella et Cozzolino, 2006), critère important pour la détection des miels surchauffés, d'autant que l'HMF est présent en quantité faible ou absent dans les miels frais (Karabourniotti et Zervalaki, 2001).

I.5.12.Pouvoir rotatoire

Également appelé « activité optique », c'est la propriété que possèdent certains sucres de faire dévier le vecteur d'un faisceau lumineux les traversant. Il est lié à la présence d'un ou plusieurs carbones asymétriques au sein de la molécule (Nada *et al.*, 2003). La mesure de ce pouvoir permet de distinguer entre les miels de nectar et ceux du miellat (Yücel et Sultanolgu, 2013). La majorité des miels de miellat ont des valeurs positives (dextrogyres), tandis que les miels de nectar ont des valeurs négatives (lévogyres) (Lazarević *et al.*, 2012).

I.5.13.Activité diastasique (activité de l'amylase)

Les diastases (α et β -amylases) sont des enzymes naturellement présentes dans le miel. Le contenu de la diastase dépend de l'aspect floral et l'origine géographique du miel. Sa fonction est d'hydrolyser la molécule d'amidon en maltose et maltotriose. Elles sont sensibles à la chaleur (thermolabile) et par conséquent, leur mesure permet d'indiquer une surchauffe du produit et le degré de la préservation (Ahmed *et al.*, 2013).

I.5.14.Activité de l'invertase (saccharase)

Intervenant dans l'hydrolyse du saccharose en glucose et fructose, l'invertase ou saccharase, est aussi une enzyme digestive de l'abeille. L'activité de l'invertase étant en bonne corrélation avec la teneur en saccharose du miel, elle est particulièrement faible dans les miels possédant une forte teneur en saccharose. Le dosage de son activité permet d'évaluer la fraîcheur d'un miel et de détecter les adultérations (ajout de sirop de sucre) (Avisse, 2014).

I.6. Miel en Algérie

L'Algérie produit plusieurs variétés de miel en plus d'autres produits apicoles comme la cire au naturel ou transformée à des objets de décoration. L'activité apicole est intimement dépendante des ressources mellifères dont dispose le pays et qui sont très riches et variées (Oudjet, 2012).

L'apiculture est prédominante dans les régions suivantes (Oudjet, 2012) :

- Zone du littoral : miel d'agrumes et eucalyptus ;
- Montagnes : miel de toutes fleurs, lavande, carotte sauvage et bruyère ;
- Hauts plateaux: miel de sainfoin, romarin et jujubier ;
- Maquis et forêts : miel de toutes fleurs et miellat.

Mais les apiculteurs souhaitent voir régler certaines contraintes liées notamment, à la commercialisation, à l'exportation, à la formation, aux insecticides, ainsi que l'absence de laboratoires d'analyse spécialisés. Selon l'association nationale de l'apiculture professionnelle (ANAP), La production nationale en miel est estimée en moyenne de 5000 tonnes pour l'année 2015. Le ratio de consommation par habitant par an est de 125 g, loin de la France établit à 500 g et de l'Allemagne qui est de l'ordre de 1,5Kg (l'international, le 2 juin 2015).

L'Algérie importe en moyenne 150.000 Kg de miel par an, qui provient de la Thaïlande, la Turquie, l'Arabie saoudite et des États-Unis (Ziad ,2017).

L'Algérie est apte à offrir un miel de qualité supérieure, exclusivement naturel à 100% et propre à la consommation car il est produit selon des méthodes artisanales naturelles (Le maghreb, le 25 décembre 2017).

Le miel possède maintes propriétés biologiques, dues essentiellement à sa composition qui est variable en fonction des plantes butinées, des conditions climatiques et environnementales (Ksouri *et al.*, 2006). Ces propriétés se distinguent en deux classes : Propriétés nutritionnelles et des propriétés thérapeutiques.

II.1. Propriétés nutritionnelles

Comme il a été énoncé auparavant, le miel est pauvre en vitamines et ne possède que quelques traces de vitamines B et C jouant un rôle dans le métabolisme et la nutrition cellulaire (Anonyme 2).

Il est indiqué pour combattre les états de fatigue, d'asthénie et de surmenage. Il joue aussi un rôle important dans l'équilibre ionique et les réactions enzymatiques des cellules (Caron, 2018).

Le miel étant composé de sucres simples, est facilement assimilé par l'organisme. Chez un sujet sain, il passe dans le sang très rapidement et la glycémie décroît ensuite lentement (Gout, 2009).

L'index glycémique (IG) constitue une mesure de l'impact des denrées alimentaires contenant des hydrates de carbone sur le taux de glycémie. Les aliments présentant un indice glycémique élevé engendrent une forte augmentation de la glycémie alors que ceux présentant un indice glycémique faible engendrent une glycémie moins élevée, ce qui est bénéfique pour la santé (Kast et Walther, 2017)

De ce fait, l'index glycémique permet de classer les différents aliments contenant des glucides, en fonction de leur capacité à agir sur la glycémie.

L'index glycémique du miel oscille en moyenne entre 50 et 70, parfois moins, comme dans le cas de miels d'acacia (IG de 32 à 55), parfois plus comme dans celui du miellat (IG de 88) (Berg et König 2008).

Des études ont révélé que l'ingestion de certains types de miel chez les patients atteints de diabète provoque une hausse beaucoup plus faible (20%) de la glycémie par rapport à celle faisant suite à l'ingestion d'une même quantité de glucose (52%) ou de saccharose (sucre de table) (Avisse, 2014).

De part sa forte concentration en sucre, le miel est une source d'énergie par excellence: il représente un apport énergétique de l'ordre de 310 kcal pour 100g. Il est

cependant moins calorique que le sucre (environ 405 kcal / 100g), ce qui en fait un aliment apprécié des diététiciens (Gout, 2009 ; Rossant et Desmoulière, 2011).

Il a été prouvé que le miel favorise aussi l'assimilation du calcium et la rétention du magnésium, deux minéraux indispensables au bon fonctionnement de l'organisme (Couquet, 2013 ; Caron, 2018). De ce fait, le miel :

- Satisfait les besoins énergétiques de l'organisme ;
- Facilite l'assimilation des aliments, d'où une meilleure digestion et un meilleur transit intestinal.

II.2. Propriétés thérapeutiques

Le miel est utilisé à des fins thérapeutiques dès l'antiquité. Aujourd'hui, il connaît une validation scientifique de ses propriétés antibactériennes et un usage comme cicatrisant (Petit, 2012).

D'après Couquet *et al.* (2013), le miel permet de soulager les maux de gorge, les angines, la toux, la bronchite, les troubles intestinaux et les ulcères d'estomac. Il est également efficace contre les insomnies. En usage externe, le miel facilite la cicatrisation des brûlures et des blessures. Il est également utilisé dans les soins de la peau, car il permet d'éviter certaines infections et élimine les bactéries qui peuvent nuire à l'aspect esthétique. En effet le miel est doué d'un pouvoir bactériostatique important, de part sa haute teneur en sucres (environ 95% de la matière sèche), sa faible teneur en eau libre (14 à 25%) et en humidité (0,5 à 0,62), son acidité et la présence de substances provenant des plantes butinées qui lui communiquent des propriétés antibactériennes (Noor *et al.*, 2014).

II.2.1. Pouvoir cicatrisant du miel

La cicatrisation est un processus biologique naturel de réparation tissulaire. Les propriétés cicatrisantes du miel tiennent à ses caractéristiques physiques, chimiques et enzymatiques. Le miel, par sa saturation en sucres entretient une pression osmotique trop élevée pour inhiber la croissance des microbes. Cette action est à la base du traitement des plaies (Desmoulière, 2011 ; Couquet *et al.*, 2013).

Le miel stimule la régénération des tissus impliqués dans le processus de cicatrisation. Il stimule également la formation dans la couche profonde de la peau de nouveaux vaisseaux capillaires et la croissance des fibroblastes, cellules productrices de collagène permettant une cicatrisation de bonne qualité (Avisse, 2014).

Le travail réalisé par Descottes (1984-2009) sur le pouvoir antibactérien et cicatrisant des miels a montré comment les pansements et les soins au miel pouvaient réduire grandement le temps de cicatrisation, sans infection ni effet secondaire (Petit, 2012).

II.2.2. Propriétés anti-inflammatoires

En ce qui concerne ses propriétés anti-inflammatoires étudiées, les recherches ont montré que le miel peut diminuer le temps de guérison via un double effet sur la réponse inflammatoire (Kassim *et al.*, 2010).

Les flavonoïdes présents dans le miel inactivent le facteur de transcription NF- κ B qui régule l'expression de plusieurs gènes qui codifient des molécules pro-inflammatoires comme l'enzyme cyclo-oxygénase-2 (COX-2), des facteurs de croissance et des cytokines. Le miel est aussi employé pour soulager la mucite buccale, une inflammation des tissus dans la bouche qui peut être due à la chimiothérapie (Hussein, 2013 ; Tomblin *et al.*, 2014 ; Rao *et al.*, 2016).

II.2.3. Propriétés antimutagènes et anti-tumorales

Les substances mutagéniques provoquent directement ou indirectement des mutations ou modifications de gènes à l'origine de cancer. L'activité antimutagénique de six miels monofloraux des Etats-Unis a été testée contre l'amine hétérocyclique Trp-p-1 (produit chimique cancérogène). Tous ont inhibé son pouvoir mutagène (Avisse, 2014).

Le miel montre des propriétés anticancéreuses. Les composés du miel limitent la prolifération des cellules cancéreuses mais également, leur propagation par voie sanguine ou lymphatique. Également prouvé, le miel lutte efficacement contre le cancer de la vessie (Anso, 2012).

II.3. Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne des miels est multifactorielle. Elle provient des sécrétions de l'abeille (par exemple l'eau oxygénée, puissant antiseptique) et des composés chimiques antiseptiques entrant dans la composition des plantes butinées. Le miel peut donc inhiber la croissance d'un large spectre de bactéries, champignons, protozoaires et virus sans que ces derniers ne puissent développer de résistance (Delphine, 2010).

II.3.1. Activité antibactérienne

Les flavonoïdes et les acides phénoliques du miel possèdent des propriétés antibactériennes importantes (Blanc, 2010).

L'osmolarité, la viscosité et l'acidité élevée du miel contribuent également à l'inhibition de nombreuses espèces bactériennes (Can, 2015; Bueno-Costa *et al.*, 2016). Par sa viscosité, le miel forme une barrière protectrice sur les plaies qui prévient ainsi la formation de biofilm (agrégats complexes de nombreuses espèces bactériennes) (Petit, 2012).

Les chercheurs ont aussi montré que c'est l'action combinée des propriétés physiques (pression osmotique élevée, acidité...) et chimiques (peroxyde d'hydrogène et les inhibines non peroxydes) qui confère au miel son activité antibactérienne (Avisse, 2014; Sultanbawa *et al.*, 2015).

Plusieurs facteurs complexes sont impliqués dans l'activité antibactérienne du miel, parmi ceux-ci :

➤ ***Osmolarité***

Le miel du fait de son osmolarité conséquente à sa forte teneur en sucre, crée un appauvrissement de l'eau disponible pour les bactéries. La forte interaction entre les molécules de sucre et d'eau laisse peu de molécules d'eau libres disponibles pour le développement des microorganismes. Cela provoque une forte déshydratation des germes mettant en jeu leur survie (plasmolyse cellulaire puis mort de la cellule microbienne). La quantité d'eau libre pour le miel est comprise entre 0,56 et 0,62 (Petit, 2012; Couquet *et al.*, 2013)

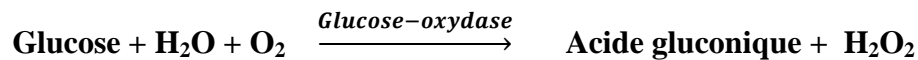
➤ ***pH acide***

Le *pH* du miel est relativement acide, variant entre 3,5 et 6. Ce *pH* semble être efficace pour ralentir ou éviter la croissance de nombreuses espèces de bactéries pathogènes, car la majorité des bactéries préfèrent un *pH* neutre ou légèrement alcalin (Couquet *et al.*, 2013; Sultanbawa *et al.*, 2015).

➤ ***Peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée)***

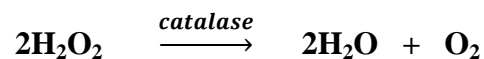
La principale activité antibactérienne du miel est liée à la production enzymatique de *peroxyde d'hydrogène*. Ce dernier a une origine végétale grâce au glucose provenant du nectar des plantes, mais sa formation implique une enzyme d'origine animale, la glucose

oxydase, qui est sécrétée par les glandes hypopharyngiennes des abeilles. C'est une enzyme thermolabile et photosensible, elle n'est opérationnelle que lorsque le miel est dilué (Brudzynski, 2006; Myrene, 2016). Cette enzyme permet la réaction suivante:



L'acide gluconique formé accroît l'acidité du miel et le rend peu favorable au développement de colonies bactériennes. Le peroxyde d'hydrogène ainsi produit sert d'agent "stérilisant" (Brudzynski *et al.*, 2012 ; Couquet *et al.*, 2013).

D'après Brudzynski *et al* (2012), La catalase est une enzyme antagoniste de la glucose-oxydase, elle dégrade l'eau oxygénée selon la réaction suivante :



Le peroxyde d'hydrogène est détruite par la catalase et notamment celle de la peau: Lors de l'application du miel, la libération de peroxyde d'hydrogène s'opère d'une façon lente et prolongée. De ce fait, la catalase n'est que faiblement activée et ne peut donc pas détruire l'activité antibactérienne du miel produite par le peroxyde d'hydrogène. Ce dernier a donc un meilleur potentiel antibactérien quand il est libéré par le miel que lorsqu'il est utilisé seul dans une préparation antiseptique (Rossant, 2011 ; Avisse, 2014).

➤ *Inhibines non peroxydes*

Les inhibines non peroxydes proviennent en partie de la flore mellifère dont les composés sont les flavonoïdes et les acides phénoliques qui offrent d'intéressantes potentialités d'inhibiteurs enzymatiques (Avisse, 2014). Contrairement aux composants à activités peroxyde, ces facteurs non peroxydes sont beaucoup moins sensibles à la chaleur, la lumière et la durée de stockage (Cushnie et Lamb, 2005).

➤ *Défensine-1*

La *défensine-1* est une protéine fabriquée par les glandes hypopharyngiennes et mandibulaires des abeilles. Elle est retrouvée dans le miel et la gelée royale. Les défensines constituent une famille de peptides antimicrobiens naturels largement impliqués dans

l'immunité innée. Ce sont des petits peptides, qui possèdent un large spectre d'activité antimicrobienne. Il a été montré que la grande majorité des propriétés antibactériennes du miel provient de cette protéine (Elbanna *et al.*, 2014).

➤ **Méthylglyoxal (MGO)**

Le *méthylglyoxal* est une substance naturelle à pouvoir bactéricide vraisemblablement responsable de l'activité non-peroxyde des miels. C'est l'un des composants dicarbonylés découlant de la réaction de Maillard (Badet, 2011 ; Majtan, 2011; Annie, 2013). La concentration en MGO est plus ou moins forte selon l'origine géographique et florale du miel. Elle varie généralement entre 1 et 10 mg / kg.

Les miels de manuka sont les plus riches en MGO (20 à 800 mg/kg), ce qui rend leur activité antibactérienne plus efficace (Rossant., 2011 ; Sultanbawa *et al.*, 2015).

II.3.2. Activité antifongique, antivirale et antiparasitaire du miel

Le miel s'avère efficace contre les champignons filamenteux tels que les dermatophytes qui sont à l'origine des mycoses très communes chez l'homme.

Une étude sur les propriétés antifongiques du miel a montré que le développement de quarante souches de levures du genre *Candida* testées a été inhibé in vitro par le miel à des concentrations d'environ 80% (Avisse, 2014).

Dix miels unifloraux de Slovaquie ont été testés contre cinq espèces du genre *Penicillium*. Tous ont témoigné d'activité antifongique à des concentrations de 10, 25 et 50%.

Le miel possède également un pouvoir antiviral inhibant in vitro les virus *Rubella* (ou Rubivirus : virus de la rubéole) et *Herpes*. Les recherches de P.P.Zareie (2011) rend compte de recherches effectuées sur l'activité du miel contre le virus respiratoire syncytial (VRS), l'une des causes les plus fréquentes d'infection respiratoire aiguë chez le petit enfant.

Le miel témoigne aussi de facultés antiparasitaires, il inhibe ainsi trois espèces du parasite *Leishmania* qui provoquent des affections cutanées ou viscérales invalidantes, voir mortelle si elles ne sont pas soignées (Avisse, 2014).

II.4. Activité antioxydante

L'activité antioxydante d'une molécule est sa capacité à diminuer ou empêcher l'oxydation d'autres substances chimiques. Ces réactions d'oxydation peuvent produire des radicaux libres qui, s'ils se trouvent en excès dans notre organisme, peuvent dégrader nos

cellules et entraîner des réactions en chaîne destructrices susceptibles de provoquer différentes maladies. Les antioxydants sont des molécules capables d'interagir sans danger avec les radicaux libres et de mettre fin à la réaction en chaîne avant que les cellules ne soient endommagées (Massaux, 2012). De ce fait, l'activité antioxydante du miel joue un rôle dans les effets thérapeutiques (Meda *et al.*, 2005; Bertoncelj *et al.*, 2007).

Le miel est riche en antioxydants notamment les flavonoïdes, les acides phénoliques, l'acide ascorbique, les enzymes (catalase et peroxydase), les caroténoïdes, les peptides et les acides organiques (Gheldof, 2002; Bouyahya, 2017).

Des études ont montré que la grande majorité des composés bioactifs dans le miel sont des molécules ayant des structures phénoliques, telles que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les procyanidines et les anthocyanines (Küçük *et al.*, 2007; Sahin, 2011; Tezcan, 2011).

Une étude concernant l'effet du miel sur l'activité antioxydante du plasma de sujets adultes a révélé une augmentation de la teneur en composés phénoliques et de l'activité antioxydante du plasma suite à la consommation du miel (Schramm *et al.*, 2003). D'autres études ont signalé que les miels de couleur foncée ont des activités antioxydantes plus élevées, qui proviennent des flavonoïdes qu'ils contiennent (Bertoncelj *et al.*, 2007; Tezcan *et al.*, 2011; Alzahrani *et al.*, 2012; Jasicka-Misiak *et al.*, 2012; Alvares *et al.*, 2013; Can *et al.*, 2015).

II.4.1. Polyphénols

Les polyphénols proviennent des sécrétions de bourgeons et des exsudats de divers organes des plantes, et constituent un groupe important de substances naturelles présentes dans le règne végétal (Massaux, 2012). Ce sont des substances qui ont la capacité de neutraliser, de piéger et de réduire la formation des radicaux libres produits au cours des réactions oxydatives. Ils agissent par plusieurs voies réactionnelles, comme donation d'hydrogène, chélation d'ions métalliques et comme substrat pour les radicaux libres tels que les anions superoxyde et l'hydroxyle (Mouhoubi, 2007).

La teneur en composés phénoliques dans le miel est fortement affectée par la source florale et l'origine géographique, ainsi que par le climat et les caractéristiques du site de collecte (Ouchemoukh *et al.*, 2016).

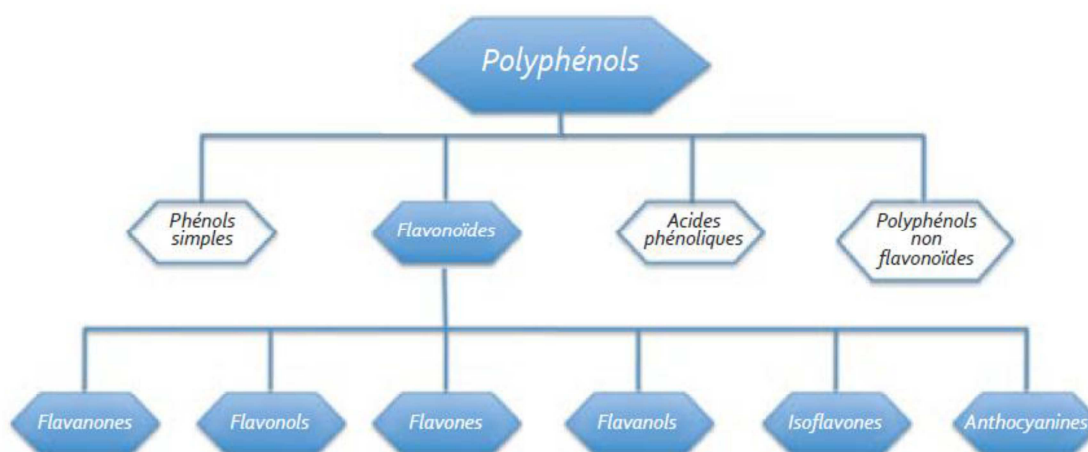


Figure 3 : Principales catégories de polyphénols (Massaux, 2012).

Différents polyphénols sont présents dans le miel et peuvent jouer un rôle dans sa capacité anti-oxydante. Les flavonoïdes et les acides phénoliques sont reconnus comme étant parmi les principaux responsables de l'activité antioxydante développée par un miel (Yao *et al.*, 2003 ; Massaux, 2012) :

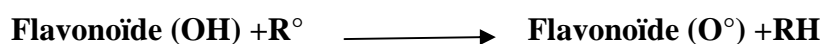
➤ **Flavonoïdes**

Les flavonoïdes constituent le principal groupe des polyphénols. Ces molécules possèdent toutes un squelette chimique commun illustré dans la figure 4 (Massaux, 2012). Ils peuvent être subdivisés en treize classes, y compris les flavonols, les flavanones, les flavones, anthocyanidines et isoflavones (Robards, 1999 ; Ouchemoukh, 2016).

Les principaux flavonoïdes retrouvés dans le miel sont : l'apigénine, pinocembrine, pinobanksine, kaempférole, quercétine, galangine, chrysine, lutéoline (Gasic, 2014 ; Ouchemoukh, 2016).

Les flavonoïdes sont les principaux composants fonctionnels du miel. Ils peuvent contribuer de manière significative à l'activité antioxydante totale du miel, apportant des effets bénéfiques pour la santé humaine (Alvarez *et al.*, 2012).

En effet, l'activité antiradicalaire dépend de leur structure. La présence de groupement hydroxyle et de doubles liaisons leur confère la capacité d'agir comme donneur d'hydrogène selon la réaction ci-dessous (Havsteen, 2002 ; Atmani *et al.*, 2009).



Les flavonoïdes inhibent la peroxydation lipidique causée par l'auto-oxydation des acides gras insaturés, ils chélatent les ions et piègent les radicaux libres (Wang *et al.*, 2004 ; Montoro *et al.*, 2005).

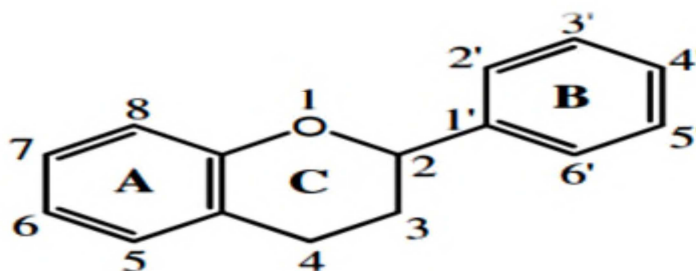


Figure 4 : Structure de base des Flavonoïdes (Massaux, 2012)

➤ *Acides phénoliques*

Les acides phénoliques constituent une classe importante de composés phénoliques avec des fonctions bioactives typiquement présentes dans les produits végétaux et les aliments. Ce sont des composés qui agissent comme des antioxydants, en éliminant les radicaux libres et en inhibant l'oxydation des lipides (Dong *et al.*, 2011). Ils peuvent être divisés en deux sous-groupes selon leur structure: les acides hydroxybenzoïques dérivant de l'acide benzoïque et les acides hydroxycinnamiques dérivant de l'acide cinnamique (Challacombe, 2012).

Les principaux acides phénoliques retrouvés dans le miel sont : l'acide caféique, ferrulique, ellagique, vanillique, coumarique, chlorogénique, cinnamique et benzoïque (Yao *et al.*, 2003; Massaux, 2012).

Les composés phénoliques offrent d'intéressantes potentialités d'inhibiteurs enzymatiques. Ils interviennent dans l'effet thérapeutique du miel en piégeant les radicaux libres toxiques pour les cellules et donc apporter des effets bénéfiques pour la santé humaine.

❖ *Objectif du travail*

Le présent travail est une contribution à l'évaluation de la qualité de dix échantillons de miel portés des apiculteurs du territoire algérien de diverse origine florale et géographique, afin de déterminer leur conformité aux normes internationales par la mesure de certaines caractéristiques physico-chimiques, vérifier leur pouvoir antioxydant et leur effet antimicrobien vis-à-vis de certains microorganismes pathogènes.

❖ *Lieu et durée de l'expérimentation*

Les analyses de différents échantillons de miel ont été réalisées au niveau du « laboratoire commun de physicochimie » et du « laboratoire commun de microbiologie » de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques – Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, d'une durée s'étalant du 20 mars jusqu'au 20 juin 2018.

❖ *Matériel biologique*

Le présent travail est mené sur dix échantillons de miel, récoltés dans différentes régions du territoire algérien qui sont mentionnés dans le tableau 2 et la figure 5.

Les échantillons étaient tous de l'année passée et leurs conditions de stockage préalables étaient inconnues. Ils ont été recueillis des apiculteurs et conservés au réfrigérateur dans des pots hermétiques en plastique jusqu'à l'analyse.

Tableau II : Échantillons de miel analysés

Échantillon	Origine florale	Origine géographique	Date de récolte
M1	Multifloral	Boumerdes	Juin 2017
M2	Multifloral	Tizi-Ouzou	Juin 2017
M3	Oranger	Tizi Ouzou	Juin 2017
M4	Sulla	Tizi-Ouzou	Juin 2017
M5	Oranger	Boumerdes	Juin 2017
M6	Multifloral	Laghouat	Juin 2017
M7	Jujubier (1)	Biskra	Juin 2017
M8	Jujubier (2)	Biskra	Juin 2017
M9	Euphorbe	Biskra	Juin 2017
M10	Eucalyptus	Boumerdes	Juin 2017

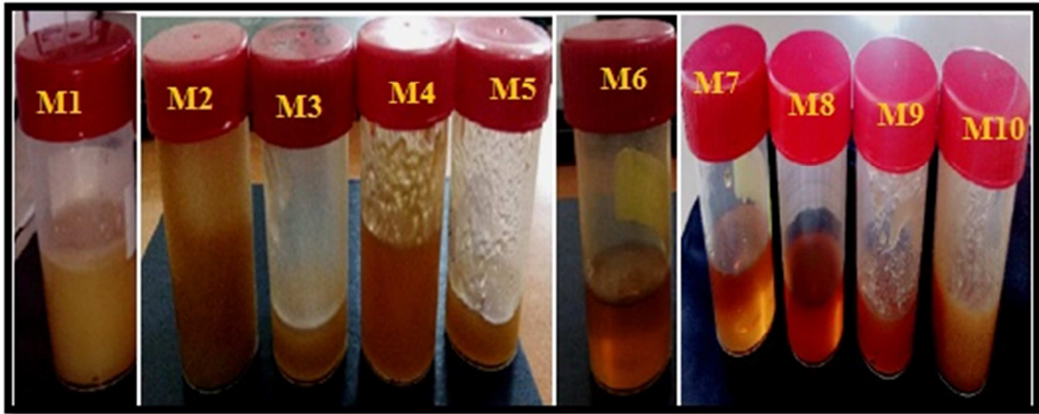


Figure 5 : Photographie des échantillons de miel analysés (Photo prise par Chougar Thinhinane et Kebdi Taous).

❖ *Analyses effectuées*

Huit analyses physico-chimiques à savoir le pH, l'acidité libre, la densité, la conductivité électrique, la teneur en eau, le degré de Brix, la teneur en cendres et le taux d'HMF ; deux dosages phytochimiques à savoir les polyphénols et les flavonoïdes ; ainsi que deux activités :antioxydante et antimicrobienne ont été effectuées sur les dix échantillons de miel étudiés.

Pour le pH, la conductivité électrique, la teneur en eau, le degré de Brix et l'activité antimicrobienne, les mesures ont été effectuées en triplicate et les résultats ont été donnés en moyenne et écart-type.

La figure 6 résume les différentes analyses effectuées dans ce travail.

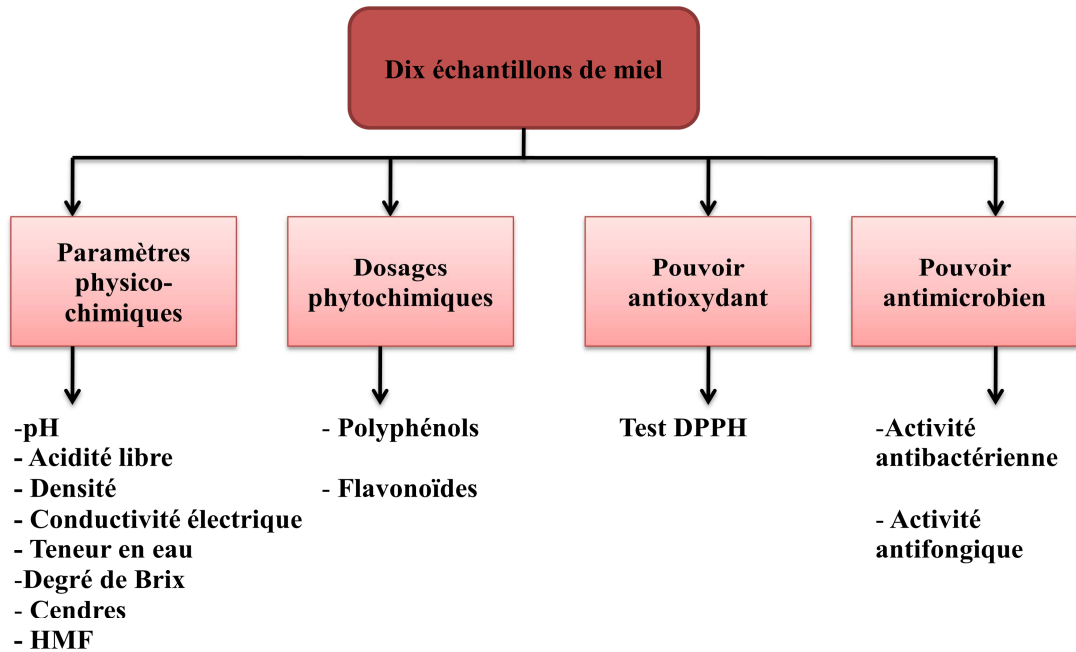


Figure 6 : Différentes analyses effectuées sur les échantillons de miel.

III.1. Analyses physico-chimiques

III.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

➤ Principe

Le pH est déterminé selon la méthode du (Codex Alimentarius, 2001) sur une solution de miel à 7,5%.

➤ Mode opératoire

Une quantité de 10 grammes de miel est dissoute dans 75 ml d'eau distillée. La solution de miel est homogénéisée avec un agitateur, puis l'électrode du pH-mètre (inoLab WTW) est immergée dans la solution de miel.

➤ Expression des résultats

Après agitation, la valeur du pH est lue directement sur le pH-mètre. Les mesures du pH ont été répétées trois fois.

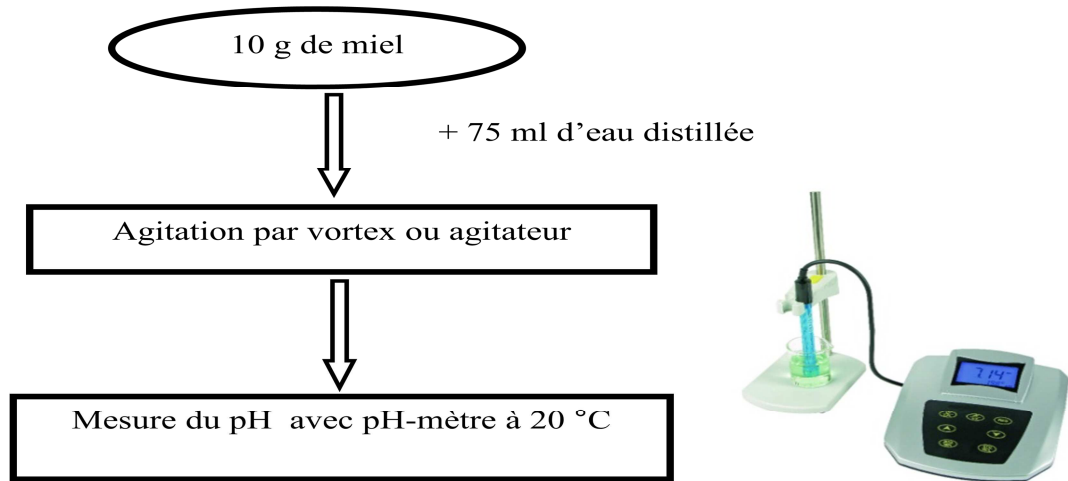


Figure 7 : Protocole de mesure du pH des miels (Codex Alimentarius, 2001)

III.1.2. Acidité libre

L'acidité libre est la quantité d'acide titrable par une solution d'hydroxyde de sodium jusqu'au pH du point équivalent (Journal Officiel 2248 NC du 22 Avril 1977).

➤ Principe

L'acidité libre des échantillons de miel est déterminée par la méthode du titrage par pH-métrie. Les valeurs de l'acidité libre sont obtenues en traçant la courbe de neutralisation du miel par une solution d'hydroxyde de sodium (0,1N) et en déterminant le point équivalent par la méthode des tangentes parallèles.

➤ Mode opératoire

L'acidité libre est déterminée selon la méthode de (Bogdanov, 2009) : 10 grammes de miel sont dissouts dans 75 ml d'eau distillée .Après agitation à l'aide d'un agitateur magnétique ou vortex, l'électrode du pH-mètre est immergée dans la solution de miel et le pH initial est lu. La solution est ensuite titrée avec la solution de soude à 0,1N jusqu'à $\text{pH} = [8,30 - 9]$ et les volumes de NaOH utilisés sont enregistrés.

➤ Expression des résultats

L'acidité libre du miel est exprimée en milliéquivalent par kilogramme de miel et déterminée par la formule suivante :

$$\text{Acidité libre (meq/Kg)} = (1000 \times V \times N) / M.$$

Où :

V : Volume en ml de soude à 0,1N versé pour atteindre le pH du point équivalent

M : Masse en gramme du miel (10g)

N : Normalité de NaOH (0,1N)

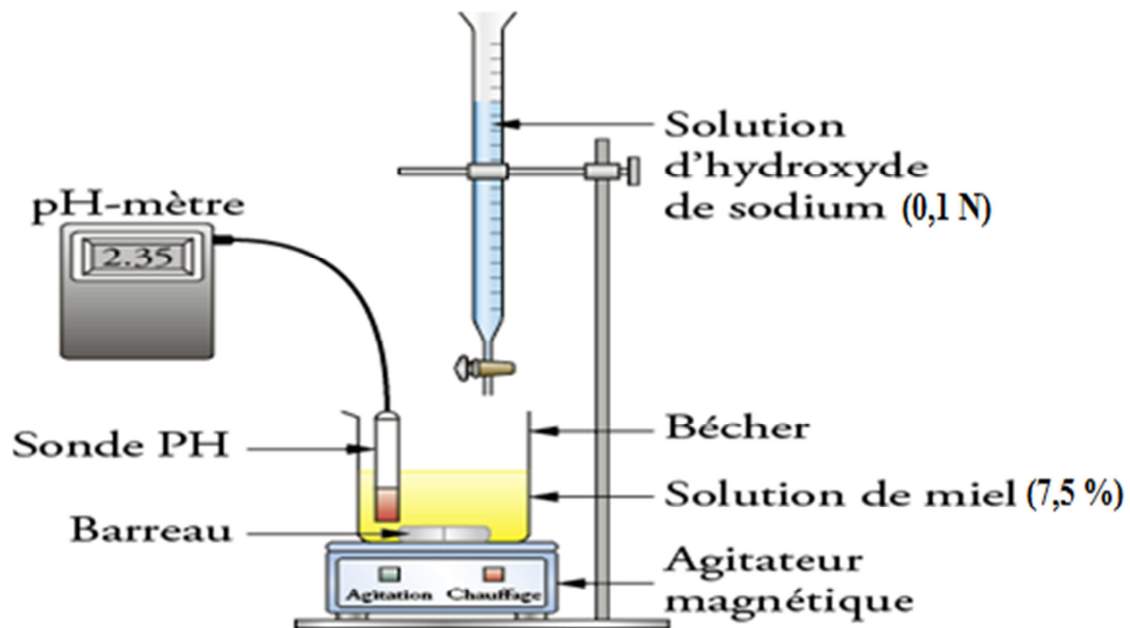


Figure 8 : Schéma synthétique du titrage par pH-métrie de l'acidité libre du miel (Anonyme 3).

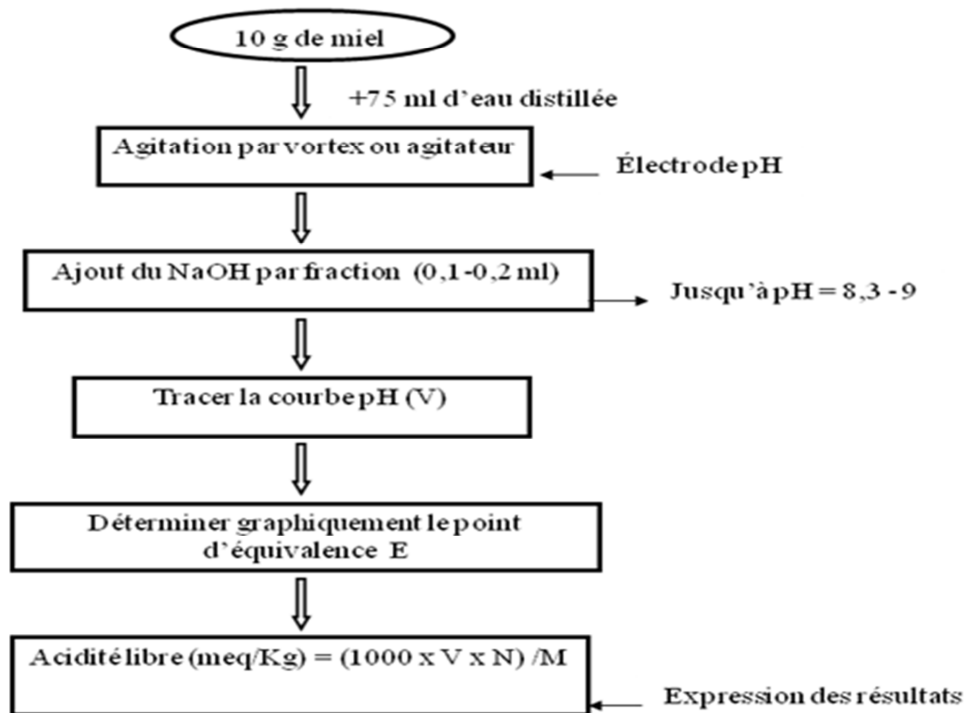


Figure 9: Protocole de mesure de l'acidité libre (Bogdanov, 2009)

III.1.3. Conductivité électrique

➤ principe

La conductivité électrique a été déterminée selon la méthode de (Sancho *et al.*, 1992), en utilisant un conductimètre portable (JENWAY 430). Les mesures ont été effectuées en triplicate à 20°C sur une solution du miel à 7,5%.

➤ Mode opératoire

Une quantité de 10g de miel est dissoute dans 75 ml d'eau distillée. Après agitation, la cellule de mesure est plongée dans la solution de miel.

➤ Expression des résultats

La lecture est faite directement après immersion de la cellule dans la solution. Les résultats sont exprimés en milli Siemens (mS).

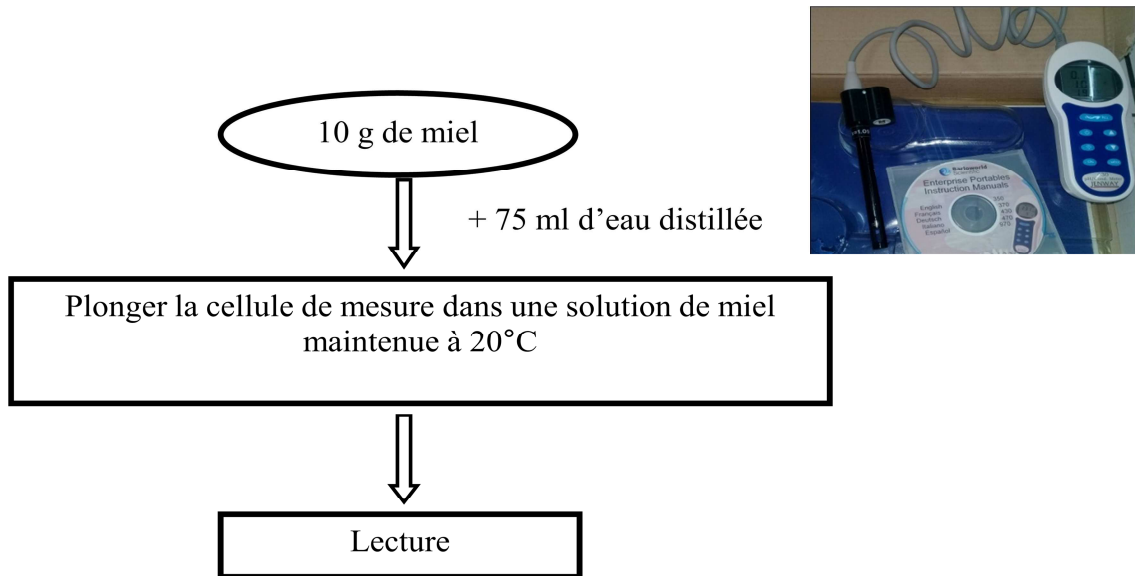


Figure 10 : Protocole de mesure de la conductivité électrique (Sancho et al ,1992).

III.1.4. Teneur en cendres

La teneur en cendres est déterminée à partir de la conductivité électrique selon la formule suivante (Piazza *et al.*, 1991 ; Zerrouk *et al.*, 2011):

$$X_1 = (X_2 - 0,143) / 1,743$$

Dont :

X₁ : Pourcentage de la teneur en cendres

X₂ : Conductivité électrique en (mS)

III.1.5. Densité

➤ Principe

La densité des échantillons de miel est déterminée par le rapport de la masse du miel sur la masse de l'eau.

➤ Mode opératoire

La densité de nos miels a été déterminée par la méthode de (White, 1992).

Dans les mêmes conditions, la masse d'une éprouvette vide de 5 ml est notée, puis cette dernière est pesée avec 4 ml d'eau. À partir de là, la masse de 4 ml d'eau, (M) est déduite suivant la formule suivante :

$$M = \text{masse de l'éprouvette avec 4 ml d'eau} - \text{masse de l'éprouvette}$$

La même procédure est adoptée pour déterminer la masse de 4 ml de miel (M'):

$$M' = \text{masse de l'éprouvette avec 4 ml de miel} - \text{masse de l'éprouvette}$$

➤ **Expression des résultats**

Après avoir déterminé les masses M et M', la densité (D) des échantillons de miel est déterminée par la formule suivante :

$$D = M' / M$$

Dont :

M' : masse de 4 ml de miel

M : masse de 4 ml d'eau

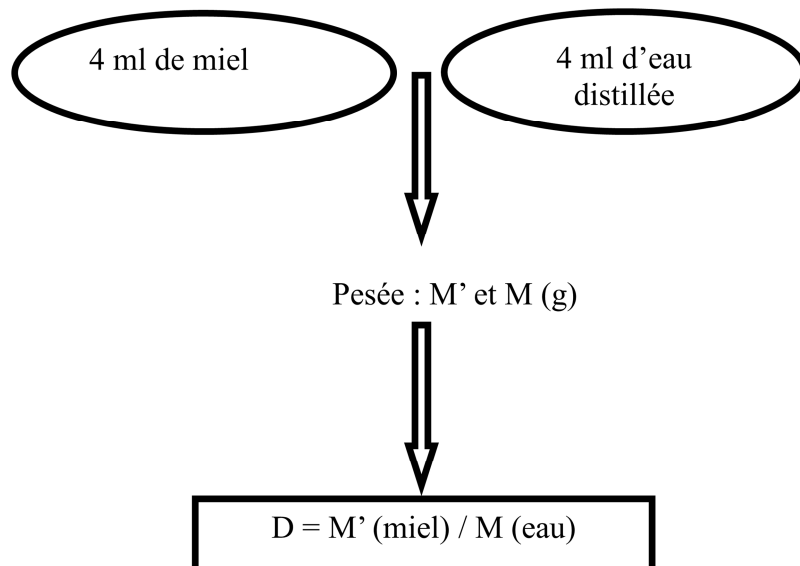


Figure 11: Protocole de mesure de la densité (White, 1992).

III.1.6. Teneur en eau

➤ principe

La détermination de la teneur en eau s'effectue par la mesure optique de l'indice de réfraction (IR) du miel à 20°C à l'aide d'un réfractomètre de paillasse (REICHERT AR6)

➤ Mode opératoire

Une goutte de miel liquide est déposée directement après homogénéisation, sur le prisme du réfractomètre.

➤ Expression des résultats

Les valeurs de l'indice de réfraction s'affichent directement sur l'écran du réfractomètre. En se rapportant à la table de CHATAWAY (**Annexe I**), on obtient le pourcentage de la teneur en eau correspondant à l'indice de réfraction enregistré (**Bogdanov, 1997**).

III.1.7. Degré de Brix (matière sèche)

Le taux de matière sèche est évalué par la méthode de réfractométrie. Après un réglage manuel, le degré de Brix s'affiche directement sur le réfractomètre de paillasse à 20°C (**Bogdanov, 1997**).

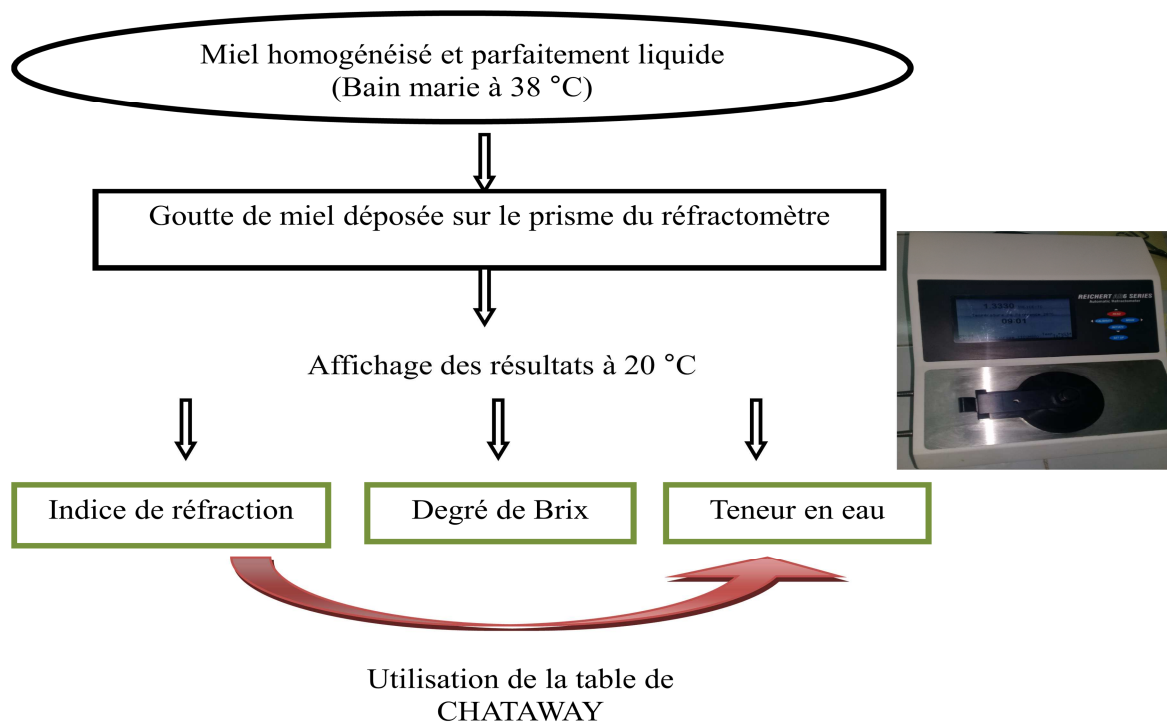


Figure 12 : Protocole de mesure de la teneur en eau et de l'indice de Brix (**Bogdanov, 1997**).

III.1.8. Hydroxyméthylfurfural (HMF)

➤ Principe

La détection du taux d'HMF dans le miel est faite par mesure de l'absorbance des solutions de miel et de référence à deux longueurs d'ondes (284 nm puis 336 nm) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible.

➤ Mode opératoire

La quantité d'hydroxyméthylfurfural (HMF) a été obtenue avec la méthode de Amri *et al.*, (2007).

Une masse de 5 grammes de miel est dissoute dans 25 ml d'eau distillée. Un volume de 0,5 ml de carrez I (hexacyanoferrate de potassium à 15%) et un volume de 0,5 ml de la solution de carrez II (acétate de zinc à 30%) y sont additionnés. Le mélange est ajusté à 50 ml avec l'eau distillée. Des gouttes d'éthanol sont ajoutées pour éliminer la mousse. Après filtration, les premières dizaines du filtrat sont écartés.

Un volume de 5 ml de chaque solution initiale est introduit dans deux tubes à essais : dans le premier tube, 5 ml d'eau distillée y sont ajoutés (solution échantillon) ; dans le second tube, 5 ml de la solution métabisulfite de sodium (0,2%) y sont additionnés (solution de référence). l'ensemble est homogénéisé puis laissé au repos pendant une heure de temps.

➤ Expression des résultats

L'absorbance est lue à 284 nm puis à 336 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-VIS (UV-9200) et la teneur en HMF est donnée par l'équation suivante :

$$\text{HMF (mg/kg)} = (A_{284} - A_{336}) \times 149,7 \times 5 \times D/M$$

D : facteur de dilution. Lorsque l'absorbance est supérieur à 0.6, les aliquotes d'analyse et de référence sont diluées avec l'eau distillée et avec la solution métabisulfite de sodium, respectivement

M : masse de l'échantillon de miel

A₂₈₄ et **A₃₃₆** : absorbances respectives à 284 nm et à 336 nm

149,7 : constante

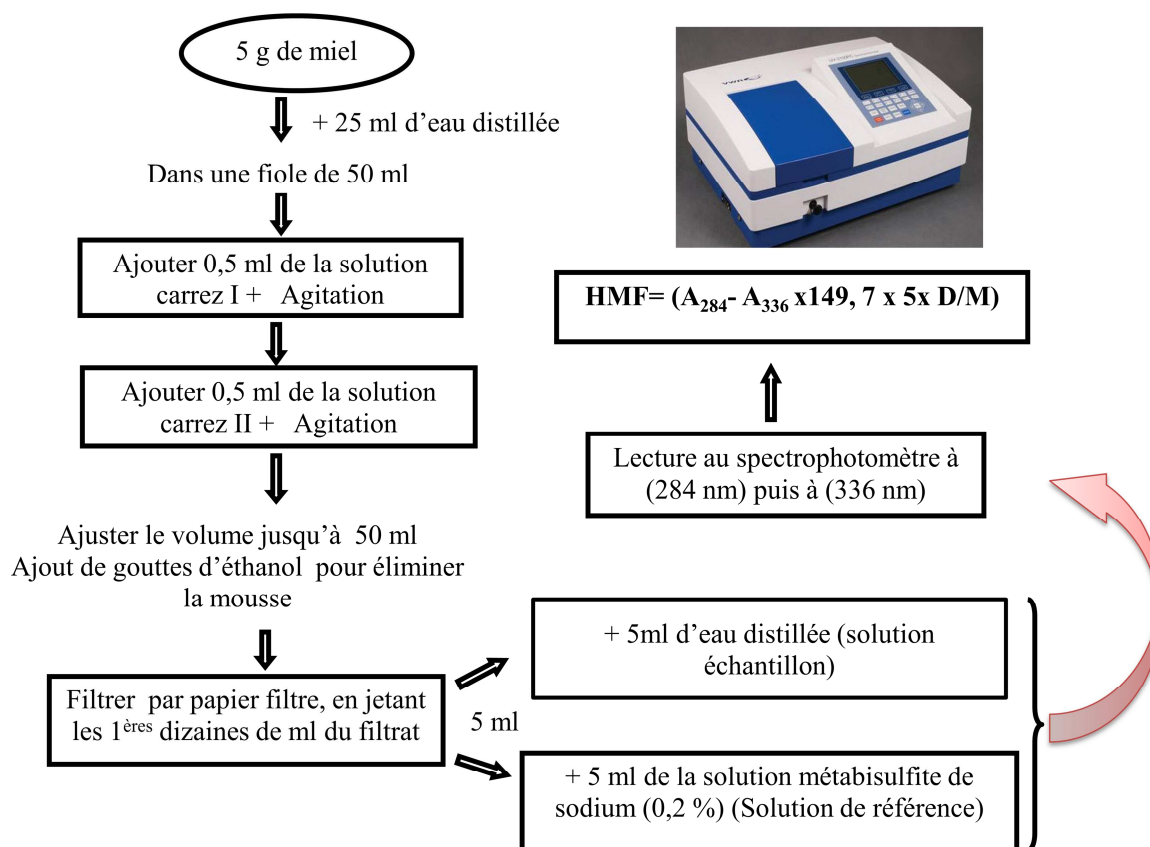


Figure 13 : Protocole de dosage des HMF (Amri *et al.*, 2007).

III.2. Dosage des composés phénoliques du miel

Les dix échantillons de miel collectés sont analysés pour leur teneur en composés phénoliques.

III.2.1. Dosage des polyphénols totaux

➤ Principe

Les composés phénoliques réagissent avec le réactif de Folin-Ciocalteu. Le mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$) de ce réactif est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La coloration bleue produite est proportionnelle au taux de composés phénoliques présents dans les extraits analysés, qui est estimée par spectrophotométrie UV à une longueur d'onde de 765 nm (Singleton *et al.*, 1999).

➤ **Mode opératoire**

La teneur en polyphénols totaux des miels étudiés est déterminée selon la méthode décrite par (Escuredo *et al.*, 2013), en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu.

Un volume de 1 ml du Folin-Ciocalteu et un volume de 10 ml d'eau distillée sont additionnés à 1 ml de la solution de miel (0,1g/ml).le mélange est agité, ensuite laissé au repos pendant 2 min. Un volume de 4 ml de la solution de carbonates de sodium (Na_2CO_3) à 7,5 % est introduit au mélange précédent, puis le volume final est ajusté jusqu'à 25 ml avec l'eau distillée. L'ensemble est incubé pendant 1h à l'abri de la lumière et à température ambiante. L'absorbance est mesurée à 765 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre UV.

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle, dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons à analyser en utilisant l'acide gallique comme standard (**Annexe II**).

➤ **Expression des résultats**

La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de regression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique. Elle est exprimée en mg équivalent d'acide gallique par gramme de miel (mg EAG/100 g de miel).

Chaque dilution (solutions de miel) est traitée selon le protocole décrit par l'organigramme suivant :

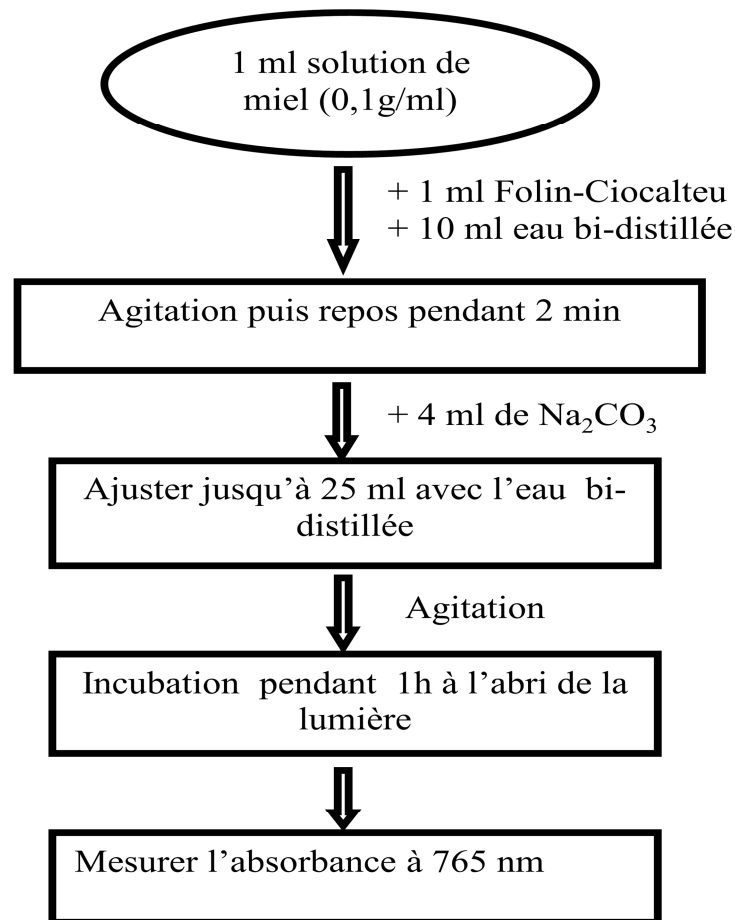


Figure 14: Protocole de dosage des polyphénols totaux (Escuredo *et al.*, 2013)

III.2.2. Dosage des flavonoïdes

➤ Principe

Le principe de la méthode rapportée par (Arvouet – Grand, 1994) est basé sur la formation d'un complexe flavonoïde-métal tel que le chlorure d'aluminium qui donne une coloration jaunâtre lors de sa liaison avec les atomes d'oxygène des flavonoïdes.

➤ Mode opératoire

Le dosage des flavonoïdes est effectué selon la méthode colorimétrique de trichlorure d'aluminium (AlCl_3) décrite par (Arvouet- Grand, 1994), adaptée par (Bueno-Costa, 2016).

Un volume de 5 ml de la solution de miel (1g /10 ml de méthanol 50%) préalablement filtrée, est mélangé avec 5 ml de la solution d' AlCl_3 (2% dans le méthanol). Après 30 minutes d'incubation à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 415 nm.

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle, dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons de miel en utilisant la quercétine comme standard (Annexe III).

➤ **Expression des résultats**

La concentration en flavonoïdes, est calculée en se référant à une courbe d'étalonnage établie avec la quercétine, qui est exprimée en milligramme équivalent de quercétine par gramme d'extrait (mg EQ/100 g de miel).

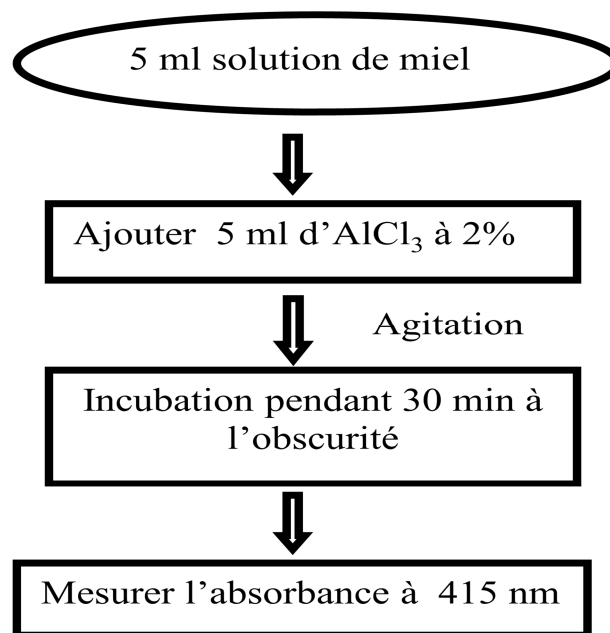


Figure 15: Protocole de dosage des flavonoïdes (Arvouet- Grand *et al.*, 1994).

III.3. Détermination de l'activité antioxydante (Test DPPH)

Les dix échantillons de miel sont testés pour leur activité antioxydante. Cette dernière est déterminée par la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical DPPH*.

➤ **Principe**

L'activité antioxydante des échantillons de miel étudiés est évaluée par l'activité anti-radicalaire au radical DPPH* (2,2- diphényl-1-picrylhydrazyl) (Test DPPH).

Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants présents dans le miel à neutraliser le radical DPPH*, qui est un radical libre (Cavaret *et al.*, 2009).

Les antioxydants réduisent le diphényl picryl-hydrazyl ayant une couleur violette en un composé jaune, le diphényl picryl-hydrazine en lui transférant des électrons ou des protons. L'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le miel (Gadow *et al.*, 1997).

➤ Mode opératoire

Le pouvoir anti-radicalaire, par la neutralisation du radical DPPH* de l'extrait est évalué selon la méthode décrite par (Brand *et al.*, 1995).

Une quantité de 1g de chaque échantillon de miel est dissoute dans un volume de méthanol (10 ml). La solution de miel (0,3 ml) a été mélangée avec 2,7 ml de la solution DPPH (0,002g dans 100 ml).

Les solutions de miel à analyser et une solution de DPPH ont été maintenues dans l'obscurité à une température ambiante pendant 30 min, puis l'absorbance est mesurée à 520 nm.

La figure ci-dessous résume les étapes essentielles du protocole :

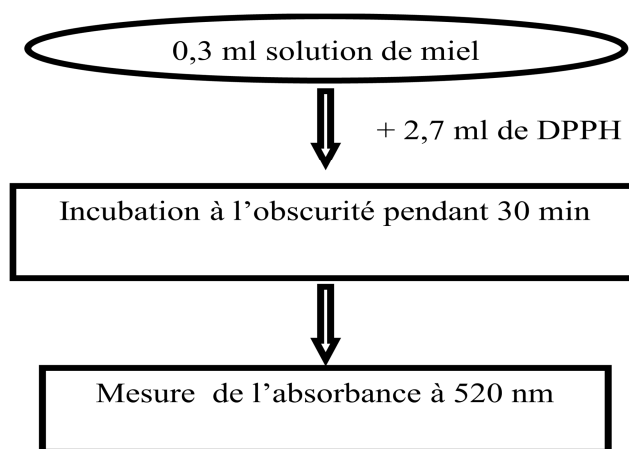


Figure 16: Protocole de l'activité antioxydante (Brand *et al.*, 1995).

➤ Expression des résultats

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH est calculé suivant la formule ci-dessous :

$$I \% = [(A_B - A_A) / A_B] \times 100$$

I % : pourcentage de l'activité anti-radicalaire

A_B : Absorbance du témoin (solution de DPPH)

A_A : Absorbance de l'échantillon de miel

III.4. Évaluation de l'activité antimicrobienne

L'évaluation de l'activité antimicrobienne *in vitro* des échantillons de miel est testée par la méthode décrite par (Merah, 2010).

Les dix échantillons sont testés sur cinq souches microbiennes à caractère pathogène (quatre souches bactériennes et une levure).

➤ Souches bactériennes testées

Pour l'évaluation de l'activité antibactérienne des dix échantillons de miel, quatre souches bactériennes sont utilisées.

Tableau III : Souches pathogènes testées vis-à-vis des échantillons de miel

Groupe bactérien	Souche	Origine
Gram positif	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 (Souche de référence)	Laboratoire de microbiologie
	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 (Souche de référence)	Laboratoire de microbiologie
Gram négatif	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853 (Souche de référence)	Laboratoire de microbiologie
	<i>Klebsiella pneumoniae</i> 4392 (Souche clinique)	Laboratoire du CHU de Tizi-Ouzou (crachat de passions atteints d'infections respiratoires)

➤ Souche fongique

L'activité antifongique des miels testés est portée sur la souche *Candida albicans* (levure)

Ces souches ont été fournies par le laboratoire de microbiologie de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou et par le CHU Nedir Mohammed de Tizi-Ouzou.

Le choix de ces souches est en fonction de leur différence pariétale (Gram + et Gram -), leur pathogénicité et de leur résistance naturelle aux antibiotiques.

➤ Antibiotiques utilisés

La sensibilité aux antibiotiques est testée par l'antibiogramme.

Les antibiotiques utilisés sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau IV : Antibiotiques utilisés dans l'antibiogramme

<i>S.aureus</i>	<i>E.coli</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>K.pneumoniae</i>	<i>C.albicans</i>
Céfotaxime (CTX 30)	Amoxicilline (AX 25)	Amykacine (AK 30)	Ampicilline (AMP 10)	Sertaconazole (antifongique)
Céfoxitine (FOX 30)	Céfoxitine (FOX 30)	Gentamicine (GM 10)	Amykacine (AK 30)	
Kanamycine (K 30)	Kanamycine (K 30)	Fosfomycine (FOS 50)	Fosfomycine (FOS 50)	
Néomycine (N 30)	Sulfaméthoxazole (SXT 25)	Néomycine (N 30)	Oflaxacine (OF 5)	

➤ Milieux de culture

Les tests antimicrobiens ont été réalisés sur milieu gélosé Sabouraud pour le test antifongique et le milieu Mueller-Hinton (MH) qui est considéré comme le milieu de référence pour les tests antibactériens selon les recommandations nationales et internationales (EUCAST, 2003; NCCLS, 2003), du fait qu'il contient tous les éléments requis pour une bonne croissance des bactéries.

➤ Préparation des échantillons de miel

Différentes dilutions (25%, 50%, 75%) sont préparées pour chaque échantillon de miel, en mélangeant une quantité de miel avec l'eau distillée stérile pour un volume final de 4 ml, ensuite elles sont conservées dans des tubes eppendorf stériles à basse température (4°C).

Tableau V : Préparation des dilutions de miel

Dilution	Volume de miel (ml)	Volume d'eau distillée stérile (ml)
100%(miel pur)	4	0
25%	1	3
50%	2	2
75%	3	1

➤ Préparation de l'inoculum

Les différentes souches bactériennes ont été repiquées par la méthode des stries (trois cadrans), puis incubées à 37°C pendant 18 à 24 heures afin d'obtenir une culture jeune en phase exponentielle. A partir de cette culture pure et fraîche de 24 heures, des colonies isolées sont raclées puis mises dans 9 ml d'eau physiologique stérile (NaCl 0,9 %) afin d'avoir une turbidité équivalente à 0.5 Mac Farland, d'une concentration cellulaire estimée à 10^8 UFC /ml, pour une absorbance de [0,08-0,13] à 625 nm.

L'activité antimicrobienne des échantillons de miel est testée par deux méthodes :

III.4.1.Méthode de diffusion à travers des disques de papier wattman

(Aromatogramme)

➤ Principe

La méthode d'aromatogramme est la technique choisie pour déterminer l'activité antimicrobienne des échantillons de miel. Cette méthode repose sur le pouvoir migratoire des extraits à l'intérieur d'une boîte de Pétri contenant un milieu de culture solide qui est la gélose Muller Hinton selon les recommandations de (CLSI, 2015).

➤ Mode opératoire

Après standardisation, un volume de 100µl de la suspension bactérienne est prélevé puis étalé avec un râteau sur les milieux MH (pour les bactéries) et Sabouraud (pour la levure), gélifiés dans des boîtes de Pétri (4 mm), selon la technique de la culture en nappe, puis les boîtes sont laissées sécher.

Des disques stériles de papier wattman (de diamètre de 5 mm) imbibés de 20µl de chaque dilution de miel (100%, 25%, 50%, 75%) sont déposés sur la gélose déjà ensemencée, à l'aide d'une pince stérile en y appuyant légèrement dessus.

Une boîte de pétri est consacrée pour le témoin positif réalisé avec des antibiotiques (cités dans le tableau 6) et une autre pour le témoin négatif contenant un disque de papier wattman imprégné de 20 µl d'eau distillée stérile ,pour chaque souche.

Les boîtes de Pétri sont placées pendant 2h au réfrigérateur pour permettre la bonne diffusion des substances bioactives, puis incubées à 37 °C pendant 24h pour les souches bactériennes et à 30 °C pendant 72h pour la souche fongique .

Ce test est effectué à trois reprises avec chaque échantillon de miel et avec les cinq souches microbiennes.

➤ Lecture

Le profil de sensibilité des bactéries aux antibiotiques ou au miel peut être déterminé par la mesure des diamètres des zones d'inhibition autour des disques à l'aide d'une règle graduée.

Le diamètre de chaque zone d'inhibition est mesuré en mm, en se référant à l'échelle de l'estimation de l'activité antimicrobienne donnée par (Ponce *et al.*, 2003) (Annexe V).

III.4.2.Détermination de la concentration minimale inhibitrice sur milieu solide

La concentration minimale inhibitrice est définie comme étant la concentration la plus faible d'un agent antimicrobien qui inhibe la croissance visible d'un micro-organisme après 18 heures d'incubation.

Le principe consiste à mettre un inoculum bactérien standardisé au contact de concentrations croissantes des solutions de miel suivant la méthode de diffusion en gélose.

La CMI de chaque souche est déterminée par l'inhibition de la croissance autour des disques d'aromatogramme contenant la plus faible concentration de la solution de miel.

Les étapes essentielles de l'évaluation de l'activité antimicrobienne sont résumées dans le schéma suivant :

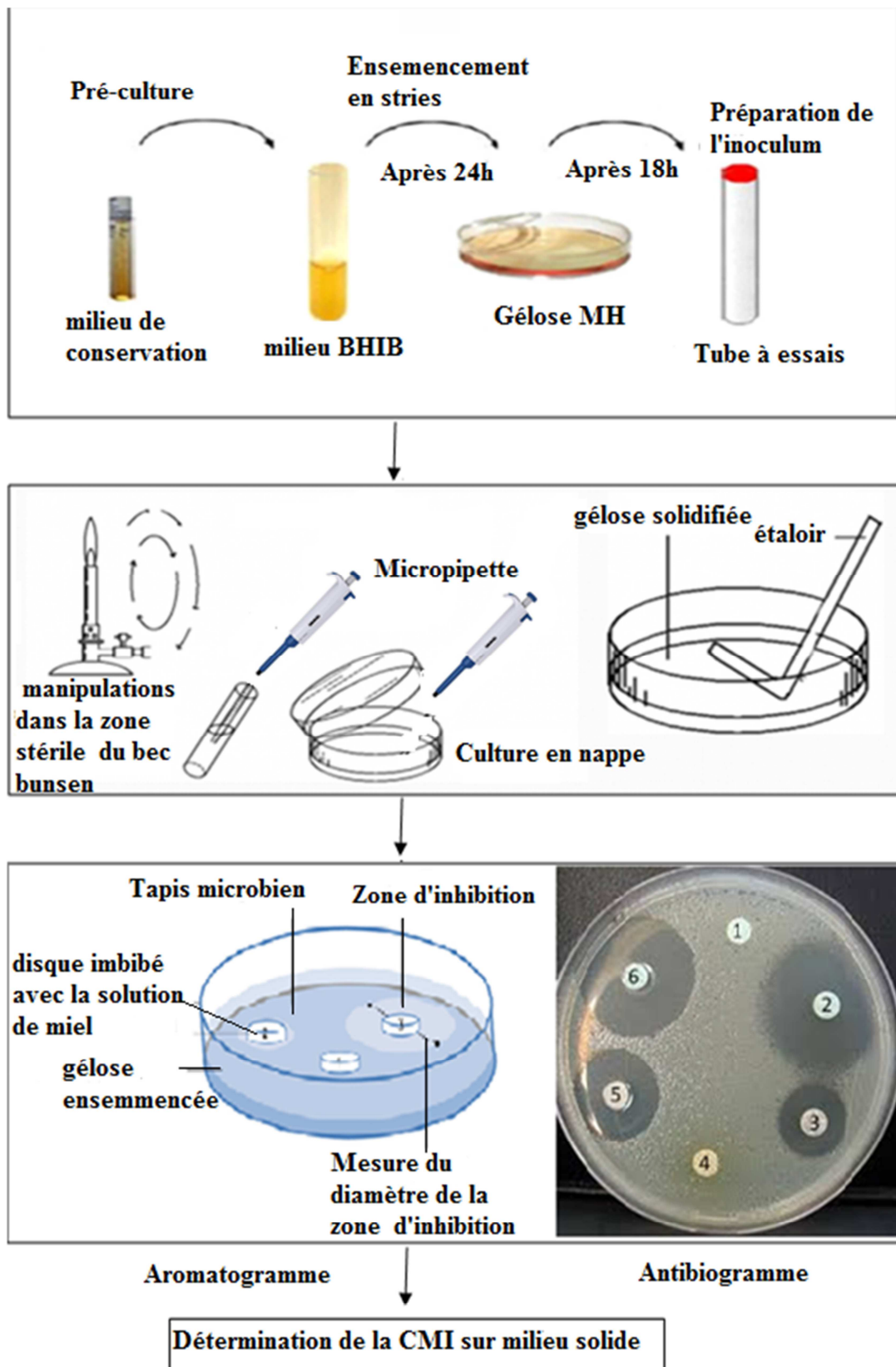


Figure 17 : Schéma récapitulatif de l'évaluation de l'activité antimicrobienne (Avisse, 2014).

L'objectif principal de cette étude est la détermination de la conformité de dix échantillons de miel algérien de diverses origines phytogéographiques aux normes internationales, par la mesure de certaines caractéristiques physico-chimiques, et la caractérisation de leur pouvoir antioxydant et leur effet antimicrobien vis-à-vis de certains microorganismes pathogènes.

Les résultats ont été représentés sous forme de moyennes et écart-types.

I. Caractéristiques physico-chimiques

I.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est un critère de qualité, il est en fonction de la quantité d'acides ionisables qu'il renferme (ions H⁺) ainsi que de sa composition minérale. Les miels de nectar ont un pH faible (de 3,3 à 4,0), tandis que les miels de miellat ont un pH un peu plus élevé (4,2 à 5,5) (Bogdanov *et al.*, 1995). Un pH extrême, en dehors de ces valeurs, révèle une dégradation biochimique suite à de mauvaises conditions de récolte ou de conservation (Yaiche *et al.*, 2014).

Les résultats des pH des échantillons de miel sont représentés dans la figure suivante :

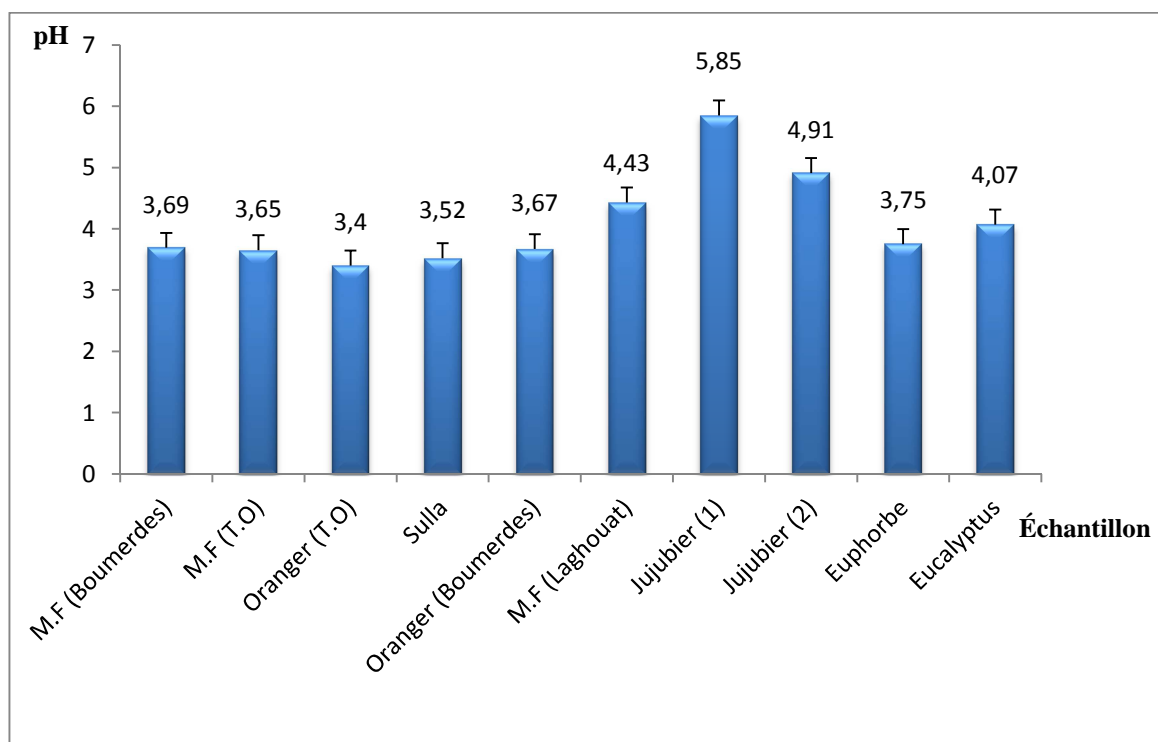


Figure 18: Valeurs (moyenne±écart-type) de pH des miels analysés. (n = 3)

Les valeurs de pH des miels analysées sont comprises entre $3,40 \pm 0,02$ et $5,85 \pm 0,11$. La valeur maximale est attribuée au miel du jujubier (1) alors que la valeur minimale est présentée par le miel d'oranger de Tizi-Ouzou.

Les deux miels du jujubier ont présenté un pH relativement plus élevé que celui des autres miels testés.

Ces valeurs de pH sont concordées avec les recommandations du Codex Alimentarius (2001), à l'exception des deux miels du jujubier connus pour être toujours moins acides. Ce résultat était proche de celui rapporté par Haderbache (2013) sur les miels algériens qui a obtenu une valeur de $4,96 \pm 0,91$ pour le miel du jujubier.

L'intervalle des pH obtenus était proche de celui rapporté par Ouchemoukh (2007) sur les miels algériens (3,43 à 4,49) et celui obtenu par Alqarni (2016) sur les miels de l'Arabie Saoudite (3,03 et 4,73), tandis que Shobham (2017) a rapporté un intervalle inférieur à nos résultats sur les miels de Telangana (3,7 à 3,9).

La variation du pH serait due à la flore butinée, à la sécrétion salivaire de l'abeille et aux processus enzymatiques et fermentatifs pendant la transformation de la matière première (Belhadj *et al.*, 2015).

I.2.Acidité libre

L'acidité libre est un paramètre important lié à la détérioration du miel. Il est caractérisé par la présence d'acides organiques en équilibre avec les lactones, les esters internes et certains ions inorganiques tels que les phosphates, les sulfates et les chlorures (Gomes *et al.*, 2010).

Le Comité du Codex Alimentarius sur les sucres (2001) a fixé une valeur maximale de 50,00 meq/ kg pour l'acidité libre. Des valeurs plus élevées peuvent être indicatives de la fermentation des sucres en acides organiques.

Les valeurs de l'acidité libre des miels analysés sont illustrées dans la figure suivante :

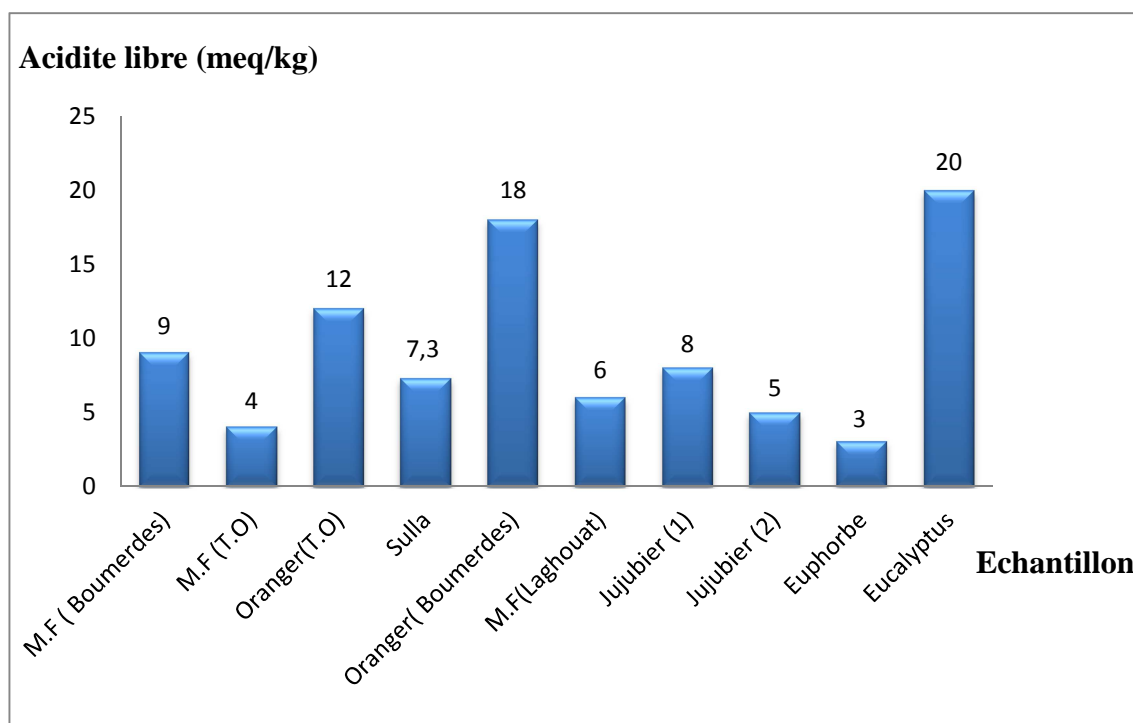


Figure 19: Valeurs de l'acidité libre des échantillons étudiés (n=1).

L'acidité libre de nos miels varie entre $3 \pm 0,00$ et $20 \pm 0,00$ meq/kg.

La valeur maximale est prononcée par le miel d'eucalyptus alors que la valeur minimale est revenue au miel d'euphorbe.

Nous avons constaté qu'aucun des échantillons de miel testés n'a dépassé la limite autorisée. Cela indique l'absence de fermentations indésirables.

Nos résultats étaient similaires à ceux de Diafat *et al.* (2017) sur les miels algériens qui ont trouvé une acidité libre entre (2,00 et 20,0 meq /kg).

Nos valeurs sont proches de celles trouvées par Abselami *et al.* (2017) sur les miels de l'est du Maroc qui ont eu une acidité libre entre 5,77 et 19,47 meq/ kg .

En opposition, l'étude d'Alqarni *et al.* (2016) sur les miels d'Arabie Saoudite a montré des valeurs d'acidité libres comprises entre 12 et 134 meq/kg.

Selon Ajlouni *et al.* (2010), une acidité libre élevée peut être un indice d'une fermentation par des levures osmotiques. En effet, au cours de la fermentation, le glucose et le fructose sont convertis en alcool. Ce dernier est à son tour hydrolysé en présence d'oxygène et converti en acide acétique, ce qui contribue à l'augmentation de l'acidité libre.

I.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique est un indicateur souvent utilisé dans le contrôle de la qualité du miel qui peut être utilisée pour distinguer entre les miels de nectar et ceux de miellat. (Karabagias *et al.*, 2014). Elle dépend de la teneur en éléments minéraux et de l'acidité du miel ; plus ces dernières sont élevées plus la conductivité correspondante est élevée (Piazza *et al.*, 1991 ; Yücel et Sultanoglu, 2013).

La conductivité des miels de nectar doit être inférieure ou égale à 0,8 mS/cm, tandis que les miels de miellat peuvent avoir des valeurs supérieures à 0,8 mS/cm, à l'exception de quelques miels (eucalyptus, erica,...) pour lesquels la conductivité varie fortement (Codex Alimentarius, 2001).

Les résultats de la conductivité électrique sont illustrés dans la figure ci-après :

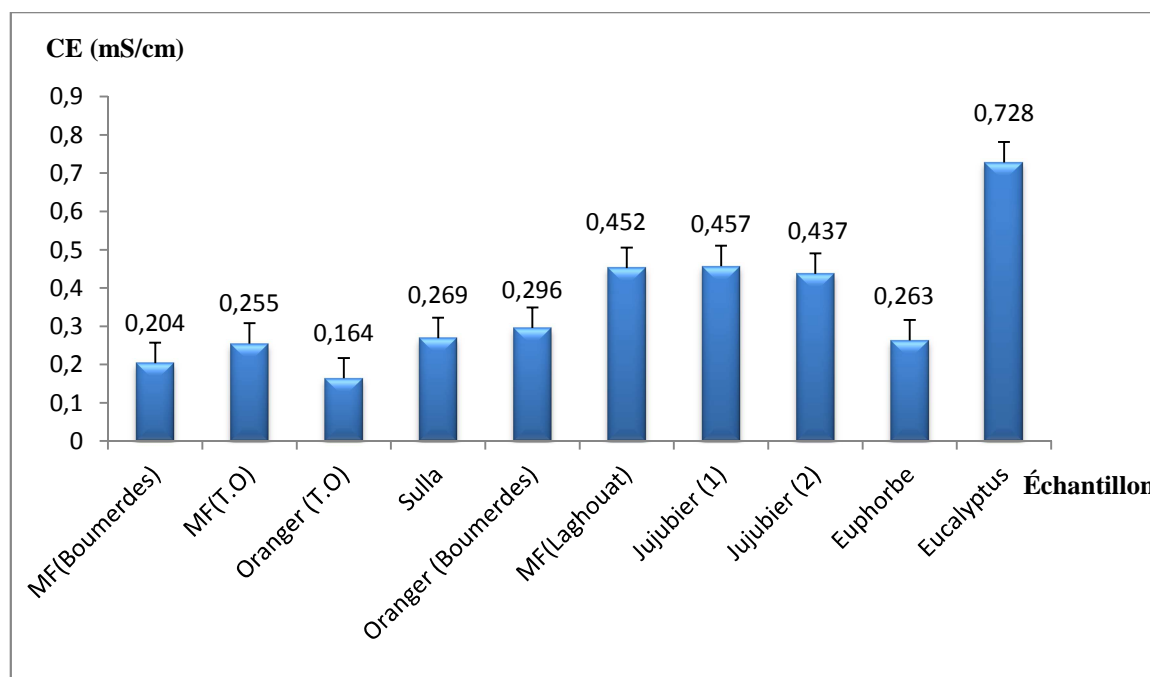


Figure 20: Valeurs (moyenne \pm écart-type) de la conductivité électrique des miels étudiés (n=3).

Les valeurs de la conductivité électrique des miels analysés étaient comprises entre $0,164 \pm 0,64$ mS/cm et $0,728 \pm 2,83$ mS/cm. Ainsi le miel d'oranger de Tizi-Ouzou possédait la valeur la plus faible par rapport aux autres variétés de miel étudiées. Vu que les miels étudiés ont eu des valeurs inférieures à 0,8 mS/cm, il était possible de dire que nos miels étaient issus du nectar.

Le miel d'*Eucalyptus* a enregistré la valeur maximale. Cela est en accord avec les normes du Codex Alimentarius (2001) qui indique une conductivité électrique qui varie fortement pour le miel d'eucalyptus. À ce sujet, (Talpay ,1985) propose des valeurs allant de 0,40 à 0,90 mS/cm pour les miels d'*Eucalyptus*.

La différence enregistrée entre les valeurs de la conductivité électrique des miels analysés peut être expliquée par la variabilité de l'origine botanique et la composition chimique de ces miels.

Les valeurs de la conductivité électrique obtenues sont similaires à celles de Benaziza et Schweitzer (2010) sur les miels du Nord de l'Algérie, qui ont trouvé des valeurs de 0,76 à 0,80 mS/cm pour l'*Eucalyptus* ; entre 0,20 et 0,80 mS/cm pour les autres miels testés.

Nos résultats sont semblables à ceux de Yaiche *et al.* (2014) sur les miels algériens (0,24 à 0,56 mS/cm), proches de ceux de Mekious *et al.*(2015) et ceux de Abselami *et al.* (2017) sur les miels de l'Est du Maroc, qui ont trouvé des valeurs allant de 0,323 à 0,580 mS/cm et de 0,108 à 0,626 mS/cm respectivement. Shobham *et al.* (2017) ont rapporté des résultats similaires sur les miels de Talagana qui varient entre 0,45 et 0,55 mS/cm.

Selon Kaskoniené *et al.* (2010) et Alqarni *et al.* (2012), les miels foncés conduisent mieux le courant électrique que les miels clairs .Ceci est dû à la richesse de ces miels en matières minérales ionisables (Amellal , 2008) .

Cette conclusion est confirmée par les échantillons de miel étudiés.

I.4.Teneur en cendres

La Teneur en cendres est un critère de qualité qui détermine l'origine botanique et géographique du miel (Belay *et al.*, 2013). En effet, la teneur en cendres des miels de nectar est plus faible que celle des miels de miellat. Elle est inférieure ou égale à 0,6% pour les miels de nectar, tandis que celle des miels de miellat ou mélangé avec des miel de nectar, est comprise dans l'intervalle [0,6% - 1,2%] (Ouchemoukh *et al.*, 2007).

Les résultats de la teneur en cendres sont présentés dans la figure 21.

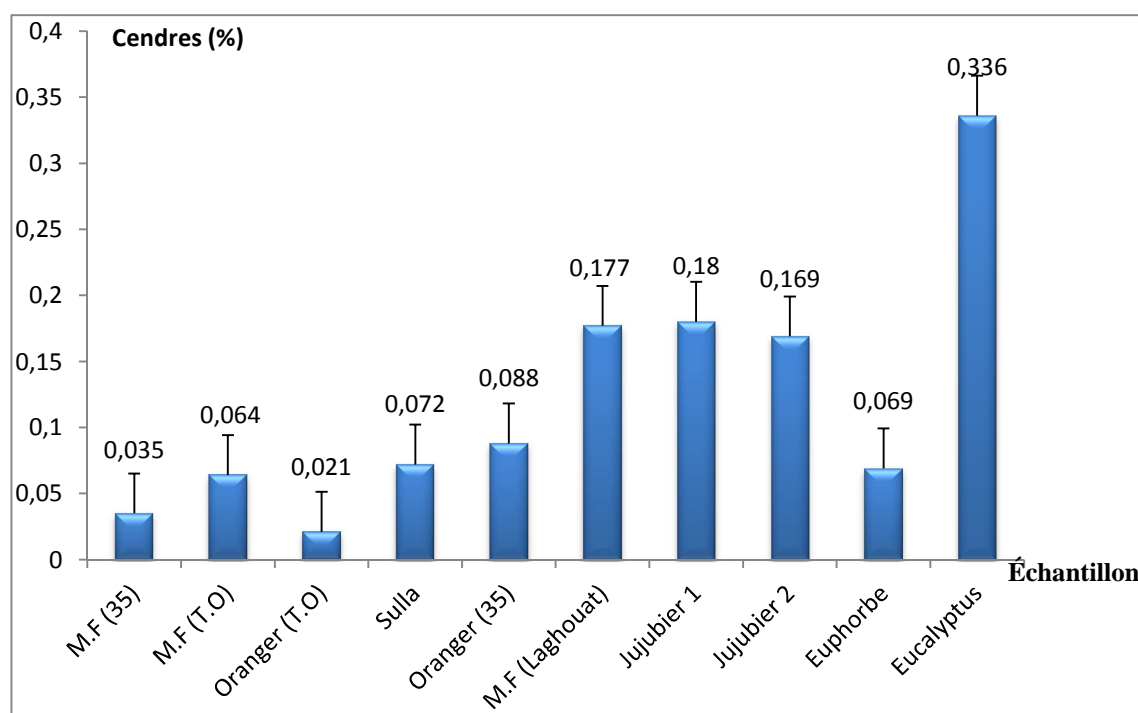


Figure 21: Valeurs (moyenne ± écart-type) de la teneur en cendres des miels étudiés (n=3).

Nous avons constaté que les teneurs en cendres des échantillons analysés varient de 0,02% ±0,64 à 0,33% ±2,83.

La valeur minimale a été enregistrée par le miel d'oranger de Tizi-Ouzou, alors que le miel d'eucalyptus a eu la valeur maximale.

Ces valeurs sont proches de celles rapportées par Doukani *et al.* (2014) [0,09 à 0,45%] et incluses dans l'intervalle [0,01% - 1,1 %] rapporté par Terrab *et al.* (2003) sur les miels du Maroc.

Nandaa *et al.* (2003) signalent que la limite permise pour la teneur en cendres des miels de nectar est de 0,6%. Nos résultats sont donc en accord avec les limites autorisées par le Codex Alimentarius, (2001).

La variation de la teneur en cendres est principalement déterminée par le sol et le climat caractéristique (Acquaron *et al.*, 2007).

I.5.Teneur en eau

La teneur en eau est un élément important dans l'évaluation du degré de maturité du miel et de sa durée de vie. Généralement une quantité d'eau élevée provoque la fermentation du miel, la perte de sa saveur et de sa qualité (Fahim *et al.*, 2014).

Les résultats de la teneur en eau des miels étudiés sont représentés dans la figure suivante :

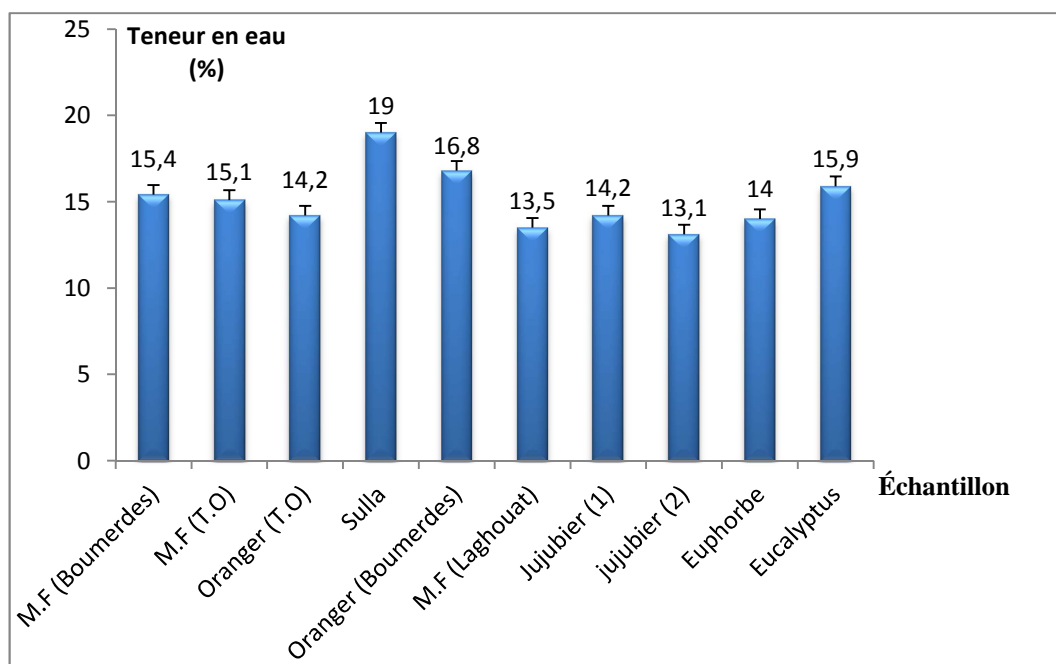


Figure 22 : Valeurs (moyenne±écart-type) de la teneur en eau des miels étudiés (n=3).

La figure ci-dessus montre que la teneur en eau des miels analysés est comprise entre 13,1% \pm 0,14 et 19 % \pm 0,14.

Le miel de sulla a eu la teneur en eau la plus élevée, tandis que le miel du jujubier (2) a enregistré la valeur la plus faible.

Ces résultats obtenus sont inférieurs à 20%, limite mentionnée par la Commission Européenne, (2002) et le Codex Alimentaire, (2001).

Ces valeurs sont révélatrices d'un bon état des miels étudiés dont la fermentation est inattendue.

Nos résultats sont similaires à ceux de Makhloufi *et al.*(2010) sur les miels de l'Algérie (13.9% à 20.2%) et proches de ceux rapportés par Can *et al.*(2015) sur les miels de la Turquie (16% à 20%),tandis que l'étude de Azonwade *et al.*(2018) sur les miels du Benin a révélée des teneurs en eau inférieures à nos résultats, allant de 12,1 à 13,2% seulement .

D'après Ouchemoukh, (2016), la teneur en eau du miel dépend des conditions environnementales, l'origine florale et de la période de récolte. Elle peut varier d'une année à une autre, ce qui explique les variations de la teneur en eau entre les miels étudiés.

I.6.Matière sèche (Degré de Brix)

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

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

Les valeurs du degré de Brix obtenues sont illustrées dans la figure suivante :

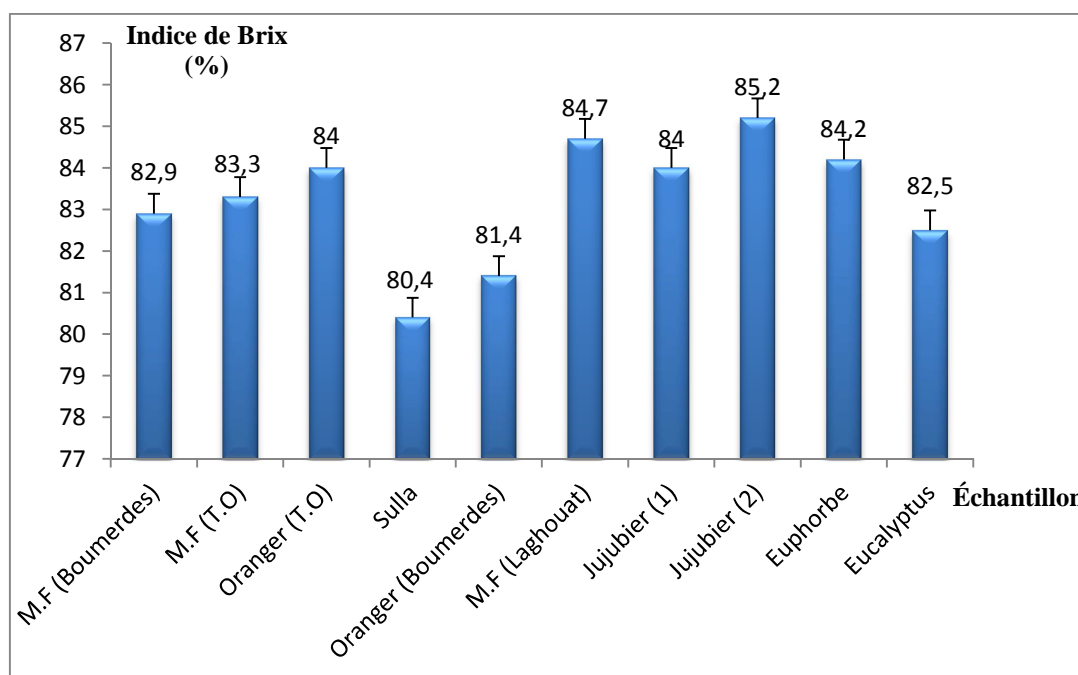


Figure 23: Valeurs (moyenne±écart-type) de l'indice de Brix des miels étudiés (n=3).

Le degré de Brix des échantillons de miel analysés varie entre 80,4 % ±0,9 et 85,2 % ±0,4.

Le miel de Sulla présente la valeur la plus faible en matière sèche, alors que la valeur maximale est attribuée au miel du Jujubier 2 qui présente la plus forte teneur en matière sèche. Ceci peut être dû à la variation du climat entre les régions des deux miels (Tizi-Ouzou et Biskra) respectivement pluvieux et sec, ainsi que la nature de chaque plante.

Les résultats obtenus sont inclus dans l'intervalle fixé par le Codex Alimentaire (2001), proches de ceux des miels du centre d'Algérie (80.17 à 84.73%) rapportés par Zerrouk *et al.* (2011), supérieurs à ceux des miels du Bangladesh (42,8 à 60,6 %) rapportés par Islam *et al.* (2012) et ceux des miels Malaysiens (55,33 à 64,93%) rapportés par Moniruzzaman *et al.* (2013).

I.7.Densité

La densité et le taux d'humidité sont corrélés et servent à mesurer la falsification du miel. À mesure que la teneur en eau du miel augmente, la densité relative diminue.

Les résultats de la densité des miels étudiés sont présentés dans la figure 24.

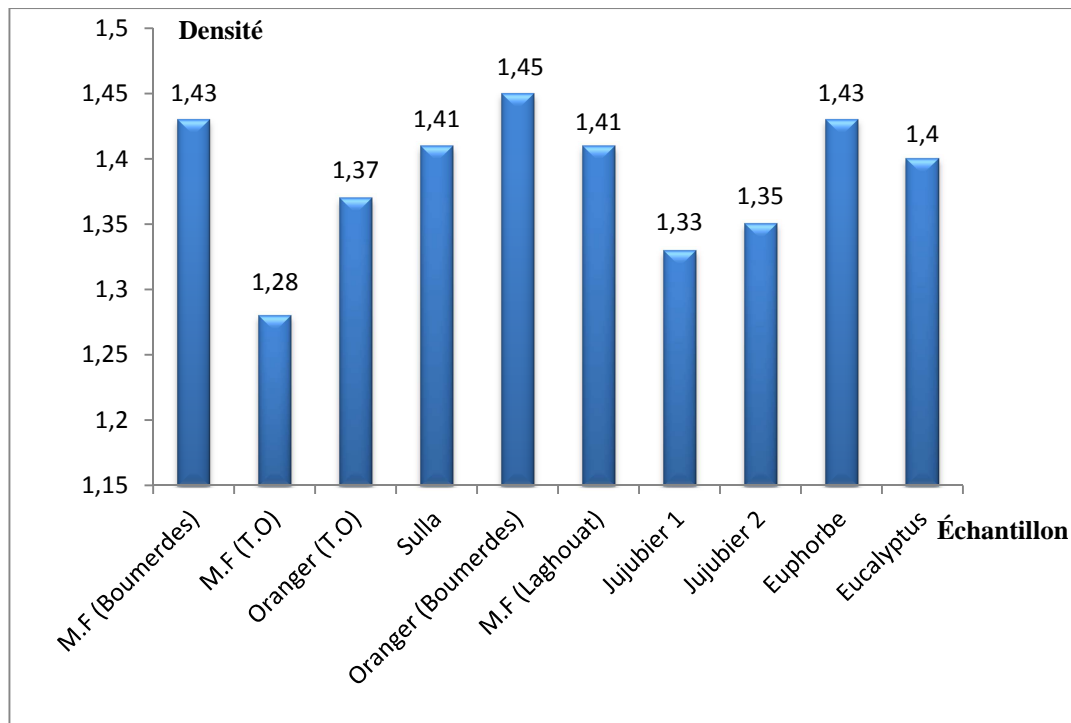


Figure 24: Valeurs de la densité des miels étudiés (n=1).

Les valeurs obtenues varient de $1,28 \pm 0,00$ à $1,45 \pm 0,00$. La valeur minimale est attribuée au miel multifloral de Tizi-Ouzou, tandis que la valeur maximale est présentée par le miel d'oranger de Boumerdes.

Nous avons constaté que certains types de miels d'origine géographique et botanique différente ont eu la même densité, comme celui de sulla de Tizi Ouzou et le multifloral de Laghouat (1,41) ; le miel multifloral de Boumerdes et celui d'euphorbe de Biskra (1,43).

Pour nos résultats, il nous a paru qu'uniquement cinq échantillons sont en accord avec l'hypothèse de corrélation. Ces échantillons sont : le miel d'euphorbe, le miel multifloral de Tizi-Ouzou, le miel d'eucalyptus, celui d'oranger de Tizi-Ouzou et le miel multifloral de la région aride. Ceci pourrait être dû aux erreurs de manipulation au niveau du laboratoire, car la densité du miel se mesure normalement par un pycnomètre dont la température et les conditions ambiantes doivent être stables. Aussi, cela peut être dû aux erreurs au cours du sertissage.

Les résultats obtenus sont conformes aux normes internationales et semblables à ceux de Ahed et khaild (2016) sur les miels de Palestine et ceux rapportés par Saad *et al.* (2017) sur les miels de l'Arabie saoudite.

I.8. Teneur en Hydroxyméthylfurfural (HMF)

L'hydroxyméthylfurfural (HMF) est largement reconnu comme indicateur de la fraîcheur et le surchauffage du miel. Cette molécule apparaît au cours du processus de vieillissement naturel du miel. Ce processus est accéléré si les miels sont chauffés ou s'ils sont très acides (Pita-Calvo et Vazquez, 2017).

Le Codex Alimentarius, (2001) a fixé une limite de 40 mg/kg pour l' HMF dans le miel, à l'exception des miel provenant des pays ou régions avec des températures tropicales (80 mg/kg) et des miels avec un faible niveau enzymatique (15 mg/kg).

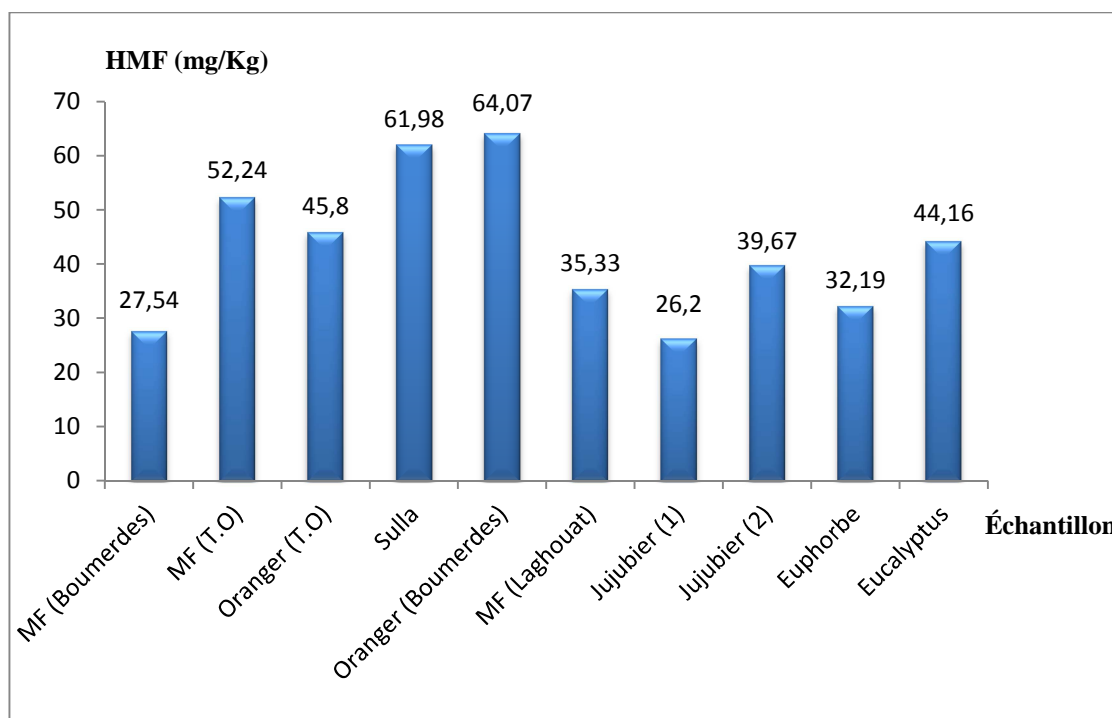


Figure 25: Valeurs des HMF des miels étudiés (n=1).

L'analyse des échantillons de miel a révélé des teneurs en HMF situées entre $26,2 \pm 0,00$ et $64,07 \pm 0,00$ mg/kg.

Les valeurs des HMF des miels multifloral (Boumerdes), mulifloral (Laghovat), les deux jujubiers et l'Euphorbe sont conformes aux normes fixées par le Codex Alimentarius, (2001). Probablement, ces miels pourraient être frais ou n'ont pas subi un chauffage intense.

Le miel multifloral (T.O), de Sulla, d'oranger (T.O) et d'oranger de Boumerdes ont eu une teneur en HMF supérieure à 40 mg/kg. Ceci pourrait s'expliquer par le chauffage excessif pendant le processus de fabrication ou les conditions de stockage inadéquates de ces miels. Ces derniers sont tous de l'année précédente dont les conditions de stockage sont inconnues.

Les résultats obtenus étaient supérieurs à ceux rapportés par Diafat *et al.* (2017) sur les miels de l'Algérie (2,24 à 27,88 mg/kg).

Nos valeurs étaient incluses dans l'intervalle rapporté par Yaiche *et al.* (2014) (1,64 à 76,34 mg/kg) sur les miels de l'Algérie, celui de Belhaj *et al.* (2015) sur les miels du Maroc (3,87 à 100 mg/kg) et celui d'Alqarni *et al.* (2016) sur les miels de l'Arabie Saoudite (2,21 à 229,6 mg/kg).

II. Dosage des composés phénoliques du miel

Les composés phénoliques sont les principaux composants responsables de l'activité antioxydante du miel (Bueno-Costa *et al.*, 2016).

II.1. Dosage des polyphénols totaux

Les polyphénols sont l'une des plus importantes classes de composés rencontrés dans le miel (Ibrahim *et al.*, 2012).

Les teneurs en polyphénols totaux des miels analysés sont représentées dans la figure 26.

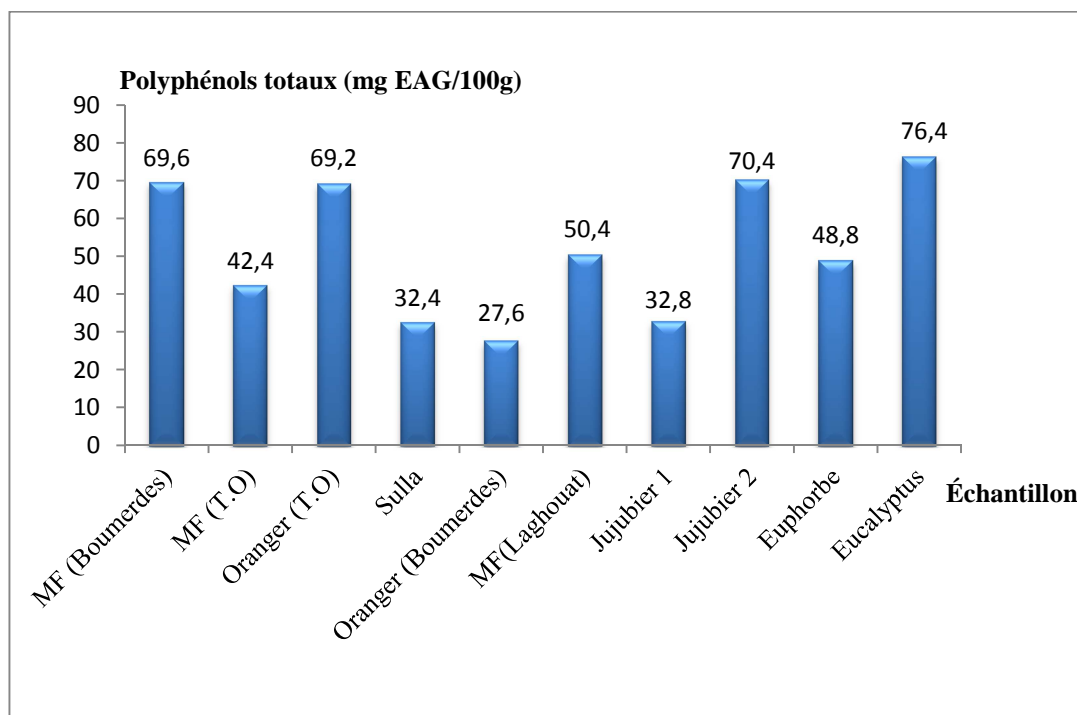


Figure 26 : Teneur en polyphénols totaux des échantillons de miel étudiés (n=1).

Les valeurs des polyphénols totaux obtenues oscillent entre $27,6 \pm 0,00$ et $76,4 \pm 0,00$ mg GAE/100 g de miel.

Le miel d'oranger de Boumerdes a enregistré la teneur la plus faible en polyphénols totaux par rapport aux autres miels, tandis que le miel d'Eucalyptus a enregistré la valeur la plus élevée.

Selon Sime *et al.* (2015), les miels de couleur rouge foncée sont plus riches en composés phénoliques totaux que les miels jaunâtres clairs, tandis que les miels blanchâtres ont une teneur plus faible par rapport aux miels précédents. Ceci a été confirmé par notre étude : le miel d'eucalyptus de couleur marron foncée est plus riche en polyphénols totaux par rapport au miel multifloral de Laghouat de couleur jaunâtre clair. Le miel multifloral de Tizi-Ouzou, de couleur plus claire, a une faible teneur en polyphénols.

Nos résultats étaient très faibles à ceux d'Ouchemoukh *et al.* (2016) sur les miels algériens (90 à 318 mg GAE / 100 g), inférieurs à ceux de Azonwade *et al.* (2017) sur les miels du Bénin (67,2 à 861 mg GAE/100g), et à ceux d'Oliveira *et al.* (2017) sur les miels du Brésil (30,71 à 854,02 mg GAE / 100 g), proches de ceux rapportés par Liben *et al.* (2018) sur les miels de l'Éthiopie (45,4 à 73,5 mg GAE/100 g).

Cette variation peut être due aux différences de l'origine florale et géographique et à la procédure et les techniques de conservation. En effet, Saba *et al.* (2011) ont montré que les teneurs totales phénoliques varient en fonction de la localisation géographique des différentes sources florales. Le climat aussi pourrait jouer un rôle dans la variation des teneurs en polyphénols totaux. En effet, Azonwade *et al.* (2017) ont rapporté que les polyphénols totaux seraient plus disponibles dans les plantes en saison des pluies qu'en saison sèche.

II.2. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques de faible poids moléculaire, qui participent activement aux propriétés organoleptiques et antioxydantes des miels (Saba *et al.*, 2011).

Les teneurs en flavonoïdes des miels étudiés sont illustrées dans la figure 27

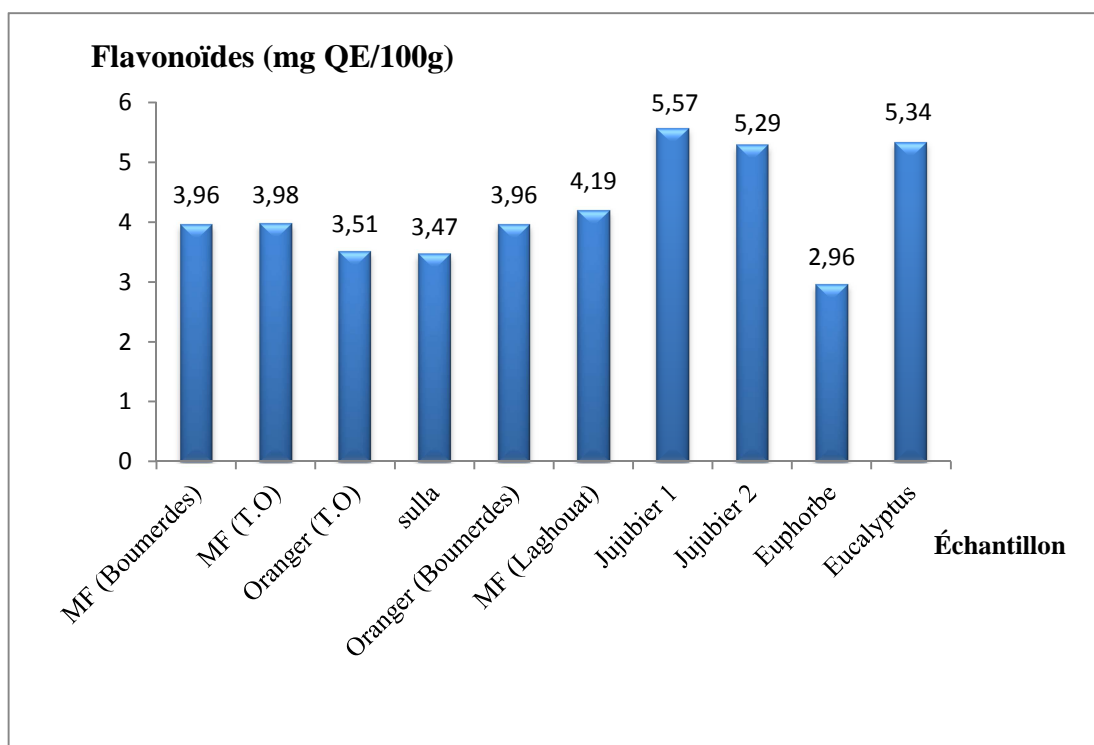


Figure 27: Teneur en flavonoïdes des échantillons de miel étudiés (n=1).

Le taux des flavonoïdes des miels analysés est compris entre $2,96 \pm 0,00$ et $5,57 \pm 0,00$ mg EQ/100 g de miel.

Nous avons constaté que le miel du jujubier (1) possède la teneur la plus élevée en flavonoïdes, alors que le miel d'euphorbe possède la teneur la plus faible en flavonoïdes.

Ces résultats sont inclus dans l'intervalle rapporté par Ouchemoukh *et al.* (2012) sur des miels algériens (0,30 à 35,61 mg QE/100g) et celui rapporté par Can *et al.* (2015) sur les miels de la Turquie (0,65 à 8,10 mgQE/100 g). Ils sont proches de ceux obtenus par Bueno-Costa (2016) sur les miels du Brésil (2,98 à 10,46 mgQE/100 g) et inférieurs à ceux rapportés par Bouyahya *et al.* (2017) sur les miels du Maroc ($19,64 \pm 0,83$ à $43,24 \pm 0,72$ mg QE/g).

Les variations de la teneur en flavonoïdes entre les miels étudiés peuvent être dues à la différence de l'origine phytogéographique et à la procédure et les techniques de conservation de ces miels.

III. Détermination de l'activité antioxydante par le radical DPPH*

Le radical DPPH* est l'un des substrats les plus largement utilisé pour l'évaluation de l'activité antioxydante des molécules biologiques, en raison de sa stabilité sous forme radicale et la simplicité de l'analyse.

Les résultats de l'activité antioxydante obtenus sont représentés dans la figure 28.

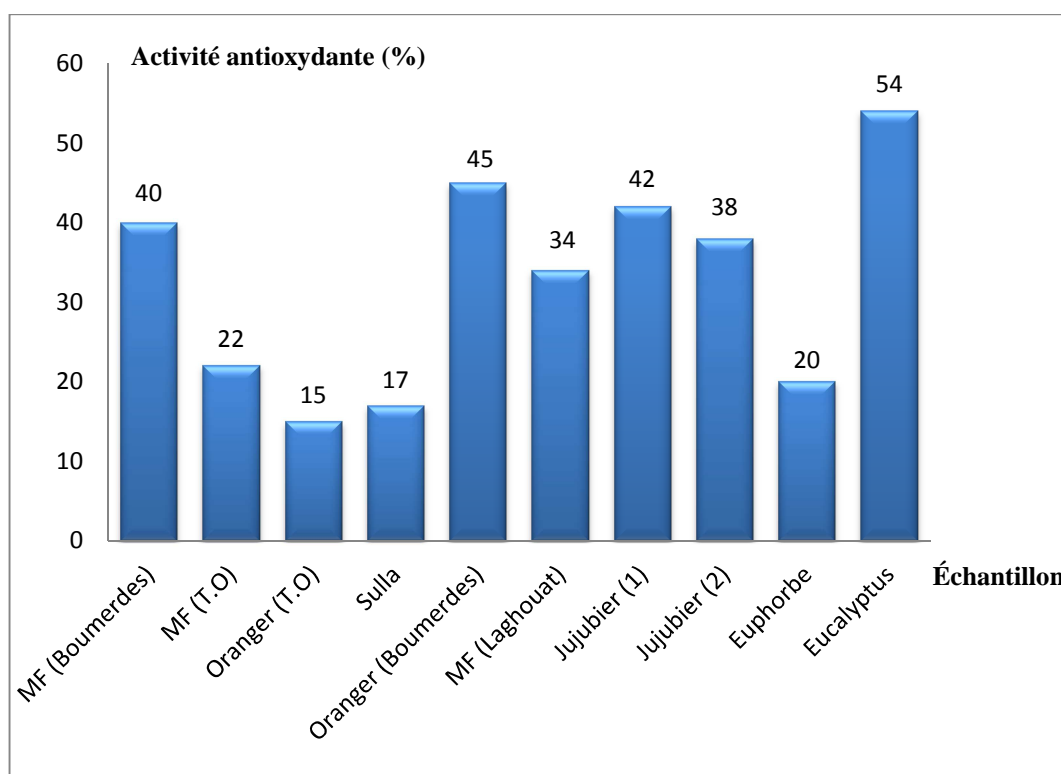


Figure 28 : Valeurs de l'activité antioxydante des miels étudiés (n=1)

Les valeurs de l'activité antioxydante des différents miels étudiés varient entre 15% \pm 0,00 et 54% \pm 0,00.

Le miel d'oranger de Tizi-Ouzou a présenté le plus faible pouvoir antioxydant, tandis que le miel d'eucalyptus a enregistré la plus forte activité antioxydante. Ceci était dû à la richesse de ce dernier en composés phénoliques (polyphénols totaux et flavonoïdes).

Ces résultats sont proche de ceux rapportés par Diafat (2017) sur les miels algériens (27,6 à 47,5%) et ceux obtenus par Oliveira (2017) sur les miels du Brésil (25,39 à 51,44 %). Cependant, Bouyahya *et al.* (2017) ont rapporté des valeurs supérieures à nos résultats sur les miels du Maroc (36,38% à 61,94%).

Les trois échantillons de Boumerdes à savoir le miel multifloral, ceux d'oranger et d'eucalyptus ; les deux miels du jujubier de Biskra et le miel multifloral de Laghouat ont eu des valeurs convergentes, malgré les variations botaniques, géographiques et climatiques des régions de ces miels. Ceci peut être expliqué par la présence d'autres composants de miel qui favorisent l'activité antioxydante.

Bouyahya *et al.* (2017) ont montré l'implication linéaire des composés phénoliques (essentiellement des flavonoïdes) dans l'activité antioxydante. Cette conclusion est confirmée par une étude réalisée par Al-Mamary *et al.* (2002) qui a montré que l'activité antioxydante de différents types de miel originaire de différents pays dépendait essentiellement de leur concentration en composés phénoliques. Par ailleurs, notre étude sur l'activité antioxydante du miel a conclu cette corrélation.

Cependant, le potentiel antioxydant d'un miel ne dépend pas seulement de son contenu en composés phénoliques, mais aussi d'autres composés chimiques, entre autres les enzymes (Bouyahya, 2016).

IV. Évaluation de l'activité antimicrobienne

L'évaluation de l'activité antimicrobienne de dix échantillons de miel algérien est testée *in vitro* sur cinq souches microbiennes. Elle est basée sur la mesure des diamètres des halos d'inhibition (mm) de différentes dilutions des échantillons de miel sur un milieu solide.

Les résultats obtenus pour les différentes souches testées sont résumés dans le tableau 8 et illustrés dans les figures ci-après.

Tableau VI : Diamètre des zones d'inhibition des différentes souches testées.

Échantillon	Dilution	<i>E. coli</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Candida albicans</i>
MF (Boumerdes)	C0	15,41 ± 2,68	11,25 ± 0,25	11,27 ± 0,45	12,25 ± 0,25	0,0 ± 0
	C1	0,0 ± 0	0,0 ± 0	8,58 ± 0,52	0,0 ± 0	0,0 ± 0
	C2	0,0 ± 0	0,0 ± 0	6,08 ± 0,38	0,0 ± 0	0,0 ± 0
MF(T.O)	C0	34 ± 11,79	0,0 ± 0	11,64 ± 0,78	12,08 ± 0,38	0,0 ± 0
	C1	0,0 ± 0	0,0 ± 0	8 ± 0,78	0,0 ± 0	0,0 ± 0
	C2	0,0 ± 0	8,08 ± 0,14	0,0 ± 0	7,75 ± 0,25	0,0 ± 0
Oranger (T.O)	C0	16,5 ± 0,5	10,75 ± 0,25	9,92 ± 0,39	10,5 ± 1	0,0 ± 0
	C1	0,0 ± 0	0,0 ± 0	9,52 ± 0,5	6,08 ± 0,38	0,0 ± 0
	C2	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	7,5 ± 0,5	0,0 ± 0
Sulla	C0	32,33 ± 8,52	10,67 ± 0,29	0,0 ± 0	32,58 ± 1,9	8,67 ± 0,58
	C1	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0
	C2	0,0 ± 0	8,48 ± 0,03	0,0 ± 0	6,08 ± 0,38	0,0 ± 0
Oranger (Boumerdes)	C0	9,08 ± 0,38	11,58 ± 0,14	12,58 ± 0,52	32,42 ± 1,23	0,0 ± 0
	C1	0,0 ± 0	0,0 ± 0	8,08 ± 0,14	5,98 ± 0,23	0,0 ± 0
	C2	6,25 ± 0,25	0,0 ± 0	9,17 ± 0,29	9,75 ± 0,25	0,0 ± 0
MF (Laghouat)	C0	9,18 ± 1,05	0,0 ± 0	6,17 ± 0,29	11 ± 1,32	0,0 ± 0
	C1	23,33 ± 1,53	0,0 ± 0	7,79 ± 0,26	9 ± 0,25	0,0 ± 0
	C2	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0
Jujubier 1	C0	30 ± 1	0,0 ± 0	0,0 ± 0	6,93 ± 0,32	0,0 ± 0
	C1	0,0 ± 0	0,0 ± 0	11,23 ± 0,25	10,33 ± 0,76	0,0 ± 0
	C2	26,42 ± 1,28	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0
Jujubier 2	C0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	8,673 ± 0,76	0,0 ± 0
	C1	31,83 ± 8,78	0,0 ± 0	12,12 ± 0,13	10,33 ± 0,76	0,0 ± 0
	C2	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0
Euphorbe	C0	39,83 ± 4,25	8,67 ± 0,29	7,55 ± 0,32	9,33 ± 1,61	0,0 ± 0
	C1	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0
	C2	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	8,33 ± 1,53	0,0 ± 0
Eucalyptus	C0	29,87 ± 1,52	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	0,0 ± 0
	C1	23,5 ± 2,29	0,0 ± 0	8,92 ± 0,14	8 ± 0,5	0,0 ± 0
	C2	0,0 ± 0	0,0 ± 0	6,97 ± 0,05	0,0 ± 0	0,0 ± 0
	C0	0,0 ± 0	0,0 ± 0	6,33 ± 0,58	8,25 ± 0,66	0,0 ± 0
	C1	0,0 ± 0	0,0 ± 0			
	C3	0,0 ± 0	0,0 ± 0			

Unité de mesure : mm

C0, C1, C2, C3 : concentrations des échantillons de miel testés de 100%, 25 %, 50 % et 75% respectivement.

D'après le tableau précédent, nous avons remarqué que toutes les souches ont été affectées par les différents miels examinés.

Le diamètre des zones d'inhibition varie selon le miel testé, son degré de dilution et la souche microbienne utilisée ; ce qui indique un large spectre d'action antibactérienne et antifongique pour le miel, qui peut être expliqué par la combinaison d'actions de l'acidité, l'osmolarité, le peroxyde d'hydrogène et les composés phénoliques (Molan, 1992).

Plusieurs études préalables ont prouvé l'effet antimicrobien du miel, à l'instar de l'étude de Das *et al.*(2015) qui a montré que la croissance des espèces bactériennes responsables d'infections gastriques, tels que *S. typhi*, *S. typhimurium* et *E. coli* a été inhibée par le miel de sésame et les zones d'inhibition étaient respectivement de 30 mm, 33 mm et 29 mm ;et celle rapportée par Myrene (2016), qui porte sur l'évaluation de l'activité antimicrobienne in vitro du miel indien sur des isolats des plaies de brûlures.

IV.1. Souches bactériennes

IV.1.1. *Escherichia coli*

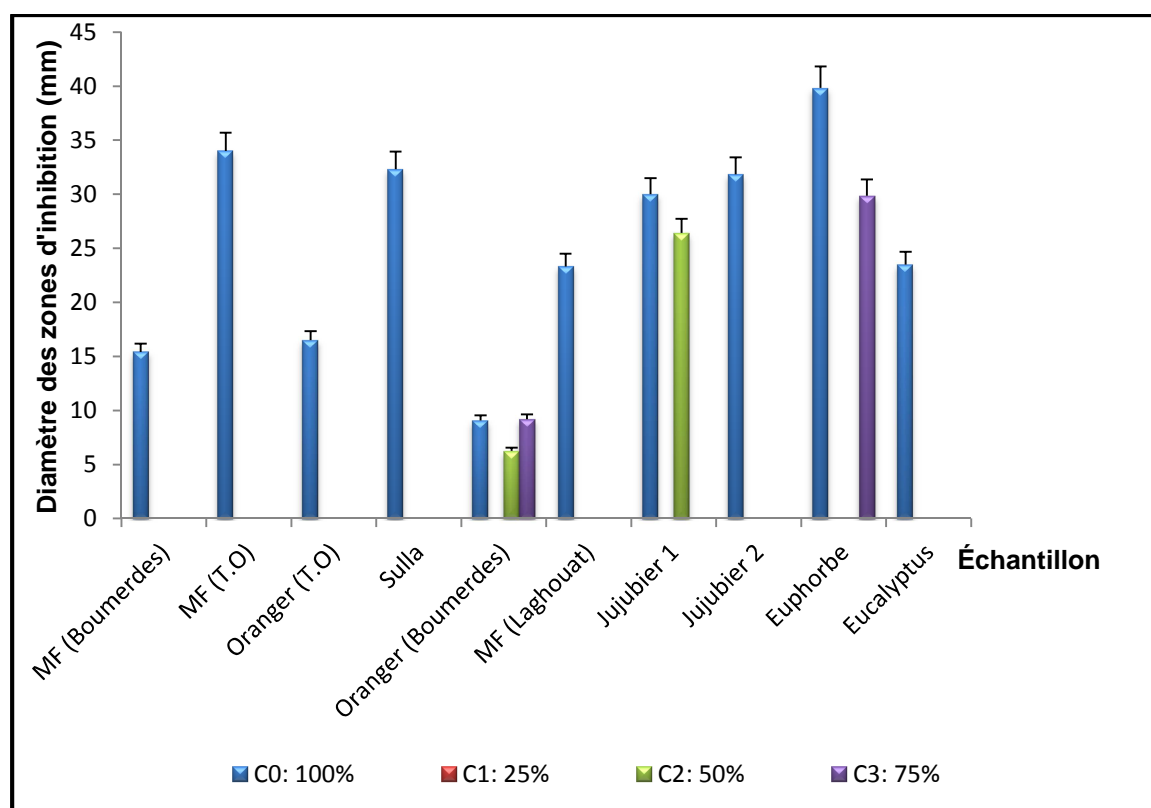


Figure 29 : Effet antibactérien des miels sur *Escherichia coli*

Le diamètre des zones d'inhibition pour *E. coli* varie entre 0 et 39,83 mm, dont le miel pur d'euphorbe représente la valeur maximale suivi respectivement par les échantillons du miel pur multifloral de Tizi-Ouzou (34 mm), Sulla (32,4 mm), jujubier 2 (31,83 mm), jujubier 1 (30 mm), eucalyptus (23,5 mm) et le multifloral de Laghouat (23,33 mm), auxquels la souche d'*E. coli* s'est avérée extrêmement sensible.

Les miels d'oranger de Tizi-Ouzou et le multifloral de Boumerdes ont aussi exercé un effet antibactérien vis-à-vis d'*E. coli* qui s'est avérée très sensible à ces deux miels avec des diamètres d'inhibition de (16,5 mm) et (15,41 mm) respectivement.

Le miel d'oranger de Boumerdes est le miel qui a eu moins d'effet antibactérien sur *E. coli* et a enregistré un diamètre d'inhibition de (9,08 mm).

Nous avons constaté que l'effet antimicrobien des miels testés est plus important avec les échantillons non dilués, à l'exception du miel d'oranger de Boumerdes qui présente un effet antibactérien avec la dilution C3, semblable à celui enregistré avec le miel pur. Entre autre, le miel du jujubier (1) dilué (C2=50%) a montré un fort pouvoir antibactérien vis-à-vis d'*E. coli* qui s'est avérée extrêmement sensible à l'action antibactérienne de ce miel avec un diamètre d'inhibition de 26,42 mm.

Le miel d'euphorbe dilué (C3=75%) s'est avéré efficace contre *E. coli* et a enregistré un diamètre d'inhibition important de 29,87 mm.

Les miels de sulla, multifloral de Boumerdes, jujubier 2, multifloral de Laghouat et l'euphorbe ont eu deux types d'effet sur *E. coli* : un effet bactéricide sur les zones les plus proches des disques imprégnés de miel et un effet bactériostatique sur les zones relativement loin des disques. Dans le premier cas, la croissance est inhibée définitivement puisque la souche est tuée, alors que dans le deuxième cas, un tapis bactérien réapparaît après l'inhibition puisque la bactérie n'est pas tuée mais le miel a plutôt diminué sa charge.

L'activité inhibitrice des miels de l'euphorbe, du multifloral de Tizi-Ouzou, sulla, jujubier 1 et jujubier 2 sur *E. coli* était supérieure ou semblable à celle des antibiotiques les plus actifs (FOX, K, SXT).

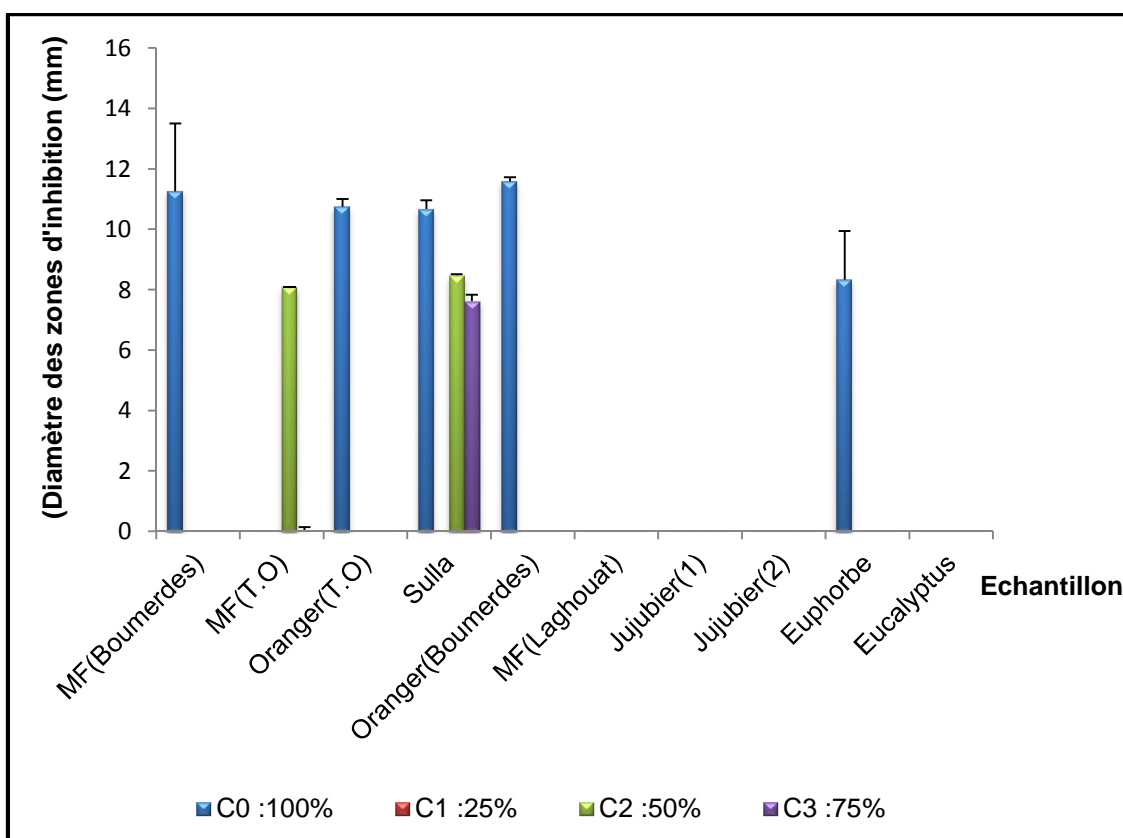
IV.1.2. *Klebsiella pneumoniae*

Figure 30 : Effet antibactérien des miels sur *Klebsiella pneumoniae*.

Concernant la souche *Klebsiella pneumoniae*, les diamètres d'inhibition vont de 0 ± 0 à $11,58 \pm 0,14$ mm, dont la valeur maximale est attribuée au miel d'oranger de Boumerdes suivi par le miel multifloral de Boumerdes (11,25 mm), d'oranger de Tizi-Ouzou (10,75 mm), de sulla (10,67 mm) et d'euphorbe (8,67 mm). La valeur minimale est présentée par le miel multifloral de Tizi-Ouzou avec un diamètre de 8,08 mm à la concentration (C2=50%) uniquement.

Les autres échantillons n'ont montré aucune activité antibactérienne vis-à-vis de cette souche.

L'activité inhibitrice des échantillons de miel testés s'est avérée moyennement importante, et inférieure à celle des antibiotiques les plus actifs (FOS, AK, OF).

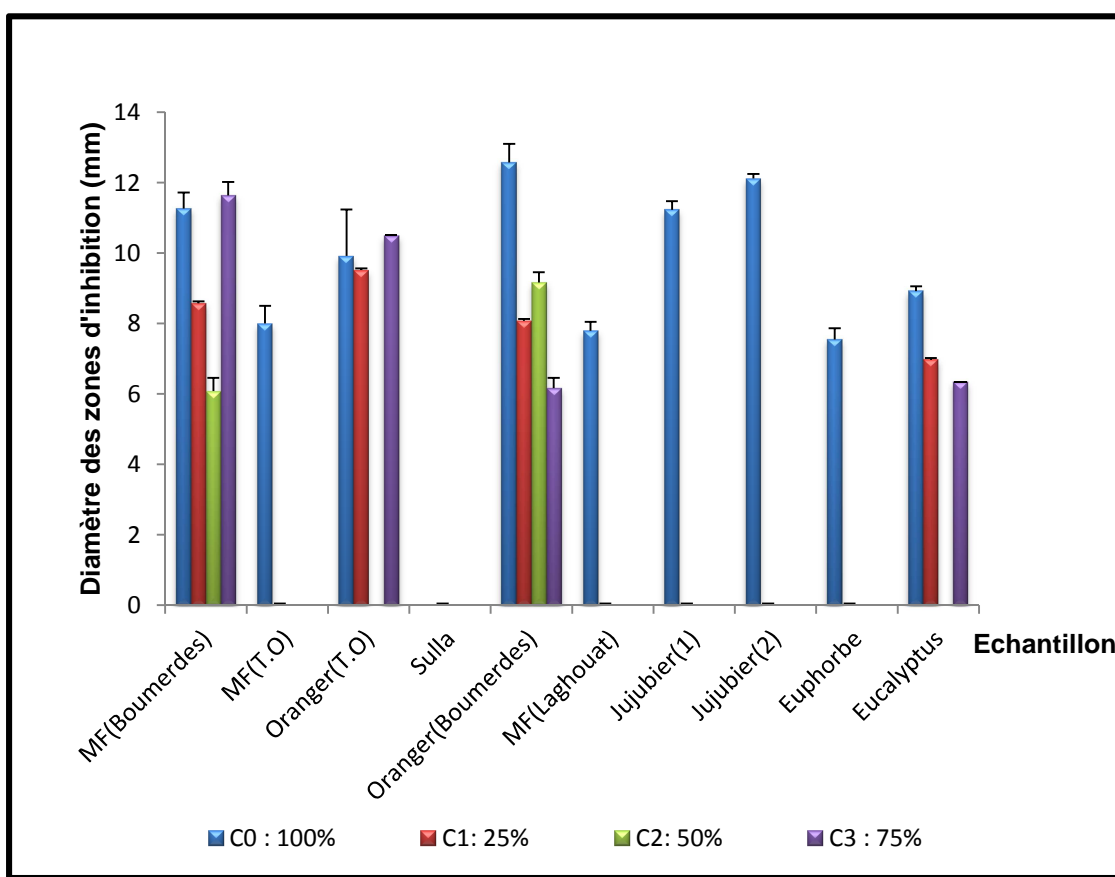
IV.1.3. *Pseudomonas aeruginosa*

Figure 31: Effet antibactérien des miels sur *Pseudomonas aeruginosa*.

Pseudomonas aeruginosa présente des diamètres de zone d'inhibition moyens qui variaient entre 0 ± 00 et $12,58 \pm 0,52$ mm.

La valeur maximale est attribuée à l'échantillon du miel d'oranger de Boumerdes (12,58 mm), suivi par le miel du jujubier (2) avec un diamètre d'inhibition de 12,12 mm.

La valeur minimale est revenue au miel de sulla qui n'a révélé aucune inhibition vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa* qui s'est avérée résistante à cet échantillon de miel.

Le miel dilué à C3 (75 %) du multifloral de Boumerdes et de l'oranger de Tizi-Ouzou a eu un effet antibactérien vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa* qui dépasse celui des échantillons purs.

Les échantillons de miel multifloral de Boumerdes, des deux orangers de Tizi-Ouzou et de Boumerdes ont montré une efficacité vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa* à des concentrations de 25% seulement. Ceci peut être attribué au fait que cette concentration a permis l'activation de la glucose-oxydase qui a permis à son tour la production de l'acide gluconique et du peroxyde d'hydrogène reconnu pour sa toxicité pour de nombreux microbes. (Salwa et Maher, 2014 ; McLoone, 2016).

L'activité inhibitrice de tous les échantillons de miel était inférieure à celle des antibiotiques les plus actifs (FOS, AK, N, GM)

IV.1.4. *Staphylococcus aureus*

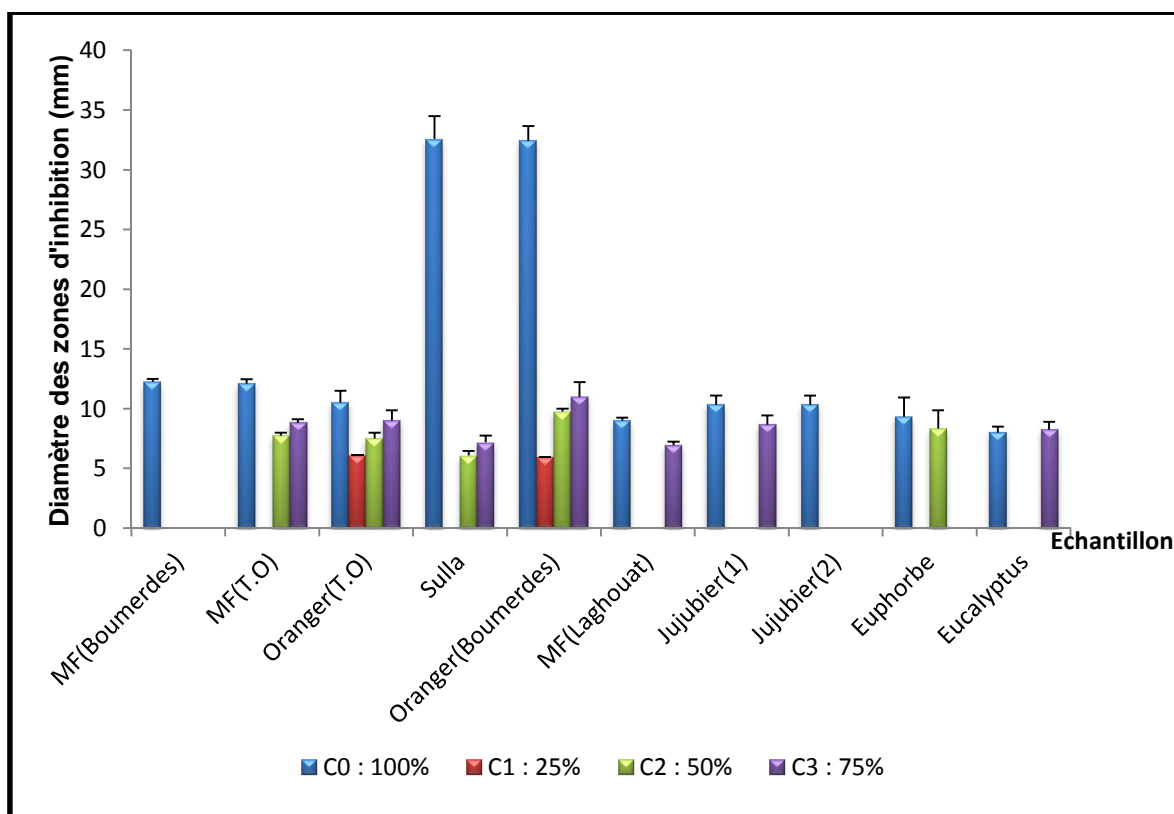


Figure 32: Effet antibactérien des miels sur *Staphylococcus aureus*

Pour *Staphylococcus aureus*, les diamètres d'inhibition vont de 0 ± 00 à $32,58 \pm 1,91$ mm, dont l'effet inhibiteur le plus prononcé est obtenu avec l'échantillon du miel pur Sulla ($32,58$ mm), suivi par celui du miel pur d'oranger de Boumerdes avec un diamètre de $32,42$ mm. Le miel pur d'eucalyptus présente la zone d'inhibition la plus faible avec un diamètre de l'ordre de 8 mm.

La souche *S.aureus* s'est avérée extrêmement sensible aux deux miels de Sulla et de l'oranger de Boumerdes, et sensible au reste des échantillons de miel avec des diamètres d'inhibition entre 8 et $12,25$ mm.

Les miels purs de sulla et de l'oranger de Boumerdes ont exercé deux types d'effets sur *S.aureus* : un effet bactéricide sur les zones les plus proches des disques imprégnés de miel

et un effet bactériostatique sur les zones relativement loin des disques. Ceci peut être justifié par la faible concentration de ces miels.

L'activité inhibitrice des miels de sulla et de l'oranger de Boumerdes sur *S.aureus* était supérieure ou semblable à celle des antibiotiques actifs (K, N) et inférieure à celle de l'antibiotique le plus actif (FOX).

IV.2.Souche fongique

IV.2.1.Candida albicans

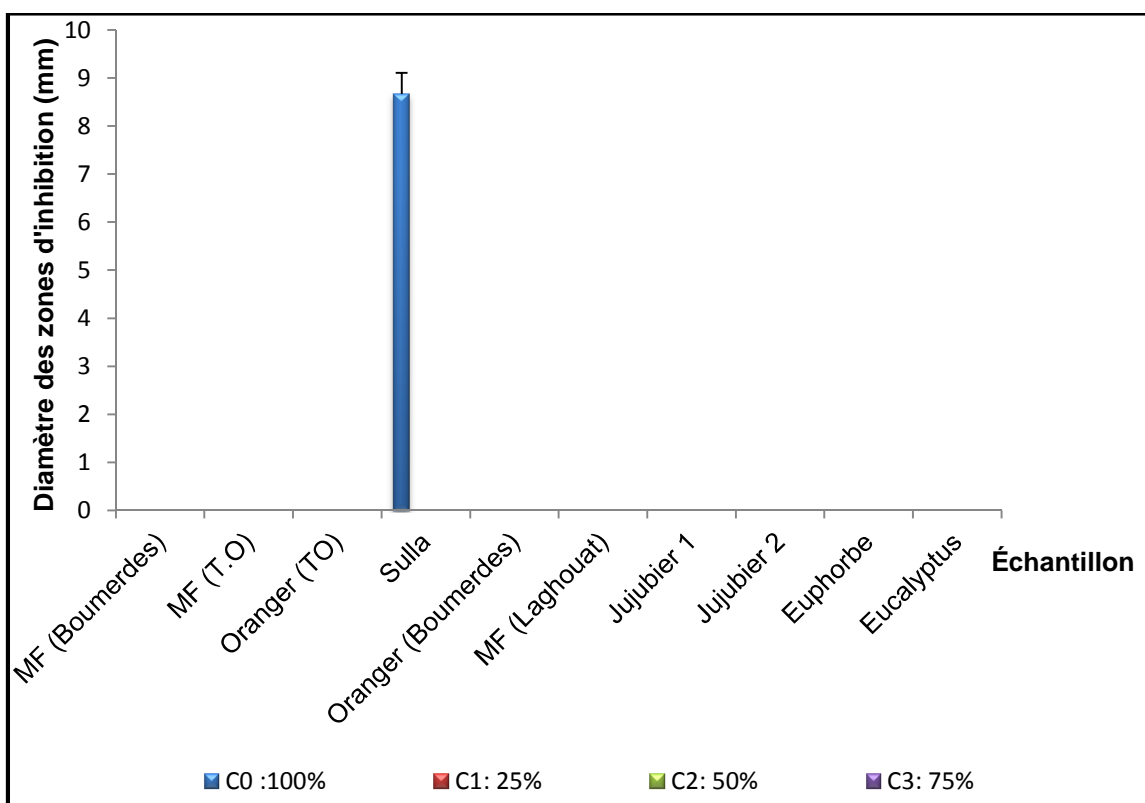


Figure 33: Effet antifongique des miels sur *Candida albicans*.

Quant à la souche fongique *Candida albicans*, aucun miel n'a donné un effet antifongique, à l'exception du miel de Sulla qui a enregistré un diamètre d'inhibition de $8,67 \pm 0,58$ mm.

Cet effet antifongique des miels testés est inférieur à celui de l'antimycosique utilisé (Sertaconazole), qui a donné un diamètre d'inhibition de 26,5 mm. Cela peut être expliqué par la résistance de cette souche vis-à-vis des différentes concentrations des miels testés.

Les résultats obtenus quant à l'activité antifongique sont similaires à ceux de (Moussa *et al.*, 2012) qui ont testé l'effet antifongique des miels algériens sur les levures

Rhodotorula sp et *Candida albicans*. Cette dernière a montré une résistance aux quatre échantillons testés.

L'étude de Merah *et al.* (2010) sur trois échantillons de miel algérien et un échantillon commercial d'Arabie Saoudite testé sur *Candida albicans* a montré des résultats comparables à nos résultats : la levure résiste à l'action des miels, mais elle est faiblement sensible à l'action du miel de la zone géographique de Tizi-Ouzou avec des zones d'inhibition allant de 9 à 12 mm.

D'après les résultats de l'activité antimicrobienne, il en ressort les conclusions suivantes:

Les souches *E. coli* et *S.aureus* sont les plus sensibles à l'effet des dix échantillons de miel. *Pseudomonas aeruginosa* est moyennement sensible, alors que *Klebsiella pneumoniae* est faiblement sensible aux échantillons de miel multifloral de Tizi-Ouzou et celui d'euphorbe, totalement résistante aux échantillons de miel multifloral de Laghouat, des deux jujubiers et celui d'eucalyptus.

Nous avons observé que la levure *Candida albicans* a uniquement une sensibilité à l'effet du miel de Sulla. On constate que sa sensibilité est relativement faible par rapport à celle des bactéries. *Candida albicans* peut être considérée comme résistante. Ainsi l'étude de Ceyhan *et al.* (2001) rapporte que les champignons sont en général moins sensibles que les bactéries à l'action du miel.

Nous avons également constaté que les échantillons de miel du nord algérien (multifloral de Tizi-Ouzou et de Boumerdes, sulla et les deux orangers) sont plus efficaces vis-à-vis des souches microbiennes testées par rapport à ceux du sud algérien (euphorbe, les deux jujubiers et le multifloral de Laghouat). Ceci peut être dû aux variations phytogéographiques et climatiques entre le nord et le sud algérien, ce qui a permis une diversité de la composition des miels et par conséquent un pouvoir antimicrobien différent.

Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Azonwade *et al.* (2017), qui ont constaté que les échantillons de miel polyfloral collectés dans trois zones phytogéographiques différentes du Bénin, en saison pluvieuse avait une activité antimicrobienne plus intéressante par rapport à ceux collectés au cours de la saison sèche.

On pense que l'action du miel naturel sur les microorganismes dépend, d'une part de la structure de la paroi de la cellule cible, puisque certains échantillons possèdent un effet inhibiteur sur les bactéries (procaryotes) et non sur la levure (eucaryotes) testée(s), et d'autre part de la composition du miel lui-même.

La composition du miel elle-même dépend à son tour de nombreux facteurs, tels que : la nature du sol ; l'origine florale de l'alimentation de l'abeille ; le climat de l'environnement ; la saison de la production du miel ; la durée et les conditions de conservation, telles que la température et la lumière qui conditionnent l'activité des enzymes du miel et leur efficacité (Caillas, 1974).

L'activité antimicrobienne est plus importante avec les échantillons purs et à moindre degré avec la dilution C3 (75%) par rapport aux dilutions C2 (50%) et C1 (25%) relativement faibles ou nulles. Ceci peut être attribué au fait que ces concentrations de miel sont trop faibles pour exercer une activité antimicrobienne surtout que certaines souches sont relativement résistantes.

Ces résultats étaient en accord avec ceux précédemment rapportés par Merah (2010) qui a constaté que le miel pur avait une activité inhibitrice contre *E.coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* , *S.aureus* et *Candida albicans* plus importante par rapport au miel dilué.

Nos résultats sont opposés à ceux obtenus par Jaklic *et al.* (2012) sur les miels de Slovénie et ceux de Myrene *et al.* (2016) sur les miels indiens qui ont montré que l'activité inhibitrice des miels testés est plus efficace avec les miels dilués .

Les variations observées dans l'activité antimicrobienne globale peuvent être dues à des modifications du niveau du peroxyde d'hydrogène et, dans certains cas, au niveau de facteurs non peroxydes (Othman, 2014).

- **Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) sur milieu solide**

La CMI des dix échantillons de miel testés sur les cinq souches microbiennes a été déterminée suivant la méthode de diffusion en gélose.

Les valeurs de la CMI obtenues sont variables et sont comprises entre 25% et 100 %. Les résultats sont exprimés dans le tableau suivant :

Tableau VII : Concentrations minimales inhibitrices des miels testés sur les souches microbiennes

	CMI				
	<i>E.coli</i>	<i>K.pneumoniae</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>S.aureus</i>	<i>Candida albicans</i>
MF(Boumerdes)	100%	100%	25%	100%	–
MF (T.O)	100%	50%	100%	50%	–
Oranger (T.O)	100%	100%	25%	25%	–
Sulla	100%	50%	–	50%	100%
Oranger (Boumerdes)	50%	100%	25%	25%	–
MF (Laghouat)	100%	–	100%	75%	–
Jujubier 1	50%	–	100%	75%	–
Jujubier 2	100%	–	100%	100%	–
Euphorbe	75%	100%	100%	50%	–
Eucalyptus	100%	–	25%	75%	–

(-) : Souche résistante (absence de zone d'inhibition)

Ce tableau présente la (CMI) des échantillons testés sur les cinq souches microbiennes. Il montre que le miel multifloral de Boumerdes avait une CMI égale à 100% envers *E.coli*, *K.pneumoniae*, *S.aureus* et une CMI de 25% envers *Pseudomonas aeruginosa*.

Le miel multifloral de Tizi-Ouzou avait une CMI de 100% envers *E.coli* et *Pseudomonas aeruginosa*, une CMI de 50% envers *K.pneumoniae* et *S.aureus*.

Le miel d'oranger de Tizi-Ouzou a enregistré une CMI à 100% envers *E.coli* et *K.pneumoniae*, et à 25% envers *S.aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Le miel de sulla possédait une CMI égale à 100% avec *E.coli* et *C.albicans*, et à 50% avec *S.aureus* et *K.pneumoniae*.

Des résultats similaires ont été constatés par (Sib, 2007) sur la souche de *Candida albicans* qui a trouvé la valeur de la CMI à 100%.

Le miel d'oranger de Boumerdes a enregistré une CMI de 50% avec *E.coli*, de 100% envers *K.pneumoniae* et de 25% envers *Pseudomonas aeruginosa* et *S.aureus*.

Le miel multifloral de Laghouat avait une CMI de 100% envers *E.coli*, *pseudomonas aeruginosa* et de 75% envers *S.aureus*.

Le miel du jujubier (1) avait une CMI à 50% avec *E.coli*, à 100% avec *Pseudomonas aeruginosa* et à 75% envers *S.aureus*.

Alors que le miel du jujubier (2) avait une CMI de 100% envers *E.coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *S.aureus*.

Le miel d'euphorbe a enregistré une CMI de 75% envers *E.coli*, de 100% envers *K.pneumoniae* et *Pseudomonas aeruginosa* et de 50% envers *S.aureus*.

Enfin, le miel d'eucalyptus a enregistré une CMI à 100% avec *E.coli*, à 25% avec *Pseudomonas aeruginosa* et à 75% avec *S.aureus*.

Ces résultats sont en accord avec ceux de (Merah, 2010) qui trouvé des valeurs de CMI dans l'intervalle [25% -100%] avec les souches *E.coli*, *Serratia marcescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *S.aureus* et *C.albica*

Conclusion et perspectives

La présente étude a pour but de déterminer la qualité de dix échantillons de miel algérien de diverses origines phytogéographiques récoltés en 2017, en analysant certaines propriétés physico-chimiques, et en évaluant leur pouvoir antioxydant ainsi que leur effet antimicrobien vis-à-vis de certains microorganismes pathogènes.

Notre étude a abouti aux conclusions suivantes :

Un pH acide pour tous les échantillons compris entre $3,40 \pm 0,02$ et $5,85 \pm 0,11$ (les deux miels du jujubier connus pour être moins acides possèdent le pH le plus élevé).

Une acidité libre qui varie entre 3 et $20 \pm 0,00$ (meq/Kg). Les valeurs d'acidité supérieure à 50 meq/kg sont indicatives de fermentation des sucres en acides organiques, ce qui n'est pas le cas pour nos miels.

Une conductivité électrique de tous les miels, inférieure à la limite recommandée (0,8 mS/cm), elle va de $0,164 \pm 0,64$ à $0,728 \pm 2,83$ mS/cm. Une teneur en cendres qui varie de $0,02\% \pm 0,64$ à $0,33\% \pm 2,83$.

La teneur en eau est comprise entre $13,1\% \pm 0,14$ et $19\% \pm 0,14$, alors que le degré de Brix varie de $80,4\% \pm 0,9$ à $85,2\% \pm 0,4$. Les miels ont une densité de $1,28 \pm 0,00$ à $1,45 \pm 0,00$ et des valeurs d'HMF allant de $26,2 \pm 0,00$ à $64,07 \pm 0,00$ (mg/kg).

Nos résultats sont en accord avec les normes internationales et donc les miels testés sont de bonne qualité, à l'exception de quelques échantillons qui possèdent des teneurs en HMF supérieures aux limites tolérées (le miel d'eucalyptus, de sulla, d'oranger de Tizi-Ouzou et de Boumerdes ainsi que le multifloral de Tizi-Ouzou).

Ces critères de qualité sont influencés par les conditions environnementales, le type de la flore butinée, le temps de traitement, de manipulation et de stockage.

Les teneurs en polyphénols totaux s'étendent entre $27,60 \pm 0,00$ et $76,4 \pm 0,00$ mg EAG/g de miel, alors que celles des flavonoïdes sont comprises entre $2,96 \pm 0,00$ et $5,57 \pm 0,00$ mg EQ/g de miel. Ces résultats montrent que les miels analysés sont riches en polyphénols totaux et pauvres en flavonoïdes.

L'évaluation quantitative de l'effet antioxydant montre que l'échantillon d'*Eucalyptus* est le plus actif avec 54% alors que les autres échantillons possèdent un pouvoir antioxydant entre 15 et 45 %.

Les résultats de l'activité antimicrobienne des dix miels analysés enregistrent des zones d'inhibition qui varient de 0 à 39,83 mm pour la souche *Escherichia coli*, entre 0 et 11,58 mm avec la souche *Klebsiella pneumoniae*, de 0 à 12,58 mm pour la souche

Conclusion et perspectives

Pseudomonas aeruginosa, de 0 à 32,58 mm avec la souche *Staphylococcus aureus* , et entre 0 et 8,67 mm pour *Candida albicans*.

En comparant ces résultats aux antibiotiques utilisés, on conclut que les miels analysés présentent une valeur thérapeutique importante.

L'évaluation *in vitro* du pouvoir antimicrobien révèle que les miels issus des régions du nord d'Algérie sont plus efficaces vis-à-vis des souches testées, et que cette activité est plus importante avec le miel pur qu'avec le miel dilué. Les souches *E.coli* et *S.aureus* sont les plus sensibles, tandis que *candida albicans* est résistante à l'effet de tous les miels, sauf à celui de Sulla.

On en conclut que le miel algérien pourrait potentiellement être utilisé comme agent thérapeutique contre les infections bactériennes, en particulier pour les micro-organismes testés.

La valeur médicinale du miel comme antibiotique naturel est de plus en plus démontrée scientifiquement, pour limiter les recours aux antibiothérapies et réduire ainsi la probabilité d'émergence de nouvelles souches résistantes, ce qui constitue l'importance de son utilisation en médecine et dans le secteur de l'industrie pharmaceutique et cosmétique.

A la lumière des résultats obtenus, différentes perspectives de recherche sont proposées :

- Effectuer des analyses physico-chimiques sur une large gamme d'échantillons de miel du pays, afin de dégager des normes pour les miels spécifiques de l'Algérie ;
- Évaluer l'effet de la conservation du miel et l'influence du traitement thermique, afin de déterminer les conditions optimales permettant de préserver les qualités organoleptiques et biologiques du miel ;
- Approfondir l'étude de l'activité antibactérienne sur une large gamme de bactéries pathogènes et résistantes, afin de valoriser l'utilisation des substances naturelles dans le traitement des maladies ,et pour mieux comprendre les mécanismes et effets du miel contribuant à prévenir les maladies et les infections chez l'être humain ;
- Réaliser des études sur les mélanges de miel ou le miel des plantes médicinales afin d'augmenter leur pouvoir thérapeutique.

ANNEXES

Annexe I

Tableau I : Réactifs et solutions utilisés dans les analyses du miel

Réactifs	Protocole de préparation
Métabisulfite de Sodium (0,2%)	0,2 g de métabisulfite de sodium dissout dans l'eau distillée en rapportant le volume à 100 ml.
Solution Carrez I (15%)	15 g de $K_4Fe(CN)_6$, dissout dans l'eau distillée en rapportant le volume à 100 ml.
Solution Carrez II (30%)	30g de $Zn(CH_3COO)_2$ dissout dans l'eau distillée en rapportant le volume à 100 ml.
DPPH	0,002 g de DPPH dissout dans du méthanol en rapportant le volume à 100 ml.
Trichlorure d'aluminium (2 %)	2 g d' $AlCl_3$ dissout dans le méthanol (50 %) en ajustant le volume jusqu'à 100 ml.
Carbonates de sodium (7,5%)	7,5 g de Na_2CO_3 dissout dans l'eau distillée en rapportant le volume à 100 ml.
Acide gallique	0,01 g d'acide gallique dissout dans l'eau distillée en rapportant le volume à 100 ml.
Quercétine	0,03 g de quercétine dissout dans l'eau distillée en rapportant le volume à 100 ml.

ANNEXES

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	13.0	1.4935	17.2	1.4835	21.2
1.5038	13.2	1.4930	17.4	1.4830	21.4
1.5033	13.4	1.4925	17.6	1.4825	21.6
1.5028	13.6	1.4920	17.8	1.4820	21.8
1.5023	13.8	1.4915	18.0	1.4815	22.0
1.5018	14.0	1.4910	18.2	1.4810	22.2
1.5012	14.2	1.4905	18.4	1.4805	22.4
1.5007	14.4	1.4900	18.6	1.4800	22.6
1.5002	14.6	1.4895	18.8	1.4795	22.8
1.4997	14.8	1.4890	19.0	1.4790	23.0
1.4992	15.0	1.4885	19.2	1.4785	23.2
1.4987	15.2	1.4880	19.4	1.4780	23.4
1.4982	15.4	1.4875	19.6	1.4775	23.6
1.4976	15.6	1.4870	19.8	1.4770	23.8
1.4971	15.8	1.4865	20.0	1.4765	24.0
1.4966	16.0	1.4860	20.2	1.4760	24.2
1.4961	16.2	1.4855	20.4	1.4755	24.4
1.4956	16.4	1.4850	20.6	1.4750	24.6
1.4951	16.6	1.4845	20.8	1.4745	24.8
1.4946	16.8	1.4840	21.0	1.4740	25.0
1.4940	17.0				

Figure 1 : Table de CHATAWAY

ANNEXES

Tableau II : Paramètres physico-chimiques des miels analysés

Échantillon	pH	Acidité (meq/kg)	CE (ms/cm)	Densité	Teneur en eau (%)	Indice de Brix (%)	Teneur en cendres (%)	HMF (mg/Kg)
MF (Boumerdes)	3,69±0,08	9±00	0,204±0	1,43±00	15,4 ±0,42	82,9±0,35	0,035±00	27,54±00
MF (Tizi-Ouzou)	3,65±0,03	4±00	0,255±2,65	1,28±00	15,2 ±0,31	83,3±0,21	0,064±00	52,24±00
Oranger (Tizi-Ouzou)	3,4±0,02	12±00	0,164±0,64	1,37±00	14,2 ±0,71	84 ±0,64	0,021±00	45,8±00
Sulla	3,52±0,02	7,3±00	0,269±7,78	1,41±00	19 ±0,14	80,4±0,92	0,072±00	61,98±00
Oranger (Boumerdes)	3,67±0,07	18±00	0,296±2,83	1,45±00	16,8 ±0,28	81,4±0,28	0,088±00	64,07±00
MF (Laghout)	4,43±0,05	6±00	0,452±5,66	1,41±00	13,4 ±0,42	84,7±0,57	0,177±00	35,33±00
Jubier 1	5,85±0,11	8±00	0,457±2,12	1,33±00	14,2 ±0	84 ±0	0,18±00	26,2±00
Jubier 2	4,91±0,04	5±00	0,437±0	1,35±00	13 ±0,14	85,2±0,42	0,169±00	39,67±00
Euphorbe	3,75±0,04	3±00	0,263±1,41	1,43±00	14 ±0,14	84,2±0,07	0,069±00	32,19±00
Eucalyptus	4,07±0,03	20±00	0,728±2,83	1,4±00	15,8 ±0,14	82,5±0,14	0,336±00	44,16±00

Annexe II

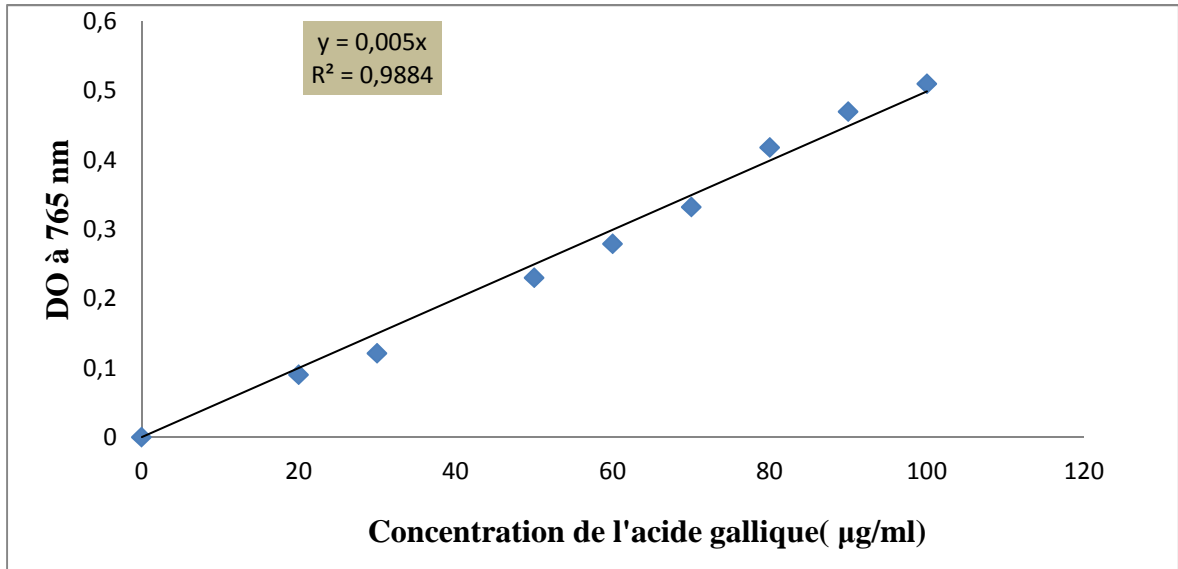


Figure 2 : Courbe d'étalonnage des polyphénols

Tableau III : Préparation des dilutions de l'acide gallique

[C](µg/ml)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
AC.gallique (µl)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
E.distillée (µl)	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100	0

Annexe III

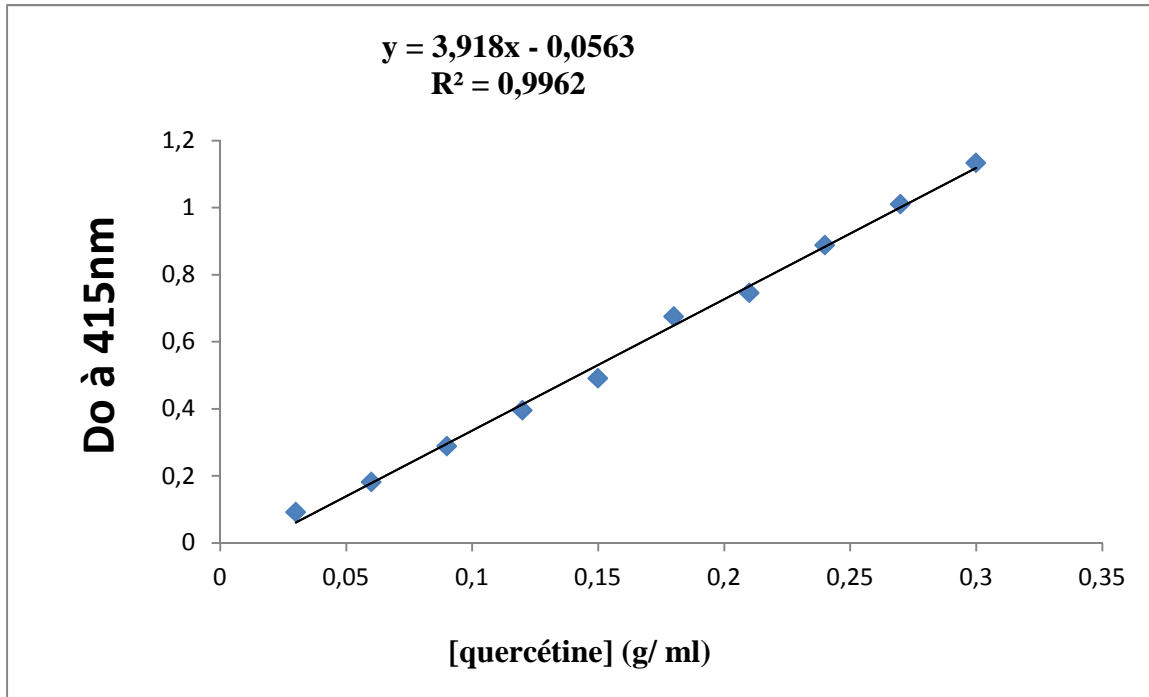


Figure 3 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes

Tableau IV : Préparation des dilutions de la quercétine.

Concentration (g/ml)	0	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
Volume quercétine (ml)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Volume méthanol (ml)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

ANNEXES

Annexe IV

- **Préparation du milieu de culture Muller Hinton (MH)**
38 g de la poudre MH agar
Ajuster le volume jusqu'à 1L avec l'eau distillée.
- **Préparation de l'eau physiologique stérile (NaCl 0,9%)**
9g de NaCl
Ajuster le volume jusqu'à 1L avec l'eau distillée.

Annexe V

Tableau V : Échelle de l'estimation de l'activité antimicrobienne (Ponce et al., 2003)

Activité antimicrobienne	Degré de sensibilité	Diamètre de la zone d'inhibition
extrêmement sensible	+++	plus de 20 mm
très sensible	++	15 mm à 19 mm
sensible	+	8 mm à 14 mm
non sensible	□	moins de 8 mm

ANNEXES

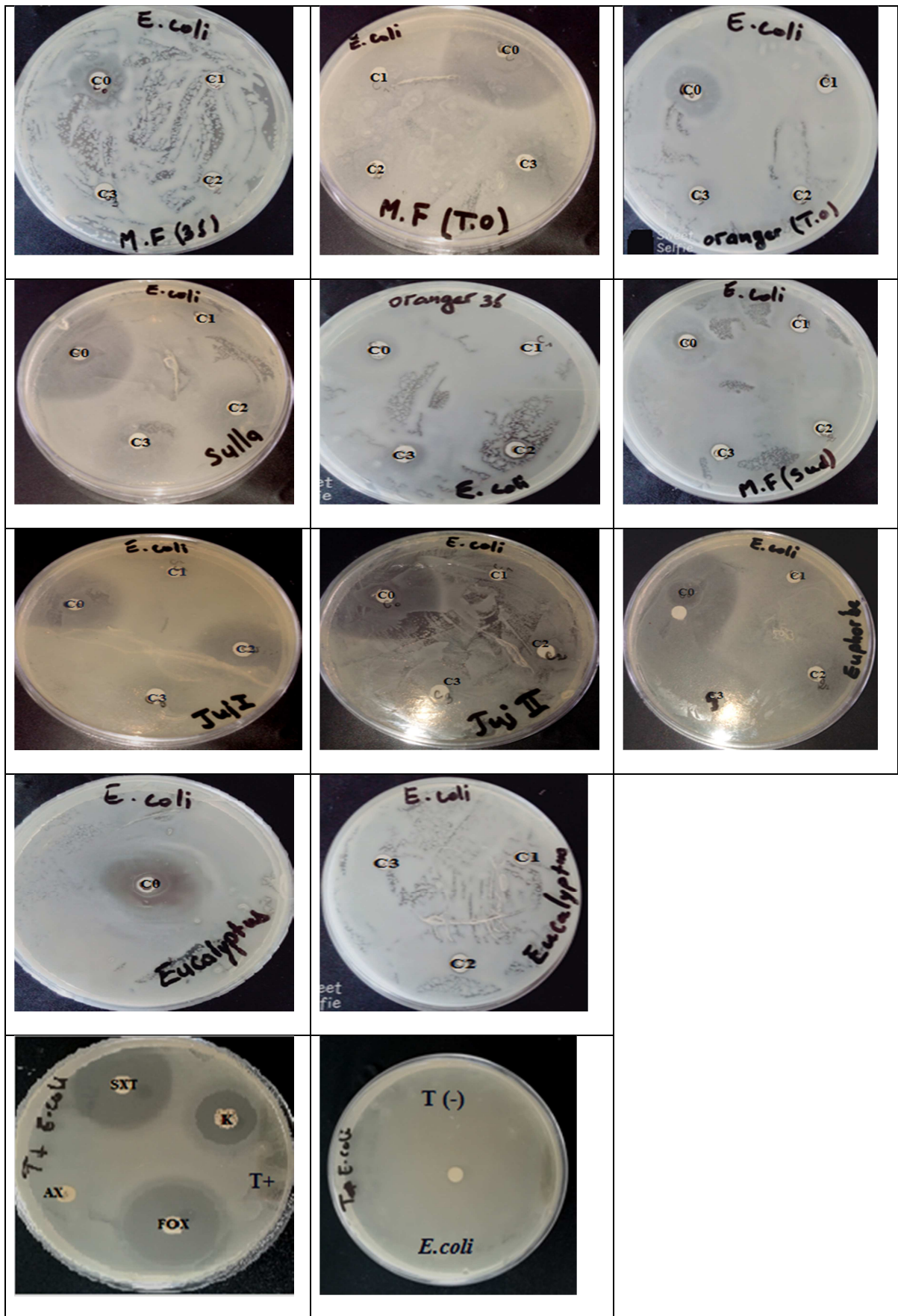


Figure 4 : Effet antibactérien des miels testés sur *Escherichia coli*

ANNEXES

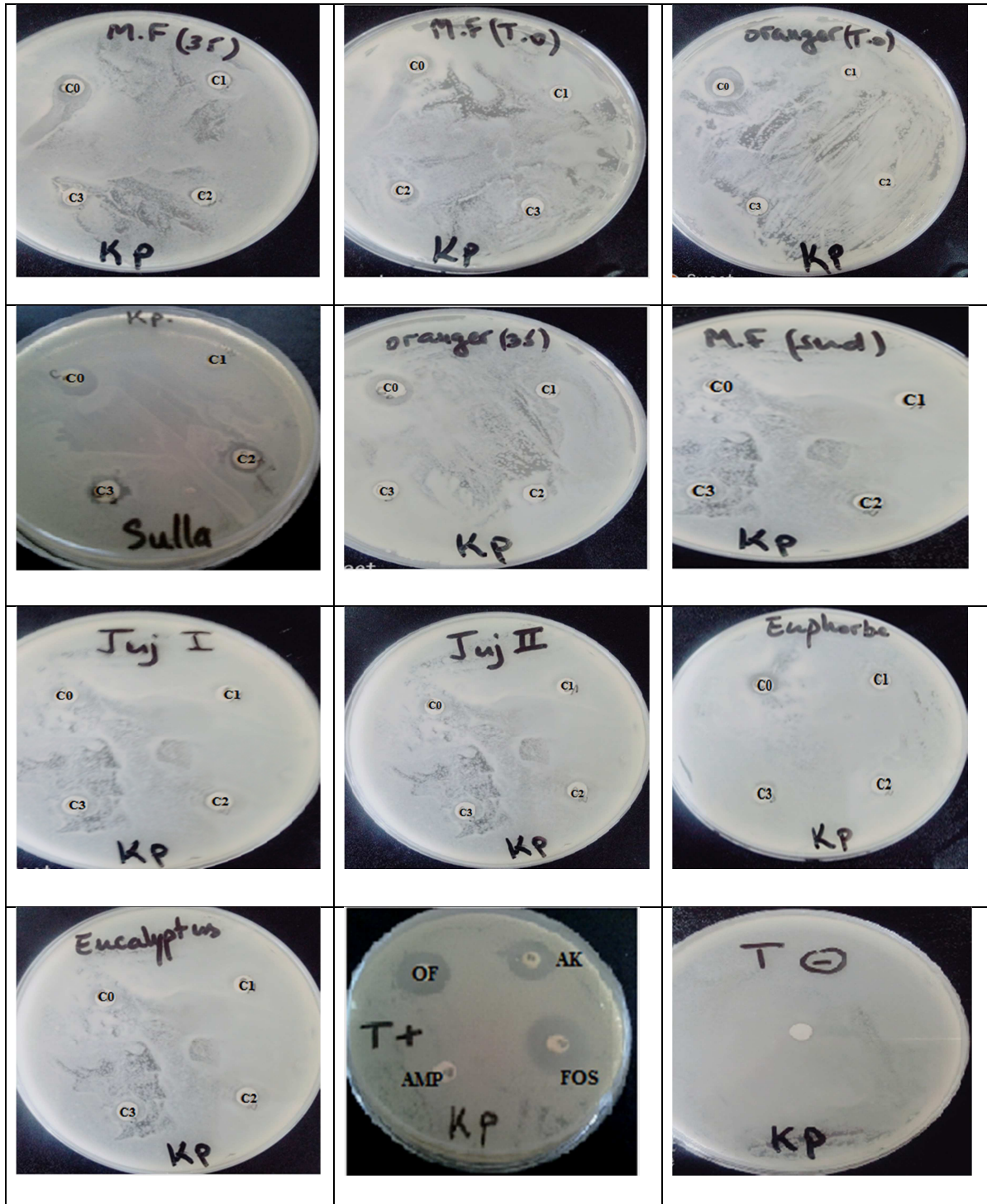


Figure 5 : Effet antibactérien des miels testés sur *Klebsiella pneumoniae*

ANNEXES

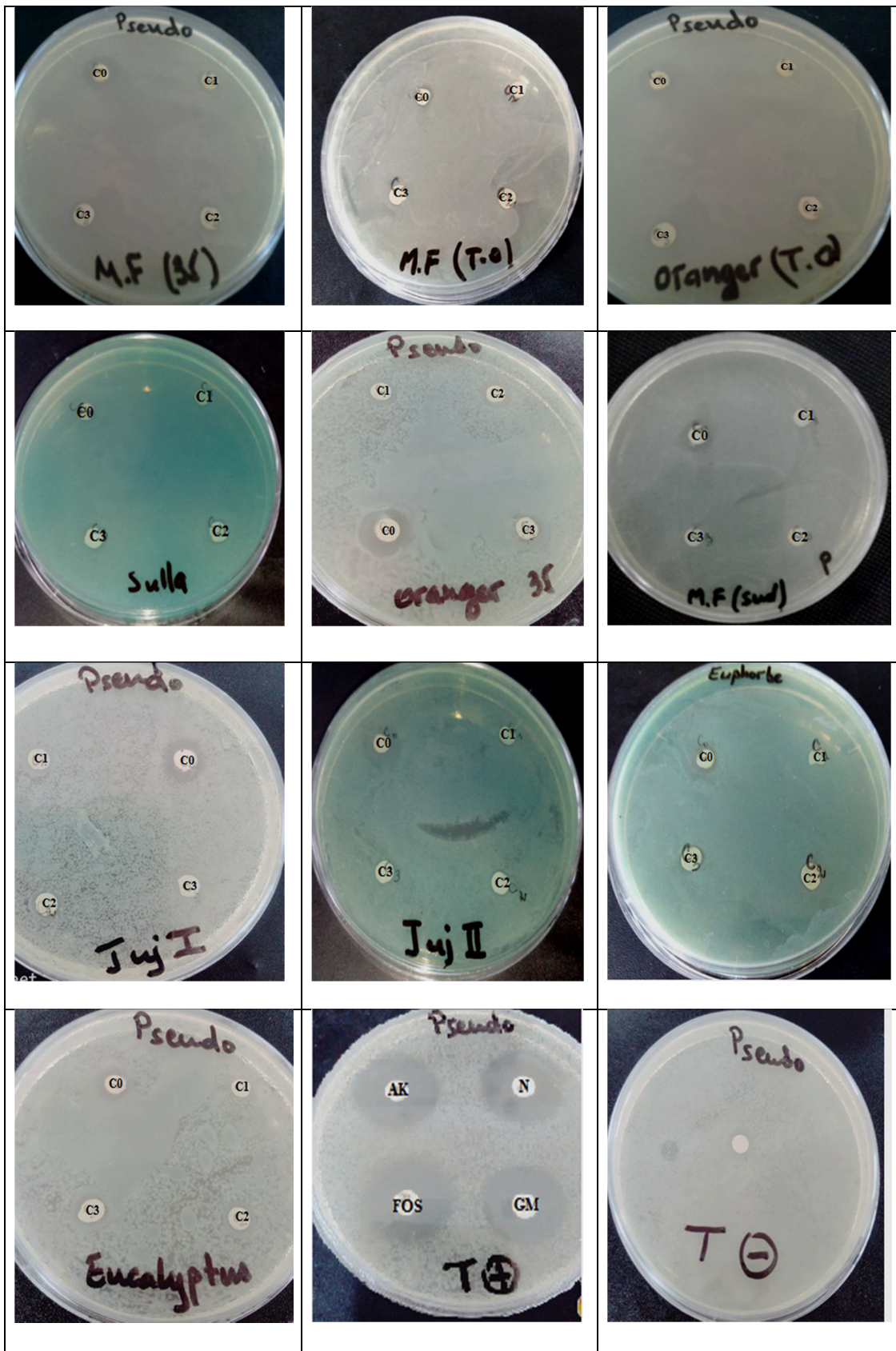


Figure 6 : Effet antibactérien des miels testés sur *Pseudomonas aeruginosa*

ANNEXES

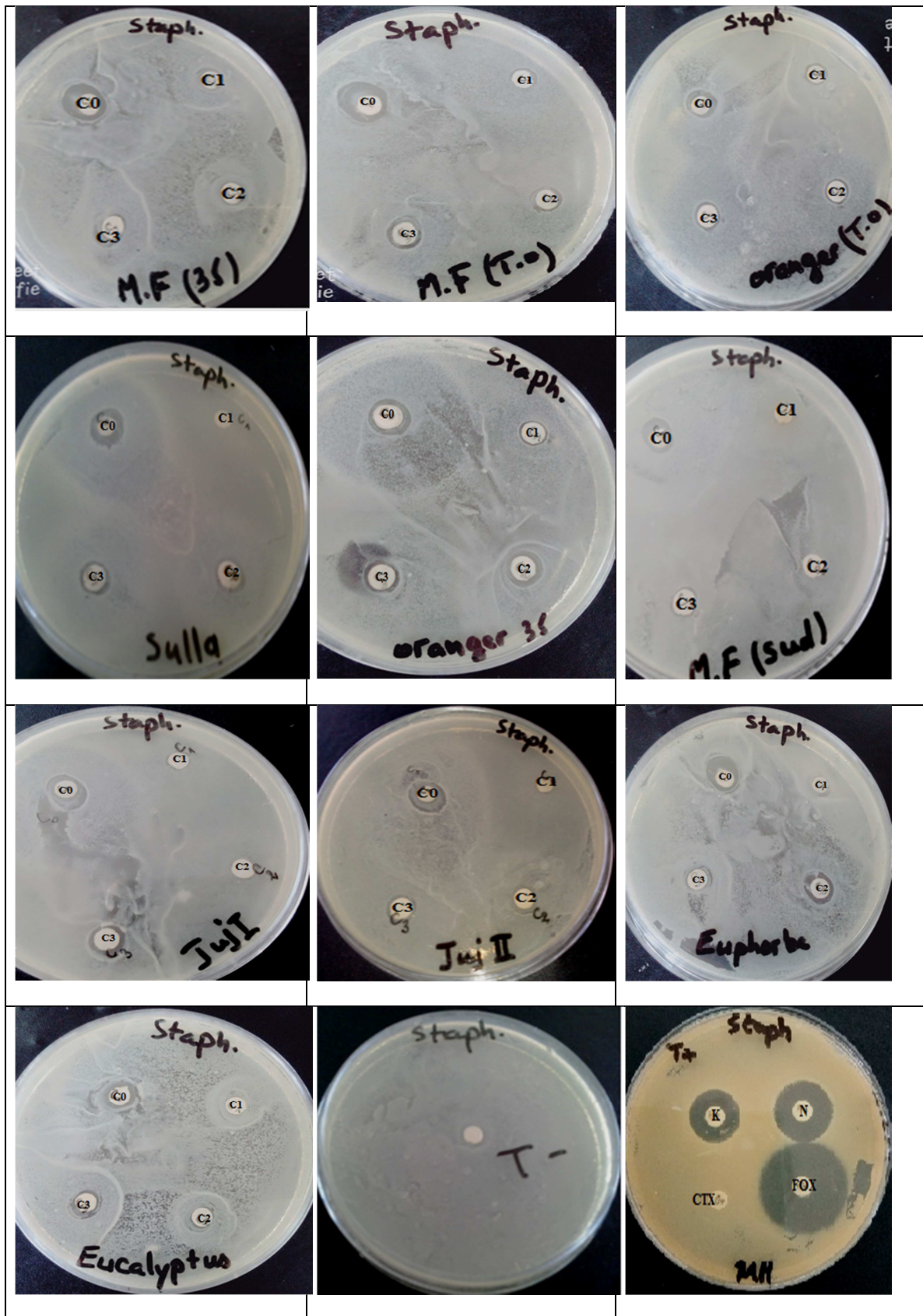


Figure 7 : Effet antibactérien des miels testés sur *Staphylococcus aureus*

ANNEXES

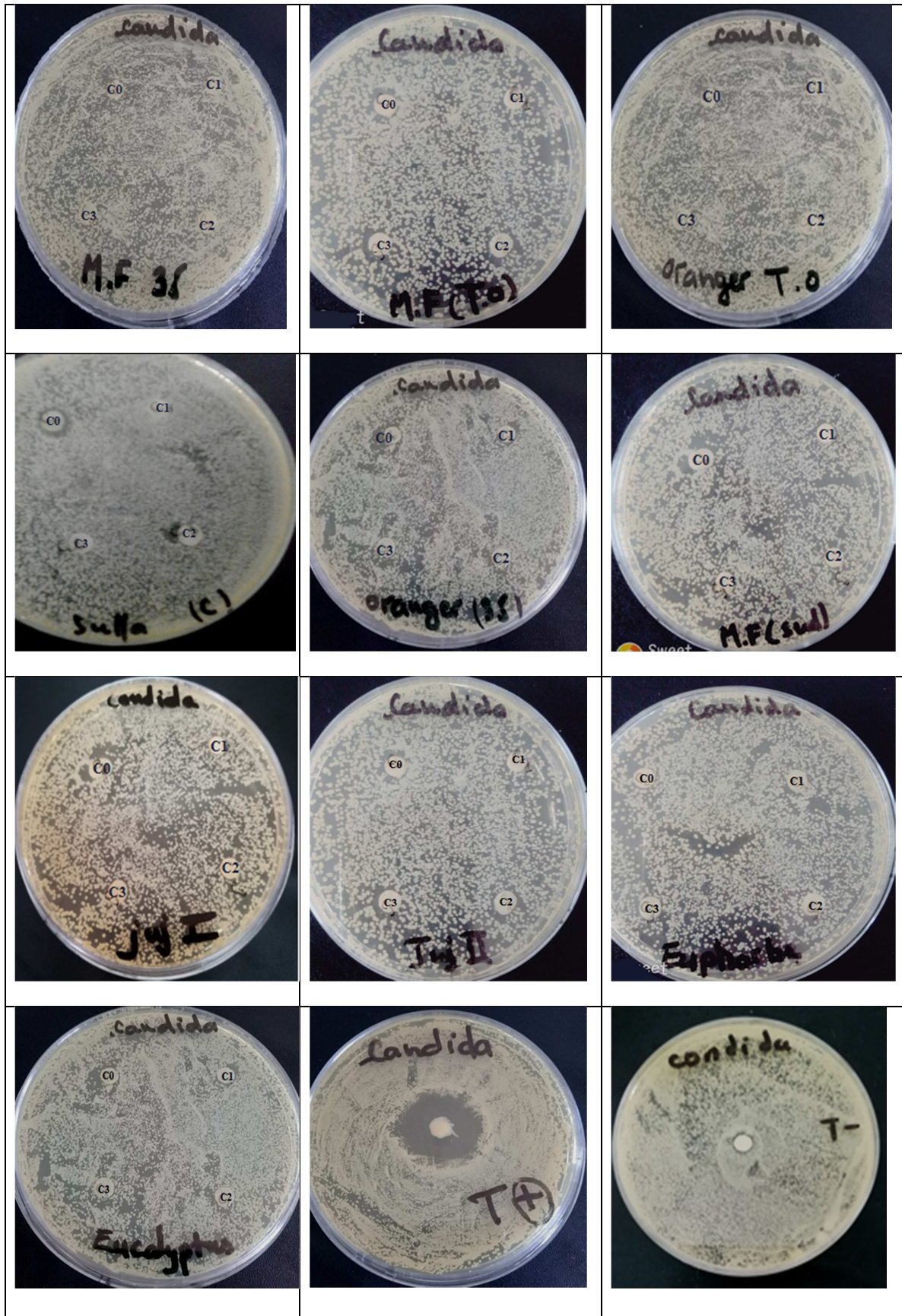


Figure 8 : Effet antifongique des miels testés sur *Candida albicans*

ANNEXES

Tableau VI: Antibiogramme des souches testées.

μ.O	<i>Escherichia coli</i>				<i>Klebsiella pneumoniae</i>				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>				<i>Staphylococcus aureus</i>				<i>Candida albicans</i>
ATB	AX (25)	FOX (30)	K (30)	SXT (25)	AMP (10)	AK (30)	FOS (50)	OF (5)	AK (30)	FOS (50)	GM (10)	N (10)	FOX (30)	CTX (30)	K (30)	N (10)	Antifongique Sertaconazole
Diamètre (mm)	0	30	21	32	00	16,75	20	17	24	23	21	24	46	00	27	30	26,5

Références bibliographiques

1. **Abid M. (2017).** «Évaluation de l'activité antifongique des miels Algériens vis-à-vis de deux souches de *Candida albicans*».Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie .Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
2. **Abselami A., Tahani A.M ., Sindic M.L., Fauconnier E., Bruneau A., Gomes L. Dias, L. , Moreira P., Rodrigues L.M. et Estevinho M. (2017).**Physicochemical Properties of some Honeys Produced from Different Flora of Eastern Morocco. *Journal Materials and Environmental Sciences .*, Volume 9, Issue 3, Page 879-886.
3. **Achouri I., Aboussaleh Y., Sbaibi R., Chemissi H. et Bengueddour R. (2015).** Comparison of the physico-chemical quality of honey *Ziziphus* sp (Sider) and *Acacia* sp (Samar) consumed in the United Arabs Emirates (UAE). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 10(1), 184.
4. **Acqarone C., Buera P., et 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.
5. **Ahed A., et khaild M. (2016).** Physico-chemical properties of multi-floral honey from the West Bank, *Palestine. International Journal of Food Properties* Volume 20.
6. **Ahmed M ., Djebli N., Meslem A. et Aissat S.(2012).** Antibacterial activity of various honey types of algeria against pathogenic gram-negative Bacilli: *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*.*Asian Pacific Journal of Tropical Disease*; 211-214.
7. **Ahmed M., Djebli N., Aissat S., Khiati B., Meslem A., et Bacha S. (2013).** In vitro activity of natural honey alone and in combination with curcuma starch against *Rhodotorula mucilaginosa* correlation with bioactive compounds and diastase activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3, 816–821.
8. **Ajlouni S., Sujirapinyokul P. (2010).** Hydroxymethylfurfural aldehyde and amylase contents in Australian honey. *Food Chemistry*.119:1000-1005.
9. **Alam. (2014)** Honey: a potential therapeutic agent for managing diabetic wounds. *Evid Based Complement Alternative Medicine*. Volume 2014, 16 .
10. **Al-Haik M, Al-Haddad A., Al-kaf A. G. et Edrees W.H. (2017).** Antimicrobial activities for hadhrami honey on growth of some pathogenic bacteria .*Universal Journal of Pharmaceutical Research*. Volume, 2(6): 7-12.

11. **Al-Mamary M., Al-Meery A. et Al-Habori M. (2002)** Antioxidant activities and total phenolic of different types of honey. *Nutrition Research* 22:1041–7
12. **Alqarni A.S., Owayss A.A. et Mahmoud A.A. (2012).** Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia. *Journal of Chemistry* 9, 114–120.
13. **Alvarez L.M. (2010).** Honey Proteins and their Interaction with Polyphenols. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Universal. Brooklyn, 93 .
14. **Alvarez-Suarez J.M., Giampieri F., González-Paramás A. M., Damiani E., Astolfi, P. et Martinez-Sanchez G. (2012).** Phenolics from monofloral honeys protect human erythrocyte membranes against oxidative damage. *Food and Chemical Toxicology*, 50, 1508–1516.
15. **Alvarez-Suarez J.M., Giamperi F. et Battino M. (2013).** Honey as a source of dietary antioxidants: structures, bioavailability and evidence of protective effects against human chronic diseases. *Current Medicinal Chemistry* 20(5):621-38.
16. **Alzahrani H.A ., Boukraâ L ., Bellik Y., Abdellah F., Bakhotmah B. A .et Kolayli S.(2012).** Evaluation of the antioxidant activity of three varieties of honey from different botanical and geographical origins .*Global Journal of Health Science*, 4,191–196.
17. **Amiot M.J., Aubert S., Gonnet M. et Tacchini M. (1989).** Les composés phénoliques: étude préliminaire sur l'identification et la quantification par famille. *Apidologie*, 20 (2) : 115-125.
18. **Amri A., Adjama A. et Tahar A. (2007).** Étude de quelques miels produits à l'est Algérien: Aspect physico-chimique et biochimique. *Revue Synthèse* .17 :57-63.
19. **Anchling F. (2005).** Sommet de développement des colonies, mais quid de la première récolte. *Revue l'abeille de France*, volume n° 915. 07.
20. **Annie K. (2013).** «The therapeutic effects of honey». *The Plymouth student scientist*, volume.6, n° 1, .376-385.
21. **Anso J. (2012).** Du miel à volonté. D2A, N°. 1, 23
22. **Anthimidou E ., Mossialos D. (2013).** Antibacterial activity of Greek and Cypriot honeys against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* in comparison to Manuka honey. *Journal Mediterranean Food* .;16: 42–478.

23. **Arvouet- Grand A ., Vennat B ., Pourrat A. et Legret P. (1994).** Standardisation d'un extrait de propolis et identification des principaux constituants. *Journal. Pharmacie. Belgian .*, 49: 462-468.
24. **Ashok V., Agrawal N ., Esteve-Romero J ., Bose D.et Dubey N.P.(2016).** Detection of methyl orange in saffron and other edibles using direct injection micellar liquid chromatography, *Food Analysis. Methods.* 201–8.
25. **Atmani D., Chaher N., Berboucha M., Ayouni K., Lounis H., Boudaoud, H., Debbache, N. et Atmani D. (2009).** Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, 112:303-309.
26. **Avisse I.,** Le grand traité des miels. Édition le Sureau-2014. 107-167.
27. **Ayesha F., Ayesha N., and Myrene R. DsouzaD. (2016).**Evaluation of in vitro antimicrobial activity of Indian honey on burn wound isolates. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2016, 8(3):1027-1034.
28. **Azeredo L.D.C., Azeredo M.A.A., De Souza S.R. et Dutra V.M.L. (2003).** Proteins contents and physic chemical proprieties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry*, 80: 249-254.
29. **Azonwade F.E., Armand A ., Cokou P., Agbangnan D.V., Dougnon T., N'tcha C., Mousse W., et Baba-Moussa L.M. (2017)** Polyphenolic profile, and antioxidant and antifungal activities of honey products in Benin *African Journal of Microbiology Research* .Volume. 12(1),. 9-18, 7.
30. **Badet C. Quero F. (2011).** In vitro effect of Manuka honeys on growth and adherence of oral bacteria. *Anaerobe*, volume.17, . 19-22.
31. **Barra M. P. G., Ponce-Díaz M. C., et Venegas-Gallegos, C. (2010).** Volatile compounds in honey produced in the central valley of Ñuble Province, Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70, 75–84.
32. **Basualdo C., Singh V., Finola M.S. et Marioli J.M. (2007).**Comparison of the antibacterial activity of honey from different provenance against bacteria usually isolated from skin wounds. *Veterinary Microbiology*.124:375-381.
33. **Belay A., Solomon W.K., Bultossa G., Adgaba N., et Melaku S. (2013).** Physicochemical properties of the Herenna forest honey, Bale, *Ethiopia Food Hematophagie* .141.3386-3392.
34. **Belhaj O., Oumato J. et Zrira S. (2015).** Etude physico-chimique de quelques types de miels marocains. *Marocan science Agronomy and Veterinary*, 3(3) :71-7.

Références bibliographiques

35. **Belhaj O., El Abbadi I .et Ouchbani T. (2016).** Contribution à l'étude de l'activité antibactérienne du miel naturel d'origine marocaine. *Marocan science Agronomy and Veterinary*. 4 (3): 12-22.
36. **Benaziza B .D . et Schweitzer P.(2010).** Caractérisation des principaux miels des régions du Nord de l'Algérie .*Cah Agricultural* , volume.19,N°6.
37. **Beretta G ., Granata F. M ., Orioli M., & Facino R. M. (2005).** Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/ fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimical Activity*, 533,185e191.
38. **Berg A., & Konig D., (2008).** The glycemic index of different German honeys. *Ernahrungs-Umschau* 55 (12), 720-725.
39. **Bertoncelj J., Doberšek U., Jamnik M, et Golob, T. (2007).** Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and color of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105 (2): 822-828.
40. **Bertoncelj J., Dobersek U., Golob T et Jamnick M. (2007).** Evaluation of the antioxidant activity of Three Varieties of Honey from Different Botanical and Geographical Origins 52: 1228-1237.
41. **Bertoncelj J., Polak T., Kropf U., Korošec M., et Golob T. (2011).** LC-DAD-ESI/MS 365 analysis of flavonoids and abscisic acid with chemometric approach for the classification of 366 Slovenian honeys. *Food Chemistry*, 127(1), 296-302.
42. **Bessas A. (2008).** «Dosage biochimique des composés phénoliques dans les dattes et le miel récoltés dans le Sud Algérien». Mémoire d'obtention de diplôme d'ingénieur d'état en biologie. Université Djilali Liabes-Sidi Bel Abbes, Algérie.,45.
43. **Biri M. (1976).** L'élevage moderne des abeilles. *Edition Vecchi Sciences Alimentaire Paris*. 321p.
44. **Blanc M., Chulia A. (2010).** Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat : Pharmacie. Limoges : Université de Limoges : 2010
45. **Blasa M., Candiracci M ., Accorsi A ., Piacentini M. P ., et Piatti E. (2007).**Honey flavonoids as protection agents against oxidative damage to human red blood cells. *Food Chemistry*, 104, 1635e1640.
46. **Bogdanov S. (1997).** « Nature and Origin of the Antibacterial Substances in Honey». *Lebensm.-Wiss. .Technologie*, volume. 30, p. 748–753.
47. **Bogdanov S., Beiri K., Figar M ., Figueiredo V., Iff D., Kanzing A ., Stochli H.,et Zurcher K.(1995).** Miel : définition et directives pour l'analyse et l'appréciation. In <<Livre Suisse des denrées alimentaires>>. Ed. OCFIM : 1-26.

Références bibliographiques

48. **Bogdanov S., Bieri K., Gremaud G., Iff D., Känzing L., Seiler K., Stöckli H., et Zürcher K. (2004).** Produits apicoles: 23B pollen. Revus par le groupe d'experts « produits apicoles »MSDA : 1-6.
49. **Bogdanov S. Tomislav J. Sieber R .et Gallmann P. (2008).** «Honey for Nutrition and Health». *American Journal of the College of Nutrition*, volume. 27, . 677-689.
50. **Bogdanov S., Tomislav J. Sieber R .et Gallmann P. (2009).** «Honey for Nutrition and Health». *American Journal of the College of Nutrition*, volume. 27,. 677-689.
51. **Bogdanov V S ., Matzke ,A(2003) .** La propolis – un antibiotique naturel. Edition VDB 6235 Winikon ; 72 pp.
52. **Bonté A. (2013).** Le miel, quel intérêt en cicatrisation. Le miel, de remarquables propriétés cicatrisantes. *Actualités pharmaceutiques*, N° 531.
53. **Bonté F., et Desmoulière A. (2013).** Le miel: Origine et composition. *Actualités Pharmaceutiques*, 531, 18–21.
54. **Bouyahya A. Abrini J. Et-Touvs A. Lagrouh F. Dakka N. et Barki Y. (2017).** Analyse phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des échantillons du miel marocain. *Phytothérapie. Lavoisier SAS*.
55. **Bouyahya A (2016)** Alicaments : des aliments aux médicaments, quel apport pour la santé ?. *Universel Sciences Sante* 1:1–3.
56. **Brand -Williams W., Cuvelier M. E. et Berset C. (1995) .**Use of a free radical method to evaluate antioxydant activity. *LWT Food Sciences. Technology.* 28: 25-30.
57. **Bravo L. (1998).** Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition. Revue.*, 56 (1), 317-333.
58. **Brudurlu H.S ., Koca N., et Karadeniz F. (2006).** Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering*, 74:211-216.
59. **Brudzynski K., Abubaker K. et Miotto D. (2012).** Unraveling a mechanism of honey antibacterial action: polyphenol/H₂O₂-induced oxidative effect on bacterial cell growth and on DNA degradation. *Food chemistry*, 133:329-336
60. **Bueno-Costa F.M., Zambiasi R.C., Wendt Bohmer B., Chaves F.C., Da Silva W., Zanusso J.T. et Dutra I. (2016).** Antibacterial and antioxidant activity of honey from the state of Rio Grande , Brazil. *LWT-Food science and Technology*, 65:333-340.

Références bibliographiques

61. **Burlando B ., Cornara L.(2013).** Honey in dermatology and skin care: A review. *Journal Cosmetic Dermatology*. 12:306–313.
62. **Can Z., Yaldiz O., Sahim H., Turumtay E.A ., Silici S. et Kolayli S. (2015).** Anvestigation of Turkish honeys: their Physic-chemical Properties, antiorycht capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180: 133-141.
63. **Canadanovic-Brunet J ., Cetkovic G., Saponjac V.T., Stajcic S., Vulic J.et Djilas S.(2014).** Evaluation of phenolic content,antioxidant activity and sensory characteristics of Serbian honey-based product .*Industrial Crops and Products*,62,1e7.
64. **.Carin L ., Soledad V., Basualdo M.(2014).** Antibacterial activity of honey: A review of honey around the world.. *Journal of Microbiology and Antimicrobials..* 6(3),. 51-56.
65. **Caron J. (2018).**La Miellerie.Les propriétés du miel (valeur alimentaire). Vaux-Lès-Mouron.France 08.,250.
66. **Carvalho C.A.L. (2009).** Physicochemical characteristics and sensory profile of honey samples from stingless bees (Apidae: Meliponiane) submitted to a dehumidification process .*Anais de Academia Brasileira de Ciências* , volume.81,n.1,.143-149.
67. **Castro-Vàzquez L., Diàz-Maroto M.C., Pérez-Coello M.S .(2007).** Aroma composition and new chemical markers of Spanish citrus honeys. *Food chemistry*, Volume 103, Issue2, 601-606.
68. **Cavaret, C.A. (2009).** Physicochemical characteristics and sensory profile of honey samples from stingless bees (Apidae: Meliponiane) submitted to a dehumidification process .*Anais de academia Brasileira de Ciências*, volume.81, N°.1, 143-149.
69. **Caillas A. (1974).** Le rucher de rapport, Les produits de la ruche, Traité pratique d'apiculture moderne, Edition .syndicat national d'apiculture, Paris, .497 .
70. **Ceyhan N ., Ugur A . (2001).** « Investigation of in vitro antimicrobial activity of honey». *Revue of Biology*, volume.94, n°2, .363-371.
71. **Challacombe C. A., Abdel-Aal E. M., Seetharamana K., et Duizer L. M. (2012).**Influence of phenolic acid content on sensory perception of bread and crackers made from red or white wheat. *Journal of Cereal Science*, 56, 181–188.

Références bibliographiques

72. **Chouia, A. (2014).** Analyse pollinique et caractéristique des composés phénoliques du miel naturel de la région d'Ain Zaatout. Mémoire d'obtention de Magistère en Biologie. Université de Biskra.,45.
73. **Ciulu M., Solinas S., Ignazio F., Panzanelli A., Pilo M. I., Piu Paola C., Spano N. et Sanna G. (2011).** RP-HPLC determination of water-soluble vitamins in honey. *Talanta*, Volume 83, Issue3, 924-929.
74. **Clément. (2005).** Le Traité Rustica de l'Apiculture. Edition Rustica/FLER, Paris, 528p.
75. **Codex Alimentarius commission. (2001).** Codex standard 12, Revised Codex Standard for honey : 1-7.
76. **Commission Européenne. (2002).** Directive 2001/110/EC du 20 décembre 2001 relative au miel. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, L10, 47-52.
77. **Conti, M. E., Finoia, M. G., Fontana, L., Mele, G., Botrè, F., & Iavicoli, I. (2014).** Characterization of Argentine honeys on the basis of their mineral content and some typical quality parameters. *Chemistry Central Journal*, 8(1), p: 44.
78. **Couquet Y., Desmolière A. et Rigal M.L. (2013).** «Le miel, quel intérêt en cicatrisation ? » .Les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel. *Actualités Pharmaceutiques*, . 22-25.
79. **Cuevas G., Pino J. A., Santiago L. S. et Duch E. (2007)** .A review of volatile halophyte, *Tamarix gallica* L. Actes du séminaire international « les plantes de remarquables propriétés cicatrisantes. *Actualités pharmaceutiques*, N° 531.
80. **Cushnie T., Lamb A. (2005).**Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, volume.26, p. 343-346.
81. **Da silva P., Gauche C., Gonzaga L.V., Oliveira Costa, A.C. et Fett R. (2016).** Honey chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196:309-323.
82. **Delphine I. (2010).** « Le miel et ses propriétés thérapeutiques». Thèse de doctorat.23-25
83. **Desmoulière A. (2013).** Le miel, de remarquables propriétés cicatrisantes. *Actualités Pharmaceutiques* 531, 17.
84. **Diafat A.E.O., Benouadah A., Bahloul A., Meribai A., Mekhalfi H., Bouaziz F., Techache D., Laabachi H. et Arrar L. (2017).**Physicochemical properties and pollen analyzes of some Algerian honeys. *International Food Research Journal* 24(4): 1453-1459.

Références bibliographiques

85. **Diaz M.G., Camoes M. F. G. F. C. et Oliveira L. (2004).** Carotenoids in Traditional Portuguese fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 113:808-815.
86. **Dong R., Zheng Y., Xu B. (2011).** Phenolic profiles and antioxydant capacities of Chinese unifloral honeys from different botanical and geographical sources. *Food and Bioprocess Technology*. DOI: 10.1007/s11947-011-0726-0.
87. **Doukani K., Tabak S., Derriche A. et Hacini Z. (2014).** Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement*. 10 :37- 49.
88. **Elbanna K., Attalla K., Elbadry M., Abdeltawab A., Gamal-Eldin H., et Fawzy R. 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.
89. **El-Sohaimy S.A. Masry Sh.D. et Shehata M.G. (2015).** « Physicochemical characteristics of honey from different origins». *Analysis of Agricultural Sciences*, volume.60, n°2, . 279-287
90. **Escuredo O., Silva-Luis R., Valentao P., Seijo M.C. et Andrade P.B. (2013).** «Assessing .Rubus honey value: pollen and phenolic compounds content and antibacterial capacity». *Food chemistry*, volume.130, p. 671-678.
91. **Escuredo O., Míguez M., Fernández-González M., et Seijo M. C. (2013).** Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic area. *Food Chemistry*, 138, 851–856.
92. **Eucast. (2003).** «Determination of minimum inhibitory concentrations (MIC) of antibacterial agents by agar dilution». European Committee for antimicrobial susceptibility testing (EUCAST) of the European society of clinical microbiology and infection diseases (ESCMID). Definitive Document E. 3.1.2000. .
93. **Fahim H., Dasti J.I., Ali I., Ahmed S., et Nadeem M.(2014).** Physico-chemical analysis and antimicrobial potential of *Apis dorsata*, *Apis mellifera* and *Ziziphus jujube* honey samples from Pakistan. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, volume. 4, no. 8, . 633–641,
94. **Finola M .S., Lassagno M C, et Marioli J.M. (2007).** Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food Chemistry*.100:1649-1653.
95. **Gadaw A. V., Joubert et Hansmann C. F. (1997).** Comparaison of the antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of rooibos tea

- (aspalathus linearis), a tocopherol, BHT, and BHA. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 45: 632-638.
- 96. Gam S.H. (2012).** Physicochemical and antioxidant properties of Bangladeshi honeys stored for more than one year .*BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12:177.
- 97. Gasic U., Kec S., Dabic D., Trifkovic J., Milojkovic-Opsenica D. et Natic M.(2014).** Phenolic profile and antioxidant activity of Serbian polyfloral honeys. *Food Chemistry*, 145, 599-607.
- 98. Guillon N. (1996).** « Étude de l'activité antibactérienne du miel». Thèse pour l'obtention du diplôme d'état de Docteur en pharmacie. Université de Limoges, France 68-58.
- 99. Haderbache L., Bousdira M., et Mohammedi A .(2013).** Ziziphus lotus and euphorbia bupleuroides Algerian honeys.*World Applied Sciences Journal* 24 (11): 1536-1543.
- 100. Gheldof N., Wang X.H., & Engeseth N.J. (2002).** Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (10), 3050-3055.
- 101. Ghashm AA., Othman NH., Khattak MN., Ismail NN, et Saini R (2010).** Antiproliferative effect of Tualang honey on oral squamous cell carcinoma and osteosarcoma cell lines. *BMC Complement. Alternative. Medicine*. 10:49.
- 102. Gidamis A. B., Chove B.E., Shayo N. B., Nnko S. A. et Bangu N.T. (2004).** Quality evaluation of honey harvested from selected areas in tanzania with special emphasis on hydroxymethyl furfural (HMF) levels. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59, : 129-132.
- 103. Gomes S., Dias L. G. ,Moreira L. L., Rodrigues P. et Estevinho L. (2010).** Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*. 48: 544-548.
- 104. GOUT J. (2009).** Action physiologique et thérapeutique des produits de la ruche. In : *Traité de biologie de l'abeille*. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 116-154
- 105. Guarch C. (2008).** Le miel. Cuisine, santé et beauté. Editions Cabédita, Yens sur Morges, 72 .

Références bibliographiques

- 106. Guerriat H. (2000).** Être performant en Apiculture. Édition Rucher du Tilleul. 415.
- 107. Havsteen B.H (2002).** The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology & Therapeutics*, 96:67-202.
- 108. Hermosine I., Chicon R.M., et Cabezudo M.D. (2003).** Free amino-acid composition and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 83: 263-268.
- 109. Hussein F. (2013).** Gelam honey attenuates carrageenan induced rat paw inflammation via NF- κ B pathway. *Plos One* 8.
- 110. Ibrahim khalil M.D., Moniruzzaman M., Boukraa L., Benhanifia A., Asiful I., Nazmul I., Sulaiman S.A. et Huagan S. (2012).** Physicochemical and antioxidant Properties of Algerian Honey. *Journal Molecules*, 17: 11199-11215.
- 111. Iglesias M. T., Martian-Alvarez P. J., Polo M. C., Lorenzo C., Gonzalez M., & Pueyo E. N. (2006).** Changes in the free amino acid contents of honeys during storage at ambient temperature. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 54, 9099–9104.
- 112. Irlande D. (2010).** Le miel et ses propriétés thérapeutiques. Utilisation dans les plaies cutanées. 1-25.
- 113. Islam A., khalil I., Islam N., Moniruzzaman M., Mottalib A., Sulaiman S.A. et Jaganathan S.K., & Mandal M. (2009).** Antiproliferative effects of honey and its 404 polyphenols: A review. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2009, 1-13.
- 114. Jaklic D, Lapanje A, Gunde-Cimerman N. (2012).** Antibacterial and antimycotic activities of Slovenian honeys. *British Journal of Biomedical Science.*; 69(4):154–8
- 115. Jasicka-Misiak I., Poliwoda A., Deren M., et Kafarski P. (2012).** Phenolic compounds and abscisic acid as potential markers for the floral origin of two Polish unifloral honeys. *Food Chemistry*, 131(4), 1149-1156.
- 116. Jean-prost P. et Medori P. (2005).** Matière première. In Apiculture. Lavoisier : Yves le conte. Paris, : 161-183.
- 117. Jean-prost P. (1979).** « La Botanique et ses applications agricoles et horticoles ». Tomes 1.5 éd. Paris, 211.
- 118. Kamal M. A., et Klein P. (2011).** Determination of sugars in honey by liquid chromatography. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18, 17–21.

119. Karabagias I. K., Badeka A., Kontakos S., Karabournioti S., et Kontominas M. G. (2014). Characterization and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Chemistry*, 146, 548–557.
120. Karabournioti S. et Zervalaki P. (2001). Les effets du chauffage sur le HMF et l'invertase des miels. *Apiacta*, 36(4)
121. Kaskoniene V., Venskutonis P. R., et Ceksteryte V. (2010). Carbohydrate composition and electrical conductivity of different origin honeys from Lithuania. *Food Science and Technology*, 43, 801–807.
122. Kassim, M., Achoui, M., Mustafa, M.R., Mohd, M.A., et Yusoff, K.M. (2010). Allergic acid, phenolic acids, and flavonoids in Malaysian honey extracts demonstrate in vitro anti-inflammatory activity. *Nutrition Research* 30, 650–659.
123. Kast C., Walthe, B. (2017). Miel et taux de glycémie .Revue suisse d'apiculture - *Agroscope Liebefeld-Posieux ALP*, 3003 Berne n° 3 / 2012).
124. Khalil, M.I., Moniruzzaman, M., Boukraâ, L., Benhanifia, M., Islam, M.A., Islam, M.N., Sulaiman, S.A., et Gan S.H. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of algerian honey. *Journal Molecules* 17, 11199–11215.
125. Koechler S. (2015). Le miel dans la cicatrisation des plaies : un nouveau médicament ? . Thèse d'obtention de diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université Lorraine 56-57.
126. Ksouri R., Falleh H. et Abdely C. (2006). Contenu en polyphénols et activité antioxydantes d'une halophyte, *Tamarix gallica* L. Actes du séminaire international « les plantes à parfums, Aromatique et Médicinales ». .307-310.
127. Küçük M., Kolaylı S., Karaoğlu Ş., Ulusoy E., Baltacı C., et Candan F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry* 100, 526–534
128. Kwakman, P. H., Te Velde A. A., De Boer L., Speijer D., Vandenbroucke-Grauls C. M. et Zaat S. A. (2010). How honey kills bacteria. *FASEB Journal* 24 (7): 2576-2582
129. Lazarevič K. B., Anderič F., Trifkovič J., Tešič., Milojkovič-Opsenica D. (2012). Characterization of Serbian unifloral honeys according to their physicochemical parameters. *Food chemistry*, Volume 132, Issue 4, . 2060-2064.
130. León-Ruiz A.V., González-Porto N., Al-Habsi S., Vera M.P. San P. et Jauregi A. (2013). Antioxidant, antibacterial and ACE-inhibitory activity of four monofloral

- honeys in relation to their chemical composition. *Food Function*. 4 (2013). 1617-1624.
- 131.Liben T., Atlabachew M., et A Abebe A. (2018).**Total phenolic, flavonoids and some selected pathogenic bacteria. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 4: 1475925.
- 132.Liu J.R., Lin T.Y., Wang Y.W. et Peng C.C. (2013).** Effect of floral sources on the antioxidant antimicrobial and anti-inflammatory activity of honeys in Taiwan. *Food Chemistry*. 139(1-4):146–74.
- 133.Lequet L. (2010).** Du nectar a un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques a l'intention de l'apiculteur amateur. Thèse docteur vétérinaire, l'université Claude Bernard - Lyoni, 194.
- 134.Majtan J. (2011).** «Methylgloxal – A Potential Risk factor of Manuka Honey in Healing of Diabetic Ulcers». *Evidence- Based Complementary and Alternative*.
- 135.Makhloufi Ch. (2010).** Melissopalynologie et étude des éléments bioactifs des miels Algérienne. Thèse d'obtention du diplôme de doctorat en science agronomiques. Université Alger35-39.
- 136.Manzanares A. B., García H., Galdón B. R., Rodríguez E. R., et Romero C. D. (2014).**Physicochemical characteristics of minor monofloral honeys from Tenerife,Spain. *Food Science and Technology*, 55, 572–578.
- 137.Massaux C. (2012).** Polyphénols : des alliés pour la santé. Edition Abeilles & cie. 4-2012 n°149.
- 138.Mato I. S., Huidobro J. F., Simal-Lozano J. S., et Sancho M. T. (2006).** Rapid determination of nonaromatic organic acids in honey by capillary zone electrophoresis with direct ultraviolet detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 1541–1550.
- 139.Mazrou K. (2008).** « L'effet de la température sur l'évolution de l'HMF dans les miels Algériens». Mémoire d'obtention de diplôme d'étude supérieure en biologie. Université Ibn Khaldoune, Tiaret, Algérie25-20.
- 140.McLoone P., Warnock M., Fyfe L. (2016).** Honey: A realistic antimicrobial for disorders of the skin. *Journal of Microbiology, Immunology Infection.*; 49: 161-167.
- 141.Meda A., Lamien C.E., Marco R. (2005).** Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasso honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, vol.91, n°3,571-577.

Références bibliographiques

142. Mekious S., Houmani Z., Bruneau E., Masseaux C., Guillet A. et Hance T., (2015). Caractérisation des miels produits dans la région steppique de Djelfa en Algérie. *Biotechnology. Agronomy. Society and Environment*, volume. 19, no. 3, . 221–231.
143. Mendes E., Proença E. B., Ferreira I. M. et Ferreira M. A. (1998). Quality evaluation of Portuguese honey. *Carbohydrate Polymers*, 37, 219–223.
144. Meo S.A., Al-Asiri S.A., Mahesar A.L. et Ansari M.J. (2017). Role of honey in modern medicine. *Saudi Journal Biology Science* .24:975–978.
145. Merah M., Bensaci B. M. et Boudershem A. (2010). Étude de l'effet antimicrobien de trois échantillons du miel naturel récoltés du territoire algérien. *Annales des Sciences et Technologie* volume. 2, n° 2 : 115-125
146. Missio da silva, P., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Oliveira Costa, A.C. et Fett, R. (2016). Honey chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196:309-323.
147. Molan P.C. (1992). «The antibacterial activity of honey.1.the nature of the antibacterial activity». *Bee world*, volume.73, .59-76.
148. Moniruzzaman M., Sulaiman S.A., Khalil M.I. et Gan S.H. (2013). Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysain honeys :a comparison with mauka honey. *Chemistry Central Journal* ,7:138.
149. Montoro P., Braca, A., Pizza C. et Nunziatina De Tommasi Q. (2005). Structure antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species. *Food Chemistry*, 92: 349-355.
150. Moreira R. F. A., Maria C. A. B., Pietrolungo M., et Trugo L. C. (2010). Chemical changes in the volatile fractions of Brazilian honeys during storage under tropical conditions. *Food Chemistry*, 121, 697–704.
151. Mouhoubi Z. (2007). Influence de la température de conservation sur la qualité du miel :effet sur le pouvoir antioxydant. Thèse. Magistrat. Science Alimentaire. Département des Sciences Alimentaires. Université Abderrahmane Mira de Bejaïa. :62.
152. Moussa A., Djebli N., Saad A., Meslem A., et 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* volume; 2(7): 554–557.

- 153.Mshelia B.M ., Adeshina G.O .et Onaolapo J.A. (2017).** The Antibacterial Activity of Honey and Lemon Juice against Streptococcus pneumonia and Streptococcus pyogenes Isolates from Respiratory Tract Infections .*Advances in Biotechnology & Microbiology* 4(5): AIBM.MS.ID.555660.
- 154.Nanda V., Sarkar B. C., Sharma H. K. et Bawa A. S., (2003).** Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16: 613-619
- 155.Nasir N.A., Halim A.S., Singh K.K., Dorai A.A. et Haneef M.N .(2010).** Antibacterial properties of tualang honey and its effect in burn wound management: a comparative study. *BMC Complement. Alternative. Medicine*.10:31.
- 156.Noor N., Sarfraz R.A., Ali S., & Shahid,M. (2014).** Antitumor and antioxidant potential of some selected Pakistani honeys. *Food Chemistry* 143, 362–366.
- 157.Olaitan P.B., Adeleke O.E.et Ola I.O. (2007).** «Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes». *African Health Sciences, Pharmaceutiques*, 531, 18–21
- 158..Oliveira R.G., Jain S ., Cândido L., Freitas L. et Araújo E.D.(2017).**Screening for quality indicators and phenolic compounds of biotechnological interest in honey samples from six species of stingless bees (Hymenoptera: Apidae).*Food Science and Technology, Campinas*, 37(4): 552-557.
- 159.Othman AS. (2014)** Antibacterial activity of bee and Yemeni Sidr honey against some pathogenic bacteria species. *International Journal Current Microbiology Application Science.*; 3(10): 1015-1025.
- 160.Ouchemoukh S., Louaileche H. et schweitzer P. (2007).**Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food chemistry* ,18:52-5
- 161.Ouchemoukh S. (2012).** Caractérisation physicochimique, profils polliniques, glucidiques et phénoliques et activités antioxydantes de miel algériens. Thèse doctorat, Biochimie. Université Abderrahmane Mira de Bejaia, pp 162.
- 162.Ouchemoukh S., Amessis-Ouchemoukh N., Gómez-Romero M., Aboud F., Guiseppe, A., Fernández-Gutiérrez A., Segura-Carretero A., Louaileche H. (2016).** Characterisation of phenolic compounds in Algerian honeys by RP-HPLC coupled to electrospray time-of-flight mass spectrometry. *LWT - Food Science and Technology*.S0023-6438(16)30774-5DOI: 10.1016.

163. Ouchemoukh S., Amessis-Ouchemoukh N., Gómez R. M., Aboud F., Guiseppe A., Fernández-Gutiérrez A., Segura-Carretero A. et Louaileche H. (2017). Characterization of phenolic compounds in Algerian honeys by RP-HPLC coupled to electrospray time-of-flight mass spectrometry, *LWT - Food Science and Technology* doi: 10.1016/j.lwt.2016.11.084.
164. Oudjet K. (2012). «Le miel une denrée à promouvoir». Infos-CACQE ,p.1-3
165. Passim M., Achoui M., Mustafa M.R., Mohd M.A., et Yusoff K.M. (2010). Ellagic acid, phenolic acids, and flavonoids in Malaysian honey extracts demonstrate in vitro anti-inflammatory activity. *Nutrition Research* 30, 650–659.
166. Petit N. (2012). Le miel au secours de la médecine conventionnelle. *Santé*, 13-17.
167. Phillippe J.M. (2007). *Le guide de l'apiculture*. EDISUD. Aix- en- Provence. France. P288.
168. Piazza M .G ., Accorti M ., Persano -Oddo L., (1991). Electrical conductivity, ash, colour and specific rotatory power in Italian unifloral honeys. *Apicoltura* ,7:51-63
169. Pita-Calvo C., Vazquez M. (2017). *Trends in Food Science & Technology* 59 -79
170. Ponce, A. G., Fritz, R., Del Valle, C., et Roura, S. I. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LWT-Food Science and Technology*, 36(7), 679-684.
171. Pyrzynska K ., Biesaga M. (2009). Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey. *Trends in Analytical Chemistry*. 28:893-902.
172. Rao P.V., Krishnan K.T., Salleh N., et Gan S.H. (2016). Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and stingless bees: a comparative review. *Revista Brasileira de Farmacognosia* .26, 657–664.
173. Robards K., Prenzler P.D., Trucker G., Swatsitang P., et Glover W. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry* ,66, 401-436. 443.
174. Rossant A., et Desmoulière., (2011). Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse de doctorat en Pharmacie. Université de Limoges. 39-40.
175. Rossant A. (2011). Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse de doctorat, University of Limoges, 132 .
176. Saad B., Almasaudi A. A., Al-Nahari M., El Sayed M ., Abd El- G., Elie B., Saad M ., Al Muhayawi S ., Al-Jaouni E.A., Qari M ., Qari A.Y. et Harakeh

- S.(2017).Antimicrobial effect of different types of honey on Staphylococcus aureus .*Saudi Journal of Biological Sciences* Volume 24, Issue 6, 1255-1261.
- 177.Saba Z.H., Yusoff K.M., Makpol S. et Yusoff M.A. Y. (2011). Antioxidant Capacities and Total Phenolic Contents Increase with Gamma Irradiation in Two Types of Malaysian Honey. *Journal molecules*, 16, 6378-6395.
- 178.Sagdic O., Karahan A. G., Ozcan M., et Ozkan G. (2013). Effect of some spice extracts on bacterial inhibition.. *Food Science and Technology International*.9:353–356.
- 179.Sahin H., Aliyazıcıoğlu R., Yıldız O., Kolaylı S., et Supuran C. T. (2011). Honey,polen, and propolis extracts show potent inhibitory activity against the zinc metalloenzyme carbonic anhydrase .*Journal of Enzyme Inhibition and Medicine*,26, 440–444.
- 180.Sak-Bosnar J., Milan H., Sakač N. (2012). Direct potentiometric determination of diastase activity in honey. *Food Chemistry*, Volume 135, Issue 2, 15 November 2012, 827-83.
- 181.Salwa H.A. et Maher A. (2014). Antibacterial Potential and Physicochemical Properties. *Global Advanced Research Journal*, 3 (3): 049-058.
- 182.Sancho M.T., Muniategui S., Huidbro J.F . et Simal J. (1992). Evaluating soluble and insoluble ash and total alkalinity of Ash in honey using electrical conductivity measurements at 20 C.*Apidologie*, 23:291-297.
- 183.Saxane S., Gautam S. et Sharma A. (2010).Physical, biochemical and antioxydant proprieties of some Indian honeys. *Food Chemistry*. 118: 391-397.
- 184.Schivre E. (2006). L'abeille, ses produits de Sécrétion et leurs utilisations thérapeutiques. Thèse de Doctorat. Université de Nancy : 1-73.
- 185.Schramm D.D., Karim M., Schrader H.R., Holt R., Cardetti M. et Keen, C.L. (2003).Honey with high levels of antioxidants can provide protection to healthy human subjects. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51:1732-1735.
- 186.Schramm D., Wang-Polagruto J. F., Lee L. et Keen C. L. (2003). Effects of flavonoid-rich beverages on prostacyclin synthesis in human's and human aortic endothelial cells: association with ex vivo platelet function. *Journal of Medicinal Food*, 6(4), 301-308.
- 187.Schweitzer P. (2005). Encore des miels hors normes. Revue l'abeille de FranceN°917 .Laboratoire d'analyse et d'écologie apicole. 03.

Références bibliographiques

- 188. Shobham K., Kumar CH. et Jyothi N. (2017).** Physico-Chemical Analysis of Some Commercial Honey Samples from Telangana. *Indian Journal of Nutrition* Volume 4, Issue 1.
- 189. Sib A. (2007).** «Contrôle de la qualité physicochimique et microbiologique et évaluation de l'activité antimicrobienne du miel d'origine locale et importé». Mémoire en vue de l'obtention du diplôme Master en microbiologie alimentaire et sécurité sanitaire des aliments. Université de Tlemcen, Algérie 12-15.
- 190. Silici S., Sagdic O., Ekici L. (2010).** Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of Rhododendron honeys. *Food Chemistry*, 121, 238–243.
- 191. Sime D., Atlabachew M., Abshiro M. R. et Zewde T. (2015).** Total phenols and antioxidant activities of natural honeys and propolis collected from different geographical regions of Ethiopia. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 29(2), 163–172.
- 192. Singleton V. L., Orthofer R. et Lamuela-Raventos R. M. (1999).** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Foline Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- 193. Stagos D., Soulitsiotis N., Tsadila C., Papaconomou S, Arvanitis C., Ntontos A., Karkanta F., Androulaki S., Petrotos K., Spandidos D. et Mossialos D. (2018).** Antibacterial and antioxidant activity of different types of honey derived from Mount Olympus in Greece. 42(2): 726734.
- 194. Suárez-Luque S., Mato I., Huidobro J. F., et Simal-Lozano J. (2005).** Capillary zone electrophoresis method for the simultaneous determination of cations in honey. *Journal of Chromatography A*, 1083, 193–198.
- 195. Sultanbawa Y., Cozzolino D., Fuller S., Cusack A., Currie M. et Smyth H. (2015).** Infrared spectroscopy as a rapid tool to detect methylglyoxal and antibacterial activity in Australian honeys. *Food Chemistry*, 172: 207-212
- 196. Terrab A., et Heredia F.J. (2004).** Characterization of avocado (*Persea americana* mill) honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry*, 88: 537–542.
- 197. Terrab A., Diez M. J., & Heredia F. J. (2002).** Characterization of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry*, 79(3), 373-379.

198. Tezcan F., Kolayli S., Sahin H., Ulusoy E., et Erim F. B. (2011). Evaluation of organic acid, saccharide composition and antioxidant properties of some authentic Turkish honeys. *Journal of Food and Nutrition Research*, 50, 33–40.
199. Tomblin V., Ferguson S., Murray G., Schlothauer R., et Han D.Y. (2014). Potential pathway of anti-inflammatory effect by New Zealand honeys. *International Journal of General Medicine* 149.
200. Truzzi C., Annibaldi A., Illuminati S., Finale C., et Scarponi Giuseppe. (2014). Determination of proline in honey: Comparison between official methods, optimization and validation of the analytical methodology. *Food Chemistry*, 150, 477–481.
201. Vandamme L., Heyneman A., Hoeksema H., Verbelen J., et Monstrey S. (2013). Honey in modern wound care: a systematic review. *Burns*, 39, 1514e1525.
202. Viodarou C., Alexopoulos A., Plessas S., Karapanou A., Mantzourani I., Stavropoulou E., Fotou K., Tzora A., Skoufos I. et Bezirtzoglou E. (2011). «Antibacterial activity of different honeys against pathogenic bacteria». *Anaerobe*, volume.17, . 375-379.
203. Wang X.H., Gheldof N. et Engeseth N.J. (2004). Effect of processing and storage on antioxidant capacity of honey. *Journal of Food science*, 69: 96 –101.
204. Wen C.T., Hussein S.Z., Abdullah S., Abdul Karim N., Makpol S. et Mohd Y.A (2012). Gelam and Nenas honeys inhibit proliferation of HT29 colon cancer cells by inducing DNA damage and apoptosis while suppressing inflammation. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 13(4):1605-1610.
205. White J.W. (1992). Quality evaluation of honey: Role of HMF and diastase assays in honey quality evaluation. *American Bee Journal* 132 (11/12):737-742.
206. Yaiche A. H., Khali M. (2014). « Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques ». *Afrique Science*, volume. 10, n°2, p. 127 – 136
207. Yao L., Datta N., Tomas-Barberan F.A., Ferreres F., Martos I., Singanusong R. (2003). Flavonoid, phenolic acids and abscisic acid in Australian and New Zealand *Leptospermum* honeys. *Food Chemistry* 81(2): 159-168.
208. Yucel Y. et Sultanoglu P. (2013). Characterization of honeys from Hatay Region by their physicochemical properties combined with chemometrics. *Food Bioscience*, 16-25.

Références bibliographiques

- 209. Zerrouk S H ., Fallico B. G., Arena E. N., Ballistreri G. F. et Boughediri L.A. (2011) .Quality Evaluation of Some Honey from the Central Region of Algeria. *Jordan Journal of Biological Sciences* .4. 4: 243 – 248.**

Sites web

Anonyme 1, http://www.paulstarosta.com/gallery.asp?gallery_id=2220&page=4

Anonyme 2, <http://www.terroirselect.info/composition-miel.html>.

Anonyme 3, <http://www.annabac.com/annales-bac/le-miel-du-pays-d-oc>

Résumé

Dans le présent travail, dix échantillons de miel de diverses origines botaniques collectés des régions différentes du territoire algérien, sont analysés pour leurs propriétés physicochimiques ainsi que leur teneur en composés phénoliques et testés pour leur activité antioxydante et antimicrobienne. L'analyse des paramètres physicochimiques des miels montre que la majorité des échantillons étudiés sont conformes aux normes internationales à l'exception de quelques échantillons qui possèdent des teneurs en HMF supérieures aux limites tolérées. L'estimation quantitative des composés phénoliques révèle que les miels sont riches en polyphénols totaux. Cependant, ils sont pauvres en flavonoïdes. L'évaluation quantitative de l'effet antioxydant montre que l'échantillon d'*Eucalyptus* est le plus actif avec 54%.

L'évaluation *in vitro* du pouvoir antimicrobien révèle que les miels issus du nord algérien sont plus efficaces vis-à-vis des souches testées, et que cette activité est plus importante avec le miel pur qu'avec le miel dilué. Les souches *E.coli* et *S.aureus* sont les plus sensibles, tandis que *candida albicans* est résistante à l'effet de tous les miels, sauf à celui de Sulla.

Mots clés: Miel, Activité antimicrobienne, Activité antioxydante, Polyphénols, Paramètres physico-chimiques

Abstract

In the present work, ten samples of honey of various botanical origins collected from different regions of the algerian territory, are analyzed for their physicochemical properties as well as their content of phenolic compounds and tested for their antioxidant and antimicrobial activity. The analysis of the physicochemical parameters of the honeys shows that the majority of the honeys studied comply with international standards with the exception of a few samples which have HMF contents higher than the tolerated limits. Quantitative estimation of phenolic compounds reveals that honeys are rich in total polyphenols. However, they are poor in flavonoids. The quantitative evaluation of the antioxidant effect shows that the *Eucalyptus* sample is the most active with 54%.The *in vitro* evaluation of the antimicrobial power reveals that honeys originating from northern Algeria are more effective with respect to strains tested, and that this activity is more important with pure honey than with diluted honey. *E. coli* and *S. aureus* are the most sensitive, while *Candida albicans* is resistant to all honeys except Sulla.

Keywords: Honey, Antimicrobial activity, antioxydant activity, polyphenols, physicochemical parameters