

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI OUZOU

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE – MICROBIOLOGIE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du Diplôme de Master Académique

Filière : Biotechnologies

Spécialité : Biotechnologie microbienne

THEME

**Evaluation des caractéristiques physico-chimiques, antioxydante
et antibactériennes de deux miels algériens de différentes origines
(botaniques, florales)**

Réalisé par :

M^r KABICHE Hanine et M^{lle} ZERROUKI Lila

Devant les membres de jury :

Présidente : M^{me} ABDOUNE S

MAA à l'UMMTO

Promoteur : M^r OUELHADJ A

Professeur à l'UMMTO

Examinatrice : M^{me} BENAZZOUZ K

MCB à l'UMMTO

Année universitaire 2021- 2022

Remerciements

Ce présent travail qui est le résultat d'un dur labeur, n'aurait été possible sans le soutien indéfectible de notre promoteur Mr **OUELHADJ Akli**, professeur à l'UMMTO.

Il a su orienter, conseiller, écouter et répondre à nos questionnements sans répit. Nous le remercions pour sa disponibilité, sa patience et sa bonne volonté et tout le savoir qu'il nous a inculqué depuis notre troisième année licence.

On remercie vivement, M^{me} **ABDOUNE** de nous avoir fait l'honneur de présider le Jury et M^{me} **BENAZZOUZ** d'avoir accepté d'évaluer le présent travail. On vous doit beaucoup de respect et de reconnaissance.

On tient à remercier vivement les enseignants du département de Biochimie et Microbiologie en particulier Madame **DERMECHE**, Monsieur **SEBBANE**, Monsieur **TITOUCHE**, Monsieur **HOUALI** et Monsieur **MESLA**, mais aussi Monsieur **MEDJBER** pour leur disponibilité et leur soutien indéfectible.

Nous remercions Monsieur **SMAIL**, chaleureusement pour tout ce qu'il a fait pour nous, pour le temps qu'il nous a accordé et le soutien moral dont il nous a fait part.

Comment oublier de remercier les étudiants de la section Biotechnologie microbienne et de microbiologie qui nous ont accompagnés tout au long de notre stage de fin d'études et avec qui nous avons partagé des moments inoubliables. Ils étaient d'une aide précieuse au laboratoire et ensemble nous avons appris l'esprit d'équipe. On vous remercie du fond du cœur, grâce à vous, on gardera de magnifiques souvenirs de cette année.

On remercie également tous nos collègues et amis en particulier **REKAI Katia** et **ZAFANE Nadia** de leur aide et les nombreux services qu'elles nous rendaient.

On remercie tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin.

Un grand merci à nos parents et à tous nos proches de leur soutien incontestable.

Nos remerciements sont vains mots pour exprimer notre profonde gratitude et notre respect, qui vous sont dus.

Sans vous, on en serait pas là.

Lila et Hanine.

« IL N'Y A PAS DE RAISON DE NE PAS ÊTRE OPTIMISTE QUAND ON
SE DONNE DU MAL CAR LE TRAVAIL PAYE TOUJOURS. »

LOUANE ÉMERA

DEDICACES

Afin d'être reconnaissante envers ceux et celles qui m'ont encouragé à effectuer ce travail, je dédie ce mémoire à :

À ma défunte grand-mère qui attendait ma soutenance avec impatience et à mon grand-père parti trop tôt. À jamais vivants dans mon cœur. Reposez en paix.

Aux êtres les plus chers : Mes parents.

À mon père, mon plus haut exemple et mon modèle de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras. Pour son enseignement continu à m'inculquer les vraies valeurs de la vie et pour ses précieux conseils. J'espère que je serai à la hauteur de tes attentes.

À ma mère, pour sa tendresse, sa patience, sa compréhension, sa disponibilité, son écoute permanente et son soutien sans égal dans les moments les plus difficiles de ma vie.

À mes parents, à qui je dois tout, absolument tout... Sans qui je ne serai pas là aujourd'hui.

À mes parents qui ont su combler, écouter, bander et guérir. Vous êtes mon équilibre. Merci pour tout ce que vous faites pour moi. Longue vie et bonne santé !

À mes frères : Ismail, Mahrez et Hamza.

À ma sœur de sang "Saliha" et la sœur que la vie m'a offerte "Noura".

À Smail, Abdellah et Yasmine.

À ma grande famille, à tous ceux et toutes celles que j'ai involontairement omis de citer et qui n'en demeurent pas moins chers.

À Tous mes proches et tous ceux et toutes celles qui comptent pour moi.

À moi et à mon binôme pour long chemin que nous avons parcourus ensemble.

À tous ceux et toutes celles qui se battent un peu plus chaque jour pour leurs rêves.

Et à tous ceux et toutes celles qui s'arment de volonté, patience et de beaucoup de persévérance pour poursuivre leur chemin malgré les obstacles.

Je vous souhaite, le meilleur.

ZERROUKI Lila

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail en premier lieu à mon grand-père que j'ai perdu à cause du maudit virus le 11 juin 2021. REPOSES EN PAIX.

A mes parents grâce à qui je suis arrivé là où j'en suis aujourd'hui. Qui étaient présents pour moi tout au long de mon parcours scolaire depuis mes années primaires jusqu'à l'université. QUE DIEU VOUS PROTEGE.

A mon frère NASSIM qui était toujours présent pour moi

A ma petite sœur HAYET

A ma grand-mère maternelle à qui je souhaite longue vie.

A tous mes proches

A tous mes amis et camarades

A mon binôme Lila qui était là pour moi tout au long de notre cursus universitaire

KABICHE Hanine

SOMMAIRE

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction..... 1

1^{ere} Partie : Synthèse Bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur le miel 2

I.1.Définition du miel 2

I.2.Origine du miel 2

I.2.1.Nectar 2

I.2.2.Miellat 3

I.2.3 Autres origines du miel 4

I.3. Types de miels 4

I.3.1.Miels monofloraux..... 4

I.3.2.Miels polyfloraux 5

I.4.Processus de fabrication 5

I.4.1.Trophallaxie 5

I.4.2.Enrichissement du miel 6

I.4.3.Evaporation 6

Chapitre II : Composition et caractéristiques physico-chimiques du miel..... 8

II.1. Composition chimique du miel 8

II.1.1. Eau 8

II.1.2.Hydrates de carbones..... 9

II.1.3.Acides 9

Sommaire

II.1.4.Acides aminés, protéines et enzymes	10
II.1.5.Vitamines.....	10
II.1.6.Sels minéraux	10
II.1.7.Autres composantes du miel.....	11
III. Propriétés physico-chimiques du miel	12
IV. Caractéristiques organoleptiques du miel	13
IV.1.Couleur et odeur	13
IV.2.Texture	13
IV.3.Gout et arôme.....	13
Chapitre III : Propriétés nutritionnelles et biologiques du miel	15
III.1.Propriétés nutritionnelles du miel	15
III.2.Propriétés biologiques du miel.....	15
III.2.1 .Propriétés antifongiques, antibactériennes et antivirales	16
III.2.2.Propriété antioxydante	17
III.2.3.Propriétés métaboliques	16
III.2.4.Propriétés cicatrisantes et anti-inflammatoire	18
III.2.5.Effet anticancéreux.....	19
III.2.6.Effet prébiotique	20
IV. Allergies, intolérances.....	21

2^{ème} Partie : Etude expérimentale

Matériels et méthodes.....	22
2.1. Matériel biologiques.....	22

Sommaire

2.2. Analyses physicochimiques	24
2.2.1. Potentiel Hydrogène (pH)	24
2.2.2. Acidité libre.....	25
2.2.3. Teneur en eau	26
2.2.4. Degré de Brix	27
2.2.5. Hydroxymethylfurfural (HMF)	28
2.2.6. Dosage des composés phénoliques	31
2.2.6.1. Dosage des polyphenols totaux	31
2.2.6.2. Activité antioxydante (DPPH)	32
3. Evaluation de l'activité antimicrobienne.....	34
3.1. Méthodes de diffusion à travers des disques de papier wattman	35
3.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)	36
Résultats et discussions	38
III. Analyses Physico-chimiques	38
III.1. pH.....	38
III.2. Acidité libre.....	40
III.3. Teneur en eau	41
III.4. Degré de Brix	42
III.5. Hydroxymethylfurfural (HFM)	43
III.6. Dosage des composés phénoliques.....	44
III.6.1. Dosage des polyphenols totaux	44
III.6.2. Activité antioxydante (DPPH).....	45
III.7. Evaluation de l'activité antibactérienne	46
III.8. Sensibilité des souches bactériennes vis-à-vis des miels testés	47

Sommaire

III.9.Souches bactériennes.....	48
Conclusion et perspectives	58
Références Bibliographiques	
Annexes	

Liste des abréviations

A : Absorbance

CE : Conductivité électrique

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

CLSI : Comité de l'antibiogramme de la Société Française de Microbiologie

DPPH : 2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle

HDL : Lipoprotéine de haute densité

HMF: HydroxyméthylFurfural

HSV: Virus Herpes Simplex

H₂O₂ : peroxyde d'hydrogène

IR : Indice de réfraction

LDL : Lipoprotéine de basse densité

NaOH : Hydroxyde de sodium

nm : Nanomètre

NO : Monoxyde d'azote

pH : Potentiel hydrogène

UFC : Unité formant colonie

Uv visible : Ultraviolet-visible

Liste des tableaux.

Tableau I : Les proportions des différents sucres constituant des miels	9
Tableau II : Résumé des principales caractéristiques physicochimiques du miel.....	12
Tableau III : Echantillons de miel analysés.....	22
Tableau IV : Préparation de la solution aqueuse du miel.....	28
Tableau V : Souches pathogènes testées vis-à-vis les deux échantillons de miel.....	34
Tableau VI : Antibiotiques utilisés dans l'antibiogramme.....	34
Tableau VII : Préparation des dilutions de miel.....	36
Tableau VIII : Paramètres physico-chimiques des miels analysés.....	38
Tableau IX : Diamètres des zones d'inhibitions des souches testées sur les témoins.....	46
Tableau X : Diamètres des zones d'inhibitions des souches testées.....	46
Tableau XI : Concentrations minimales inhibitrices des miels testés sur les souches bactériennes.....	55

INTRODUCTION

L'abeille est le symbole de l'activité laborieuse et de l'organisation. Dès l'antiquité, les Egyptiens, les Grecs et les Romains connaissaient déjà les vertus curatives des produits de la ruche dont le miel. Celui-ci est élaboré par les abeilles dites mellifères, que l'on retrouve un peu partout à travers le monde. Ce produit de la nature est le symbole à la fois de la vie, de l'abondance et de la pureté (Lefief-delcourt, 2010).

En effet, ce dernier était utilisé dans le traitement des plaies ou encore de certaines affections oculaires ou intestinales. Aujourd'hui, ce produit issu de l'interaction du monde animal avec le monde végétal (Guillon, 1996), est relativement facile d'accès et d'utilisation. Il fait de plus en plus d'émules surtout chez les patients souhaitant une alternative aux produits chimiques en raison de ses multiples pouvoirs 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).

En Algérie, l'apiculture prédomine plusieurs régions du pays, connues par la production de diverses variétés de miel. C'est dans ce contexte que nous nous intéressons à la caractérisation des activités biologiques de miels provenant de région algérienne.

Le présent travail représente une évaluation de deux échantillons de miels présumés monofloraux provenant de la wilaya de Djelfa commune Benhar. Dans le but de déterminer leur conformité aux normes internationales, nous avons procédé à la mesure de certaines caractéristiques physico-chimiques, évaluation du pouvoir antioxydant et leur effet antimicrobien vis-à-vis de certaines bactéries.

- Nous allons aborder dans une première partie des généralités sur le miel et ses propriétés diverses afin de connaître d'avantage le produit.
- Dans une deuxième partie, nous allons parler du matériel employé et les méthodes analytiques utilisées pour réaliser nos expériences relatives à la caractérisation des activités biologiques du miel traité.
- Enfin nous présenterons les résultats obtenus ainsi que leur discussion et aboutirons à une conclusion et des perspectives.

1^{ERE} PARTIE

:

SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Définition du miel

Le miel est défini comme étant une substance naturelle sucrée produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* 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. Et selon la législation, il est interdit d'accoler au mot « miel » l'adjectif « pur », puisque son origine est à 100 % naturelle (Decret n°2003-587 du 30 juin 2003).

I.2. Origine du miel

L'abeille *Apis mellifera* a deux types de sources mellifères sucrées mis à sa disposition pour produire du miel : le nectar floral, ainsi que les excréments de certains insectes. On parle alors respectivement de miel de nectar et de miel de miellat (Bogdanov *et al.*, 2006).

I.2.1. Nectar

Le nectar est la source sucrée la plus répandue. Il est produit par des organes spécifiques aux végétaux à fleurs appelés nectaires ou glandes nectarifères. Sa production dépend de l'âge, de la taille, de la position de la fleur, de l'humidité relative de l'air, de la durée de la floraison, du sexe des fleurs, de l'espèce et du milieu environnant (Sana ,2017).

Au niveau des cellules des glandes nectarifères a lieu des transformations biochimiques complexes, conférant au précieux liquide une composition très variée. Ce dernier est une solution acide et sucrée destinée à attirer les insectes pollinisateurs tels que les abeilles. Composé essentiellement d'eau (80%) et de sucres (20%) à des concentrations pouvant être variables, il peut de ce fait être plus ou moins visqueux. De plus des 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 (Bonte ,2013).

I.2.2 Miellat

Le miellat est un liquide épais, sombre et visqueux composé de sucres plus complexes que le nectar, comme le mélézitose ou l'erlose formés directement dans le tube digestif des insectes. On y retrouve également plus d'acides organiques, de minéraux et d'azote : sa composition se rapproche donc d'avantage de celle de la sève végétale que de celle du nectar (Unaf, 2011).

Le miellat est fabriqué à partir des excréments de certains insectes suceurs de sève laissées sur les végétaux. Ces insectes sont des hémiptères homoptères : il s'agit de pucerons mais aussi de cochenilles, de cigales et de psylles. Les plantes hôtes de ces producteurs de miellat sont le plus souvent des arbres forestiers ou d'ornementation comme le sapin, l'épicéa, le pin sylvestre, le chêne ou le mélèze (Jean-prost et Le conte, 2005).

Il est à noter que, la production de miellat peut varier : elle dépend des conditions météorologiques auxquelles les pucerons sont très sensibles, mais également des nombreux prédateurs naturels ciblant ces insectes suceurs (coccinelles, guêpes). Au contraire, certaines espèces de fourmis se nourrissent de miellat et vont jusqu'à élever des pucerons afin d'obtenir leurs excréments (Adam, 2011).

La figure ci-après représente une abeille léchant du miellat :



Figure 01 : Abeille léchant du miellat (Clement, 2011).

1.2.3 Autres origines du miel

Il existe d'autres origines du miel, comme le « miel de sucre »; celui-ci produit par des abeilles nourries à l'aide de sucres et quelquefois de fruits, de cannes à sucre, etc (Schweitzer, 2004).

I.3. Types du miel

On peut séparer les miels en deux catégories : les miels monofloraux ou miels de cru qui proviennent de façon prédominante d'une seule espèce florale, et les miels polyfloraux qui résultent de la récolte des abeilles sur plusieurs espèces florales (Clement, 2002).

I.3.1. Miels monofloraux

Les miels monofloraux sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant d'une seule espèce végétale et cela nécessite une installation des 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% .Ces derniers peuvent donc contenir du nectar de diverses autres fleurs, mais le nectar des principales sources est dominant (Bonte *et al.*, 2013 ; Avisse 2014).

Parmi les grands crus, on peut citer les miels d'acacia, de lavande, de romarin, etc. Ils sont bien caractérisés et produits en quantité non négligeable. Les crus rares sont les miels de framboisier, de serpolet, d'arbousier ou de rhododendron. Leur production est limitée car ils sont élaborés sur des territoires exigus. On peut également citer les miels monofloraux de cerisier, d'aubépine, de bleuet, de bourdaine, de bruyère, d'épilobe, de lierre, de luzerne, de houx, de moutarde des champs, de pissenlit, de chardon, de ronce, de sainfoin, de sarrazin, de saule, de thym, de trèfle, de chêne, d'eucalyptus, de sapin, et de clémentinier notamment (Clement , 2002).

A noter que dans la Pharmacopée traditionnelle, chaque miel monofloral possède les vertus thérapeutiques spécifiques de sa fleur d'origine. Ainsi le miel d'acacia peut être utilisé dans le traitement d'ulcères gastriques, le miel de lavande comme antiseptique bronchique ou encore le miel d'oranger comme calmant (Desmouliere *et al.*, 2013).

1.3.2. Miels polyfloraux

Les miels polyfloraux, ou miels « mille fleurs », sont produits à partir du nectar et/ou du miellat de plusieurs espèces végétales sans prédominance particulière. Nous pouvons citer comme exemple le miel de forêt qui résulte d'un mélange de nectars et de miellats provenant de l'épilobe, de la ronce, des bruyères, du lierre, du chêne, du hêtre, du tilleul et de divers conifères (Clement, 2011).

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) (Bonte *et al.*, 2013 ; Avisse, 2014).

I.4. Processus de fabrication

Les abeilles transportent le nectar et le transforment en miel par un processus assez complexe. C'est une lente conversion qui débute directement dans le jabot de l'abeille butineuse lors de son retour à la ruche. C'est au niveau de son tube digestif, qu'a lieu des réactions entre des ferments et des enzymes hydrolysantes : sous l'influence de l'invertase, le saccharose va ainsi se transformer en glucose, fructose et autres sucres simples directement assimilables par l'organisme (Desmouliere *et al.*, 2013).

I.4.1. Trophallaxie

Une fois arrivée à la ruche, l'abeille butineuse exténuée transfère son butin aux abeilles ouvrières. Ces abeilles, à tour de rôle, régurgiteront et réingurgiteront ce nectar en le mêlant à de la salive et des sucs digestifs, ce qui complètera le processus de digestion des sucres. Ces régurgitations successives formant une véritable chaîne alimentaire correspondent à un échange de nourriture particulier appelé trophallaxie (Jouve et Starosta, 1998).

La figure ci-dessous représente l'échange de nourriture entre les abeilles par trophallaxie :



Figure 02 : Echange de nourriture par trophallaxie (Tourneret, 2015).

I.4.2. Enrichissement du miel

D'individu en individu, la teneur en eau s'abaisse en même temps que le liquide s'enrichit de sécrétions salivaires riches en enzymes. C'est à ce moment précis que le miel acquiert toute sa richesse enzymatique et son haut pouvoir antiseptique (Ballot-flurin, 2009).

Par ce biais, la composition initiale de la goutte va se modifier : certains sucres vont pouvoir se diviser puis se recombinaient. C'est de ce processus que découle la synthèse de sucres plus complexes tels que l'érlose ou le raffinose (Desmouliere *et al.*, 2013).

I.4.3. Evaporation du miel

Il faut savoir que la conservation du miel implique une forte déshydratation. Au fur et à mesure des échanges trophallaxiques, la solution va être régurgitée puis étalée sur la langue des abeilles à plusieurs reprises en couche mince de façon à ce que la surface de la goutte se dessèche au contact de l'air naturellement sec de la ruche . Par la suite, lorsque la teneur en

eau tombe à 50%, parfois en moins d'une heure, l'abeille dépose la goutte maintenant épaisse dans une cellule (Marchenay et Berard, 2007 ; Unaf, 2013).

Parallèlement, les abeilles ventileuses vont venir créer un courant d'air au-dessus des alvéoles grâce aux battements rapides de leurs ailes. Ainsi au bout de trois à quatre jours, la concentration s'inverse : elle passe à 20% d'eau et 80% de sucres, au lieu du contraire (Darrigol, 2007).

Les ouvrières transportent à ce moment bien précis le futur miel dans des alvéoles jusqu'à ce que sa concentration en eau passe la barre des 17 à 18%, pourcentage optimum, où le miel sera dit « mûr ». La cellule sera ensuite cachetée par un opercule de cire (Jouve et Starosta, 1998).

Le miel ainsi stocké à l'abri de l'humidité constitue une réserve hautement énergétique pour la saison froide et peut servir d'isolant thermique. Stable, de longue conservation et peu sensible à la fermentation (Ravazzi, 2007).

La figure suivante est un récapitulatif des étapes de production du miel :

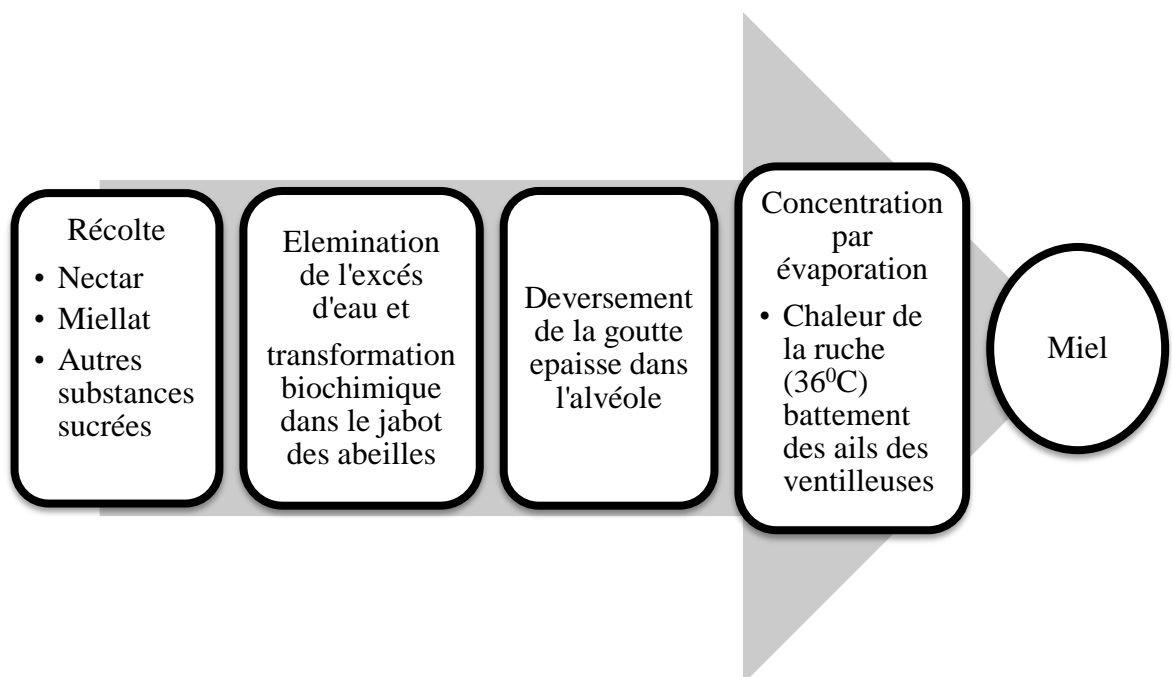


Figure 03 : Schéma récapitulatif des étapes de formation du miel.

II.1. Composition chimique du miel

Les étapes de synthèse du miel ainsi que certains facteurs par exemple les conditions climatiques et la source mellifère peuvent influencer sa composition. On y trouve en majorité des sucres simples et de l'eau (Rossant, 2011).

La figure qui suit résume la composition chimique du miel :

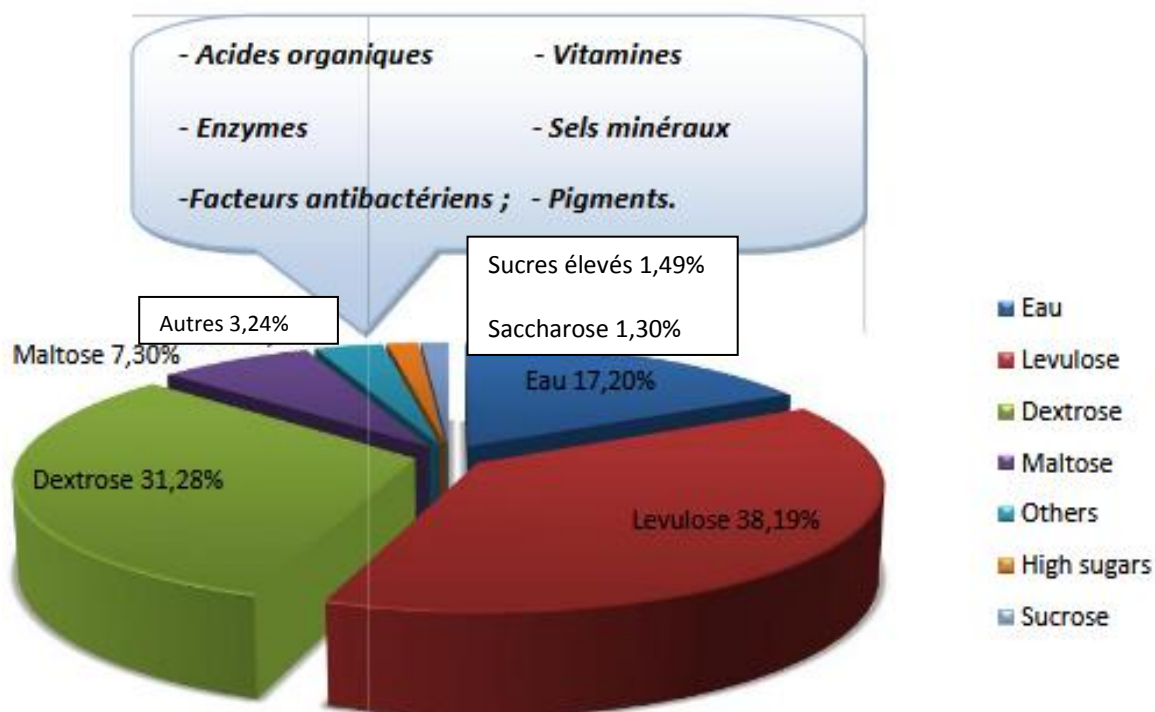


Figure 04: Composition chimique du miel (Jeanne, 1993).

II.1.1. Eau

La teneur en eau est un point essentiel puisqu'elle permet l'estimation de la qualité et de la conservation du miel. Elle varie en général entre 14 et 20%, notamment selon l'espèce florale ou la saison. Le pourcentage optimum se trouve autour de 17 à 18%. Un excès d'eau augmente le risque de fermentation du miel et dans le cas contraire si l'eau est en quantité infime, il sera plus visqueux et donc difficile à extraire et à conditionner (Avisse, 2014).

II.1.2. Hydrates de carbone

C'est l'une des parties les plus importantes du miel, ils forment à eux seuls 95% et 99% de la matière sèche (Da silva *et al.*, 2016)

Il s'agit en grande partie de monosaccharides (glucose, fructose) du saccharose, maltose et autres (erlose, mélézitose) la présence du glucose et fructose résulte de l'action de l'invertase sur le saccharose, quant aux autres sucres, leur présence semble dépendre des plantes qui ont été butinées (Kamal et Klein, 2011).

Les proportions des différents sucres constituant des miels sont représentées dans le tableau I :

Tableau I : Les proportions des différents sucres constituant des miels (Schweitzer, 2012).

Sucre	Proportion (%)
Fructose	30 à 50 % (des sucres présents dans un miel)
Glucose	20 à 42 %
Saccharose	moins de 1% jusqu'à 15% (pour le « lavande »)
Turanose	0.5 à 2.5% (isomère du Saccharose ; quasiment caractéristique des miels)
Maltose	1 à 3 % (composé de 2 Glucoses)
Isomaltose	1 à 3 % (isomère du maltose)

II.1.3. Acides

Le plus important des acides que contient le miel est : l'acide gluconique. On distingue d'autres acides notamment, dont l'acide acétique, acide butyrique. Il peut y avoir aussi des acides à l'état de traces comme l'acide formique et l'acide chlorhydrique. Ces acides organiques procurent au miel une couleur particulière, une saveur et des propriétés chimiques telles que le pH et la conductivité électrique (Mato *et al.*, 2006 ; Da silva *et al.*, 2016).

II.1.4. Acides aminés, protéines, enzymes

Le miel est riche en acides aminés et donne des protéines, certaines proviennent de la plante butinée ou de l'abeille lors du processus de maturation du miel. Il existe dans le miel une protéine d'intérêt, la Bee-defensine 1 (Kucuk *et al.*, 2007 ; Kwakman *et al.*, 2010 ; Bonte et Desomoulière, 2013).

La proline est l'acide aminé le plus abondant et représente un total de 50 à 85%, elle est présente dans tous les types de miels, sa quantité donne une indication sur la qualité du miel, au contraire le tryptophane n'est presque jamais présent ou seulement en infimes proportions (Domergo, 2009 ; Gharbi 2011 ; Iglesias *et al.*, 2012 ; Truzzi *et al.*, 2014).

De plus le miel est composé de diverses enzymes, on cite l'invertase, catalase, phosphatase, glucose oxydase qui provient du nectar ou de la salive de l'abeille (Domergo, 2009 ; Gharbi, 2011).

II.1.5. Vitamines

Le miel ne contient pas beaucoup de vitamines, elles sont apportées via les grains de pollen. On trouve essentiellement les vitamines hydrosolubles, du groupe B (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9). Les vitamines de ce groupe, stimulent la régénération cellulaire et contribuent à l'hydratation de la peau. L'acide pantothénique ou vitamine B5 stimule la croissance cellulaire, et de ce fait réduit le temps de cicatrisation des plaies et favorise la granulation au niveau des lésions, leur présence augmente les propriétés cicatrisantes du miel (Lequet, 2010).

On retrouve également les vitamines liposolubles A, D, E et K et la vitamine C qui est présente occasionnellement notamment dans le miel de menthe, l'acide ascorbique ou vitamine C stimule la synthèse de collagène et ainsi améliore le micro relief cutané (Nusgens *et al.*, 2001).

III.1.6. Sels minéraux

Le potassium représente environ la moitié des minéraux qui composent le miel. On trouve également du calcium, sodium, cuivre, fer, magnésium, du soufre, du chlore ainsi que des oligoéléments. En général les miels de nectar contiennent moins de minéraux que les miels de miellat (Bruneau, 2002). La teneur des minéraux que contient le miel, varie en fonction des sols, plus un miel est foncé plus il est riche en minéraux (Domergo, 2009 ; Gharbi, 2011).

II.1.7. Autres composantes du miel

❖ Peroxyde d'hydrogène

Il fait parti des facteurs antibiotiques naturels regroupés sous le nom générique d'inhibines qui sont de puissants bactériostatiques (Irlande, 2010).

Encore appelé eau oxygénée, le peroxyde d'hydrogène joue un rôle dans la détersion des plaies. Lorsqu'il est en contact avec des tissus et du sang, il se décompose en eau et oxygène ce qui crée une « micro-effervescence » et un nettoyage mécanique de la plaie (Rossant, 2011).

❖ Polyphenols

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 retrouvés dans le miel. Ces derniers 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 et possèdent également certaines activités biologiques intéressantes : germicides, bactériostatiques, anti-inflammatoire (Gheldof *et al.*, 2002 ; Lequet, 2010 ; Ouchemoukh, 2016).

❖ Hydroxyméthylfurfural

HMF est l'abréviation usuelle du 5 (hydroxyméthyl)-2-furfural. Les miels vieillissants contiennent de l'hydroxyméthylfurfural (HMF) provenant de la dégradation des monosaccharides, et tout particulièrement du fructose, en milieu acide ou après chauffage. Et est défini comme étant l'indicateur de la qualité du miel. Plus sa teneur est faible, meilleur le miel est (Gharbi, 2011).

Sa teneur légale ne doit pas dépasser 40 mg / kg et un miel de bonne qualité ne devrait pas avoir un taux supérieur à 25 mg / kg (Nair, 2014).

III. Propriétés physicochimiques 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). Le tableau suivant résume les principales caractéristiques physicochimiques du miel.

Tableau II: Tableau récapitulatif des principales caractéristiques physicochimiques du miel

Paramètre	Propriétés
pH	Compris 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).
Acidité libre	Cette acidité est due à la présence de certains acides organiques principalement l'acide gluconique, elle contribue à la saveur du miel et aux activités antibactériennes et antioxydantes (Gomes <i>et al.</i> , 2010 ; Karabagias <i>et al.</i> , 2014 ; Can <i>et al.</i> , 2015).
Solubilité	Soluble dans l'eau, alcool, et insoluble dans l'alcool fort, ether, chloroforme et le benzène (Donadieu, 2004).
Densité	La densité du miel dépend de sa teneur en eau, plus le miel est riche en eau, moins il est dense. Elle varie approximativement entre 1,39 et 1,44 à 20°C (Bogdanov, 2004 ; Prost et Medori, 2005).
Viscosité	La teneur en eau influence aussi la viscosité du miel, il devient plus fluide lorsque la quantité d'eau augmente (Clément, 2005).
Conductivité électrique	La conductivité électrique des miels représente leur capacité à permettre le passage du courant électrique. les miels de miellat ont en général une conductivité électrique supérieure à celle des miels de fleur (Avisse, 2014).
Le pouvoir rotatoire	Il est utilisé pour distinguer entre les miels de nectar et ceux du miellat (Yücel et Sultanolgu, 2013).
Indice de réfraction	Il est 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).
Cristallisation	C'est un phénomène naturel et non une altération. Dans la ruche à 36 °C, le miel est liquide mais une fois récolté il peut se cristalliser sous l'effet de la température, l'air et des cristaux de glucose et des grains de pollen (Ouchemoukh <i>et al.</i> , 2012).

IV. Caractéristiques organoleptiques du miel

Selon leur origines les miels peuvent être différents l'un de l'autre par certaines caractéristiques comme la couleur ou l'odeur. L'examen organoleptique d'un produit est la fiche descriptive donnée par l'ensemble des perceptions sensorielles ressenties par le consommateur. Il peut ainsi apprécier ses qualités essentielles mais aussi ses défauts (Clément *et al.*, 2000).

IV. 1. Couleur et odeur

L'origine florale est responsable de la couleur du miel .Il existe différentes couleurs du miel on cite : miels limpides comme de l'eau, des miels jaunes, ambrés, verdâtres, rougeâtres, et certains presque noirs. À l'exception du violet et du bleu la couleur des miels varie à l'infini. En général, la couleur foncée du miel indique un taux élevé en polyphénols totaux et par conséquent une forte capacité antioxydante (Schweitzer, 2005; Ibrahim Khalil *et al.*, 2012).

Les odeurs Dans les différents miels, elles varient considérablement mais s'évaporent très rapidement. Elles sont végétales, florales ou fruitées, puissantes ou non, fines, lourdes, vulgaires. Une odeur de fumée ou de fermentation est un défaut (Clément *et al.*, 2000).

IV. 2. Texture

Le miel se présente selon plusieurs aspects. La consistance du miel est variable et dépend de sa teneur en eau et sa composition chimique et la température à laquelle il est conservé (Donadieu, 2004).

IV. 3. Gout et arômes

Le miel peut avoir plusieurs saveurs et arômes selon son origine florale et la qualité de celui-ci, dépend également de son parfum et de son goût plus ou moins agréables. Cependant tout miel a une remarquable saveur sucrée (Hoyet, 2005).

De nombreux travaux ont permis l'élaboration de la roue des odeurs et des arômes qui permet de décrire, les sensations perçues tant au niveau olfactif que gustatif lors de la dégustation d'un miel, représentée par la figure suivante :



Figure 05: La roue des odeurs et des arômes des miels (Clement,2018).

III.1. Propriétés nutritionnelles du miel

Le miel est connu comme étant la source d'énergie par excellence, il représente un rapport énergétique de l'ordre de 300kcal par 100g de miel et les sucres contenus dans ce dernier sont rapidement utilisés (Rossant, 2011).

D'une part, il assure un meilleur équilibre en éléments vitaux indispensables au bon fonctionnement de l'organisme et d'autre part il permet d'avoir une certaine résistance à la fatigue physique et mentale. Les enzymes qu'il contient facilitent la digestion (Donadieu, 2004).

Par ailleurs, pour les enfants dont le besoin en aliments énergétique est bien connu, le miel apporte cette énergie rapidement, d'autant plus qu'il soit bénéfique pour la croissance, le miel a un effet bénéfique sur la composition sanguine en favorisant une meilleure oxygénation. Toutes fois, en raison de la présence d'endospores botuliques, le miel ne doit pas être donné aux enfants de moins d'un an (Rossant, 2011).

Afin d'améliorer son alimentation au quotidien, il serait envisageable de remplacer le sucre par le miel car il a non seulement de bonnes propriétés nutritives, mais surtout de bonnes propriétés thérapeutiques (Hoyet, 2005).

III.2. Propriétés biologiques du miel

En effet, contrairement aux aliments ordinaires, le miel est un aliment inaltérable, ce qui détermine en grande partie son statut symbolique d'aliment remède. Il posséderait de nombreuses « vertus ». Autrefois, on utilisait le miel, certes dans l'alimentation, mais aussi dans de nombreux rituels (Tetart, 2004).

De tout temps, le miel a été considéré comme un agent de prévention de nombreuses maladies. Il est utilisé depuis l'Antiquité en médecine traditionnelle, on le retrouve également en médecine moderne dans le milieu chirurgical où il rend de très nombreux services, Le miel est souvent considéré comme un « alicament », c'est-à-dire un aliment à qui on prête des vertus médicales. En effet, il est crédité de nombreuses propriétés thérapeutiques et pharmacologiques que nous tenterons de découvrir (Tetart, 2004 ; Rossant, 2011).

Ces propriétés médicinales varient selon les nectars recueillis par les abeilles, puisque son activité a deux sources: animale (salive) et végétale (nectar) (Toullec, 2008).

III.2.1. Propriétés antifongiques, antibactériennes et antivirales

Le miel a toujours été connu pour son emploi comme remède lors des infections et il s'avère efficace contre les champignons, les bactéries mais aussi les virus. Cette activité antimicrobienne provient des sécrétions de l'abeille (par exemple l'eau oxygénée) et des composés chimiques antiseptiques entrant dans la composition des plantes butinées, c'est pour cela qu'il a le pouvoir d'inhiber un large spectre de bactéries, champignons et virus sans que ces derniers ne puissent développer de résistance (Delphine, 2010).

a) Propriété antivirale

Certains composants présents dans le miel sont connus pour leurs effets anti-viraux sur l'HSV (virus de l'herpe), comme les flavonoïdes et le cuivre. On retrouve également, le monoxyde d'azote NO dans de nombreux miels et celui-ci jouerait aussi un rôle antiviral. Les Herpès Simplex Virus (HSV) provoquent des lésions très douloureuses soit au niveau labial, soit au niveau génital. Ces virus se "réveillent" plus ou moins fréquemment consécutivement à un traumatisme, à une exposition au soleil, à un stress ou encore pendant les menstruations. La principale molécule à usage topique utilisé pour traiter ces poussées herpétiques est l'acyclovir®. Suite à une étude in vivo le miel a révélé une activité antivirale supérieur à celle de l'acyclovir® sur des lésions dues au virus de l'herpe simplex labial et génital (Type 1 et 2) chez l'homme (Al-wailin, 2004).

b) Propriété antibactérienne

Avec l'augmentation de la prévalence des bactéries résistantes aux antibiotiques, le miel est de plus en plus apprécié pour son activité antibactérienne qui est influencé par son origine florale (Hoyet, 2005).

En juillet 2010, des chercheurs néerlandais ont identifiés une molécule de nature protéique sécrétée par les abeilles, qui serait responsable d'une partie importante de l'activité antibactérienne du miel. En neutralisant de manières successives les facteurs bactéricides déjà connus du miel, les scientifiques ont conclu que la grande majorité des propriétés antibactériennes du miel proviennent de cette protéine. Cette dernière est fabriquée dans les glandes hypopharyngiennes et mandibulaires des abeilles, elle est appelée : Defensine-1. On la retrouve dans le miel et la gelée royale (Kwakman *et al.*, 2010 ; Petit, 2012).

D'après certaines expériences sur des bactéries impliquées dans des intoxications alimentaires dont *Bacillus subtilis* et *Escherichia coli* résistantes à plusieurs antibiotiques ou des bactéries nosocomiales ayant développées des résistances aux antibiotiques comme *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* ont toutes été tuées par une concentration de miel allant de 10 jusqu'à 20% (Petit, 2012).

D'autre part, des études ont démontrés qu'il y'avait une action combinée entre les propriétés physiques du miel et ses propriétés chimiques ce qui lui procure une capacité antibactériennes car ce dernier possède un taux de flavonoïdes et de composés phénoliques donnés mais surtout son acidité élevée et sa viscosité qui contribuent largement à l'inhibition et de nombreuses espèces bactériennes (Avisse, 2014; Bueno-costa *et al.*, 2016; Can, 2015; Sultanbawa *et al.*, 2015).

c) Propriété antifongique

AI Waili (2004 a) a mené un essai clinique qui consiste à traiter pendant un mois, des patients atteints de mycoses dermiques, dues notamment à *Pytiriasis versicolor* et à *Epidermophyton inguinale*, trois fois par jour avec une mixture composée à parts égales de miel, d'huile d'olive et de cire d'abeille.

Les résultats étaient les suivants : réponses cliniques significatives dans 86% des cas pour les patients atteints par *Pytiriasis versicolor*, et dans 79% des cas chez ceux touchés par *Epidermophyton inguinale*. Une guérison complète a été observée dans 79% des cas pour *Pytiriasis versicolor* et dans 71% des cas pour *Epidermophyton inguinale*.

De plus il a été démontré que le développement de quarante souches de levures du genre *Candida* a été inhibé par le miel à des concentrations d'environ 80% (Avisse, 2014).

III.2.2. Activité antioxydante

Les antioxydants sont des molécules capables d'interagir avec les radicaux libres produits lors des réactions d'oxydation lorsqu'ils se trouvent en excès dans notre organisme, car ces derniers sont responsables de dommages cellulaires, cancer et autres. Les antioxydants permettent donc de mettre fin à la réaction en chaîne avant que les cellules ne soient endommagées (Massaux, 2012).

Les composés responsables de l'activité antioxydante dans le miel sont : les composés phénoliques, les flavonoïdes, l'acide ascorbique, la catalase, la peroxydase et les caroténoïdes. Ils possèdent une activité contre les radicaux libres pour éviter des dommages considérables au sein de l'organisme. Cette activité antioxydante du miel joue donc un rôle primordial dans les effets thérapeutiques, elle permet à l'organisme de lutter contre certains problèmes de santé et certaines maladies liées aux vieillissements (Meda, *et al.*,2005 ; Bertoncej *et al.*, 2007).

III.2.3. Propriétés métaboliques

Le miel est connu pour avoir un effet bénéfique sur le microbiote intestinal. Il a été démontré in vitro et in vivo que ce dernier augmente de manière largement significative le nombre de *Lactobacillus* (*L. acidophilus* et *L. plantarum*) et qu'il renforce également la croissance de *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus sous delbrukeii. sp. bulgaricus*. Une étude a été faite sur des rats nourris au miel, chez qui on a constaté une augmentation significative du taux de cholestérol HDL également appelé "bon cholestérol" et une réduction des triglycérides et du LDL est celui qu'on dit "mauvais cholestérol" (Ahmad *et al.*, 2008 ; Erejuwa *et al.*,2011 ; Erejuwa *et al.*,2012 ; Münstedt *et al.*,2009).

Par ailleurs, une autre étude a démontrée qu'une combinaison de metformine qui est un antidiabétique et de miel a entraîné des réductions supplémentaires des triglycérides, du cholestérol total, du LDL cholestérol tandis que le cholestérol HDL a été légèrement augmenté chez les rats diabétiques (Ahmad *et al.*, 2008 ; Erejuwa *et al.*,2011 ; Erejuwa *et al.*,2012 ; Münstedt *et al.*,2009).

III.2.4. Propriétés cicatrisante et anti-inflammatoire

Le miel est considéré comme un remède précieux pour le traitement des brûlures et des blessures. Il a été démontré qu'au cours de la cicatrisation, le miel avait un rôle dans la stimulation et la formation du tissu de granulation et qu'il facilite le processus de l'épithélialisation. Il joue également un rôle dans la production des cytokines inflammatoires (TNF- α , IL-1 β et IL-6) en stimulant les monocytes (Tonks *et al.*, 2003 ; Salcido, 2008).

Une autre étude a montré que le miel est capable de réguler de façon positive l'expression de certaines cytokines (TNF- α , IL-1 β et TGF- β) et MMP-9 (matrix metalloproteinase-9) (Majtan *et al.*, 2010).

Grace à ses propriétés bactériennes le miel élimine rapidement l'infection mais il empêche également les plaies de s'infecter à nouveau. Il élimine également le tissu mort ou contaminé et les mauvaises odeurs et en stimulant la croissance de certains tissus il accélère le processus de guérison (Tomczak, 2010).

III.2.5.Effet anticancéreux

Le risque de cancers est accru dans une population qui présente un déficit en vitamines, en oligo-éléments et en certains nutriments indispensables au métabolisme cellulaire et à la production d'enzymes et d'hormones. Ces nutriments qui ont une action inhibitrice sur le processus cancérigène se trouvent pour la plupart dans le miel. On peut notamment citer les flavonoïdes, qui ont la capacité de ralentir le processus d'évolution des tumeurs (Rossant, 2011). Le miel est riche en antioxydants et de ce fait joue un rôle intéressant dans la prévention du vieillissement cellulaire et des cancers (Hoyet, 2005).

Peu d'études (Swellam *et al.*, 2003; Orsolich et Basic, 2004 ; Orsolich *et al.*, 2005) ont étudié les propriétés anticancéreuses du miel au cours de ces dernières années, avec des résultats intéressants.

Dans une étude antérieure de Swellam *et al.*, (2003), le miel (1-25%) a significativement inhibé la croissance de lignées cellulaires du cancer de la vessie lors d'un tests *in vitro*. En outre, des injections intra-lésionnelles du miel (6 et 12%) ont significativement réduit la croissance des tumeurs résultantes de cellules cancéreuses ayant été implantées dans l'abdomen de souris (Chepulis, 2008).

Les composés du miel limitent la prolifération des cellules cancéreuses mais également, leur propagation par voie sanguine ou lymphatique (Anso, 2012).

III.2.6. Effet prébiotique

Les prébiotiques sont des composants alimentaires naturels indigestes censés améliorer la santé en influençant favorablement, par une stimulation sélective de certaines bactéries probiotiques (Braegger et Zurich, 2004).

Plusieurs publications ont rapporté que la croissance de bactéries lactiques (probiotiques) et leur survie dans le lait et dans le tractus gastro-intestinal étaient stimulées par la présence du miel d'abeille. Cet aliment contient une gamme d'oligosaccharides variés dans leur degré de polymérisation; cette composition unique du miel suggère qu'il peut être un milieu favorable à la croissance, l'activité et la viabilité de bifidobactérie dans le lait ainsi les produits laitiers fermentés (Slacanac *et al.*, 2012).

C'est une autre qualité qui s'ajoute à ce qu'il est cité précédemment : c'est un reconstituant de la flore intestinale, il « favorise le développement en grande quantité des germes non pathogènes, notamment *Bacillus Bifidus* que l'on retrouve également dans les matières fécales des enfants nourris au lait maternel » (Tetart, 2004).

Ces bactéries lactiques préviennent la contamination de produits alimentaires par des bactéries pathogènes en inhibant leur prolifération, essentiellement par la production d'acide lactique et de peptides antimicrobiens nommés bactériocines (Makhloufi, 2011).

IV. Allergies, intolérances

Le miel a l'avantage de ne provoquer aucun effet indésirable grave. Les allergies et les intolérances sont extrêmement rares elles sont pour la plupart expliquées par des allergies aux grains de pollen présents dans les miels (Kiistala *et al.*, 1995).

Alors, il sera déconseillé à tous les patients présentant des allergies aux hyménoptères d'utiliser le miel comme thérapeutique. Quelques sensations de brûlures, de picotements sont décrites (Molan, 1998; Emarah, 1982) notamment au moment de l'application du miel. Ces sensations désagréables ne persistent pas et ne conduisent qu'exceptionnellement à l'arrêt du traitement (Hoyet, 2005).

Il est important de noter que les propriétés du miel sont le résultat d'une grande cohésion entre les différentes substances qui les composent. Il existe une véritable synergie d'action entre les différents composants, c'est-à-dire que l'activité thérapeutique des constituants actifs, lorsqu'ils sont associés, est supérieure à la somme des activités

thérapeutiques des constituants pris individuellement. En cela, il est impossible d'entreprendre une synthèse artificielle des produits naturels comme le miel (Rigal., 2012).

Le miel a toujours été utilisé comme remède à de nombreux maux. Quelques usages empiriques ont traversé le temps comme le fait de prendre une cuillère de miel lorsque la gorge se fait douloureuse, mais les autres sont tombés dans l'oubli. Partant de constatations cliniques impressionnantes, des chercheurs de toutes les parties du globe travaillent afin de démontrer scientifiquement les atouts du miel. C'est un aliment à redécouvrir, car si l'on ignore encore beaucoup de ses propriétés on en sait suffisamment pour comprendre qu'il est bénéfique à la santé (Hoyet., 2005).

**MATÉRIELS
ET
MÉTHODES**

Les présentes analyses ont eu lieu au niveau du laboratoire commun de physicochimie et du laboratoire commun de microbiologie de la faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques département de biochimie microbiologie, de l'Université Mouloud MAMMERRI Tizi-ouzou, allant du 27 avril au 16 juin 2022.

2.1. Matériel biologique

Le présent travail est mené sur deux échantillons de miel récolté en Algérie dans la région de Djelfa, commune Benhar, en Juillet 2021, tout en ignorant leurs conditions de stockage (Tableau III). Ils ont été recueillis des apiculteurs et conservés au réfrigérateur (4⁰C) jusqu'à leur analyse.

L'échantillon Merar issu d'une plante portant son nom et l'échantillon Jujubier sont représentées dans les figures suivantes :



Figure 06 : Echantillon de miel Merar.



Figure 07 : Echantillon de miel Jujubier.

Tableau III : Echantillons de miel analysés

Echantillons	Origine Florale	Origine Géographique	Date de récolte
Jujubier	Présumé monofloral	Djelfa	Juillet 2021
Merrar	Présumé monofloral	Djelfa	Juillet 2021

- **Analyses effectuées**

Cinq analyses physicochimiques ont été effectuées sur les deux échantillons de miel à savoir le pH, l'acidité libre, le taux d'HMF, un dosage phytochimique à savoir les polyphénols.

De plus, deux activités ont été réalisées respectivement ; l'activité antioxydante et l'activité antimicrobienne sur ces deux derniers.

La figure (08) résume les différentes analyses effectuées dans le présent travail :

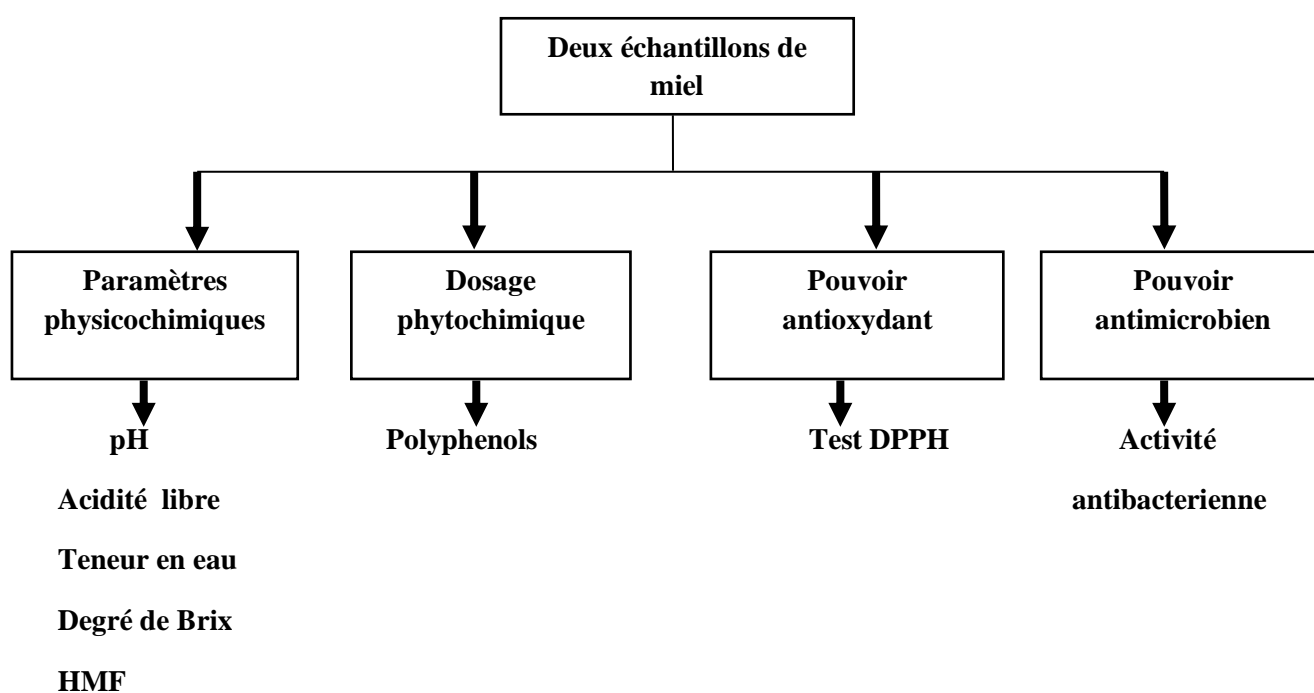


Figure 08 : Différentes analyses effectuées sur les échantillons de miel.

2.2 .Analyses physico-chimiques

2.2.1. Potentiel d'hydrogene (pH)

- **Principe**

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

Une quantité de 10g du miel a été dissoute dans 75ml d'eau distillée. La solution du miel a été homogénéisée par la suite à l'aide d'un agitateur magnétique, puis l'électrode du pH-mètre est immergée dedans. Les mesures du pH ont été répétées 3 fois.

La figure dessous résume le protocole de mesure du pH des miels analysés :

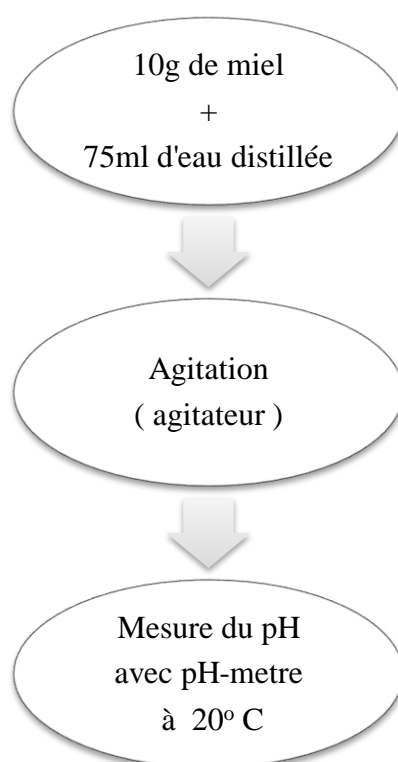


Figure 09 : Protocole de mesure du pH des miels.

La valeur du pH est directement lue sur l'écran du pH-mètre.

2.2.2. Acidité libre

- **Principe**

L'acidité libre des deux échantillons de miel a été déterminée en utilisant un pH-mètre selon la méthode de (Bogdanov, 2009).

10g de miel ont été dissouts dans 75ml d'eau distillée. Après agitation avec un agitateur magnétique, l'électrode du pH mètre a été immergée dans la solution de miel et le pH initial est lu directement sur l'écran de l'appareil.

La solution a ensuite été titrée avec la solution de soude à 0,1 N jusqu'à l'obtention d'un pH neutre (pH=8,30-9) et les volumes de NaOH utilisés sont enregistrés à chaque fois. Les mesures de l'acidité ont été répétées 3 fois.

Les résultats sont exprimés en milliequivalent par kilogramme de miel et l'acidité libre est ensuite obtenue en suivant la formule ci-après :

$$\text{Acidité libre (milliequivalents/kg de miel)} = \frac{(1000 \times V \times N)}{M}$$

Ou :

V : volume en ml de la soude à 0,1N versé pour atteindre le pH équivalent.

N : Normalité de NaOH (0, 1 N).

M : Masse en grammes de Miel (10g).

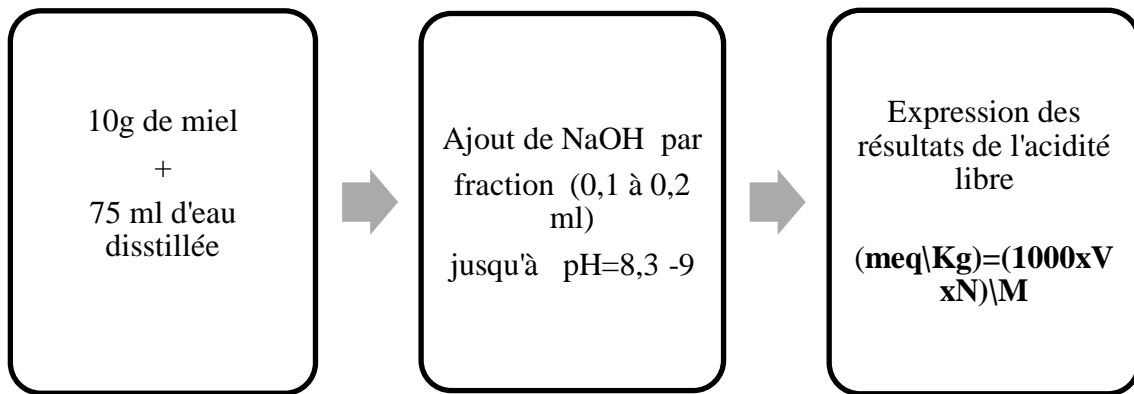


Figure 10: Protocole de mesure de l'acidité libre.

2.2.3. Teneur en eau

- **Principe**

La détermination de la teneur en eau se fait par mesure optique de l'indice de réfraction (IR) du miel à 20°C à l'aide d'un réfractomètre.



Figure 11 : Réfractomètre utilisé pour la mesure de l'indice de réfraction et le degré de Brix.

Une goutte de miel est déposée directement après homogénéisation sur le prisme du réfractomètre préalablement nettoyé.

Ensuite, les valeurs de l'indice de réfraction s'affichent directement sur l'écran du réfractomètre.

Et pour avoir le pourcentage de la teneur en eau qui correspond à l'indice de réfraction on se réfère à la table de Chataway (annexe II) (Bogdanov, 1997).

2.2.4. Degré de Brix (matière sèche)

- **Principe**

Le taux de la matière sèche est évalué par la méthode de réfractométrie. Le degré de Brix s'affiche sur l'écran directement après réglage de l'appareil à 20°C (Bogdanov, 1997).

Une goutte de miel est déposée directement après homogénéisation sur le prisme du réfractomètre préalablement nettoyé.

Enfin, la valeur du degré de Brix est directement lue sur l'écran du réfractomètre.

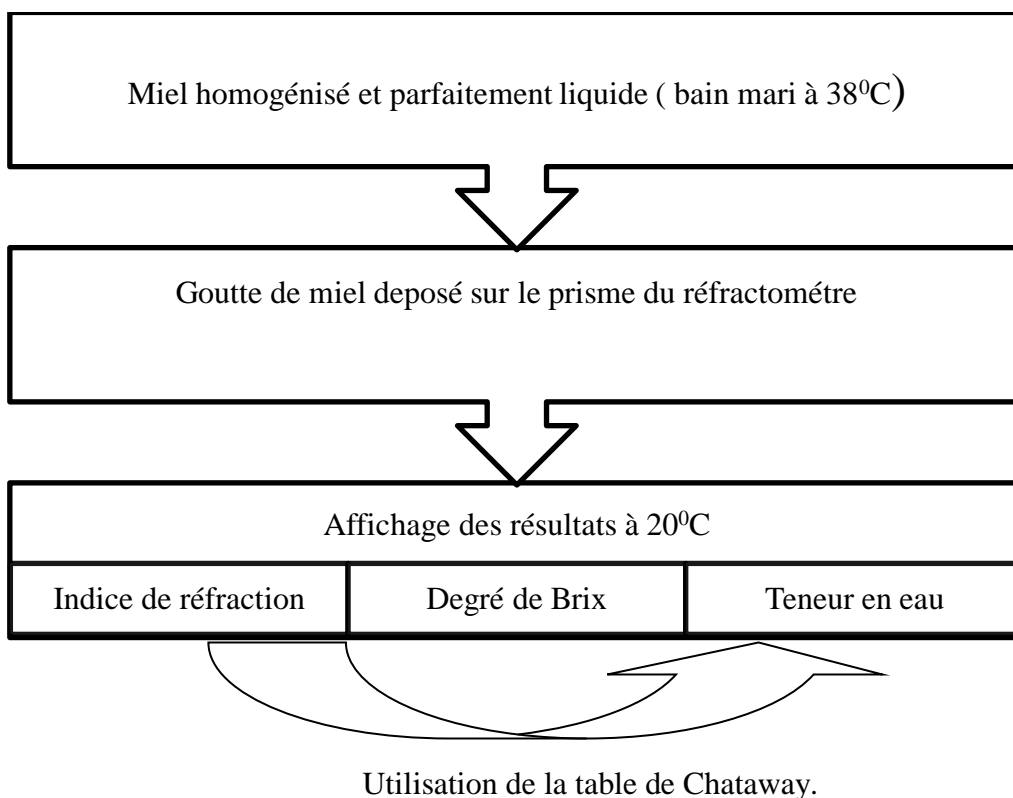


Figure 12 : Protocole de mesure de la teneur en eau et de l'indice de Brix.

2.2.5. Détermination des hydroxymethylfurfural (HFM)

- **Principe**

La détermination de la teneur en HFM dans le miel est basée sur la détermination de l'absorbance de la solution échantillon et celle de référence à deux longueurs d'onde différentes (284 nm et 336nm) en utilisant un spectrophotomètre UV-visible (Amri *et al.*, 2007).

Une masse de 5g de miel a été dissoute dans un volume de 25ml d'eau distillée puis transférée dans une fiole de 50ml. Un volume de 0,5ml de la solution de carrez I (hexacyanoferrate de potassium à 15%) a été ajouté, puis mélanger avec la solution.

Un volume de 0,5 ml de la solution du carrez II (acétate de zinc) a été additionné et mélangé à la solution. Le mélange a ensuite été ajusté avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Quelques gouttes d'éthanol ont été additionnées dans le but d'éliminer la mousse.

La solution a été filtrée par la suite, à l'aide du papier filtre. Après filtration les 1ere dizaines du filtrat sont écartées.

Pipeter 5ml dans 2tubes à essais :

- Dans le 1^{er} tube on a ajouté 5ml d'eau distillée (solution échantillon).
- Dans le 2^{eme} tube on a jouté 5ml de la solution metabisulfite de sodium (0,2%) (solution référence).

L'ensemble a été homogénéisé et laissé au repos pendant 1h à l'abri de la lumière.

Tableau IV : Préparation de la solution aqueuse du miel (Amri *et al.*, 2007).

Solution ajoutée au tube à essai	Solution échantillon (Tube 01)	Solution référence (Tube 02)
Solution initiale de miel	5ml	5ml
Eau distillée	5ml	0ml
Solution Metabisulfite de sodium	0ml	5ml

Matériel et méthodes

La lecture de l'absorbance de la solution échantillon et celle de référence se fait à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible à deux longueurs d'onde (284nm et 336nm).

Si la valeur de l'absorbance à 284nm dépasse 0,6 on procède à la dilution de la solution échantillon avec de l'eau distillée et la solution de référence avec le metabisulfite de sodium.

La teneur en HFM est donnée par l'équation suivante :

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

D : Facteur de dilution (lorsque l'absorbance dépasse 0,6 on procède à la dilution soit avec l'eau distillée lorsque c'est la solution échantillon, ou le metabisulfite de sodium lorsqu'il s'agit de la solution référence).

M : Masse de l'échantillon de miel.

A₂₈₄ et **A₃₃₆** : Absorbance respectives à 284nm et à 336nm.

149,7 : Constante.

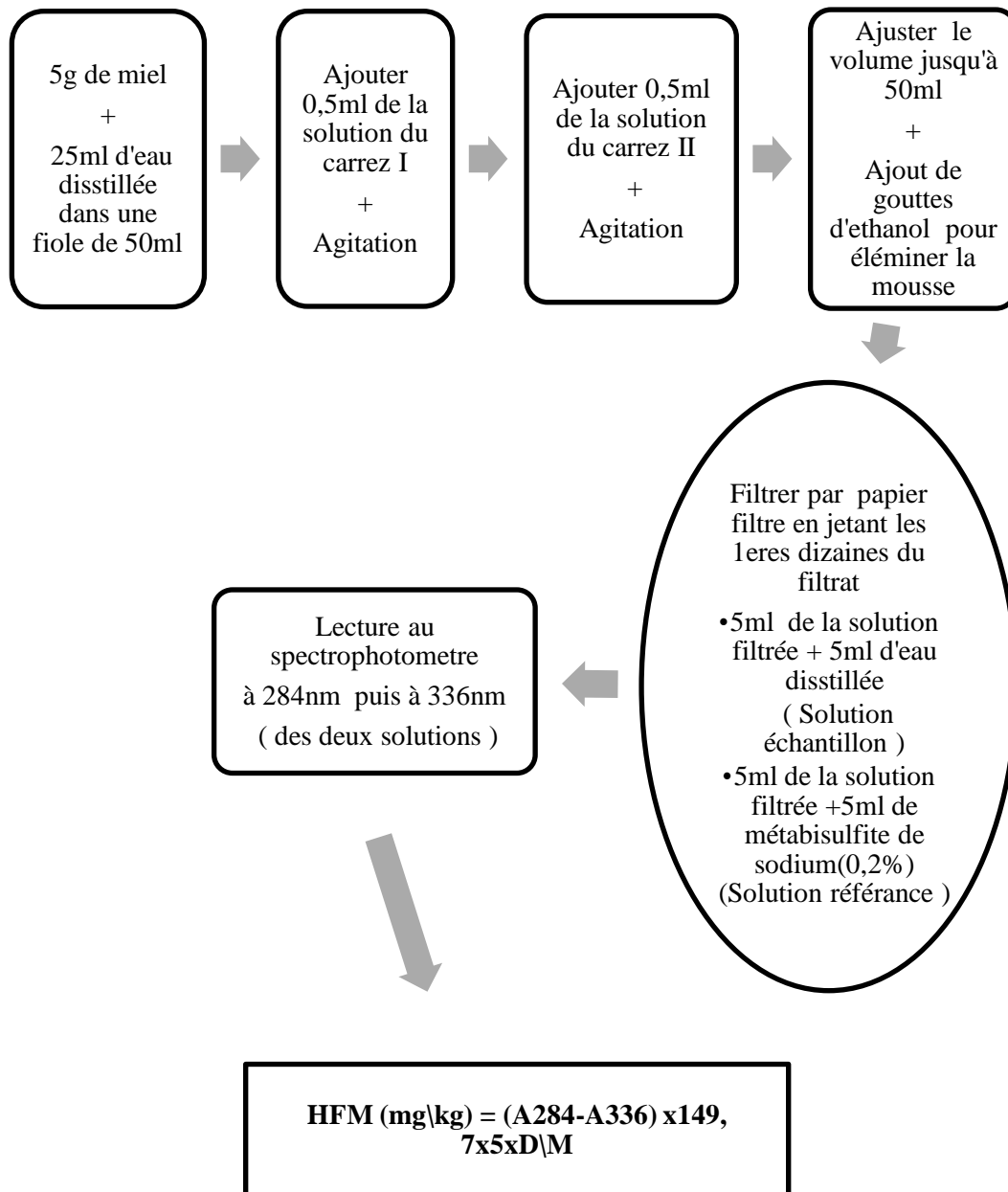


Figure 13 : Protocole de dosage des hydroxymethylfurfural (HMF).

2.2.6. Dosage des composés phénoliques du miel

Les deux échantillons de miel ont été analysés pour leur teneur en polyphénols totaux.

2.2.6.1. Dosage des polyphénols totaux

- **Principe**

La teneur en polyphénols totaux des deux échantillons de miel a été déterminée selon la méthode décrite par (Escuredo *et al.*, 2013) en employant un réactif nommé ‘‘ Folin-Ciocalteu’’ .

Un volume de 1ml du folin-ciocalteu et un volume de 10ml d’eau distillée ont été additionnés à 1ml de la solution de miel (0,1g/ml). Après agitation et un repos de 2min, un volume de 4ml de la solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 7,5% a été introduit au mélange et puis le volume final a été ajusté à 25ml avec de l’eau distillée.

Le mélange est incubé à l’abri de la lumière pendant 1h. L’absorbance a été mesurée à 765nm à l’aide d’un spectrophotomètre.

Une courbe d’étalonnage est réalisée en parallèle en respectant les mêmes conditions expérimentales que les échantillons, en employant l’acide gallique (Annexe III). La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l’équation de régression de la gamme d’étalonnage établie avec l’acide gallique. Elle est exprimée en mg équivalent d’acide gallique par 100g de miel (mg EAG\100 g de miel).

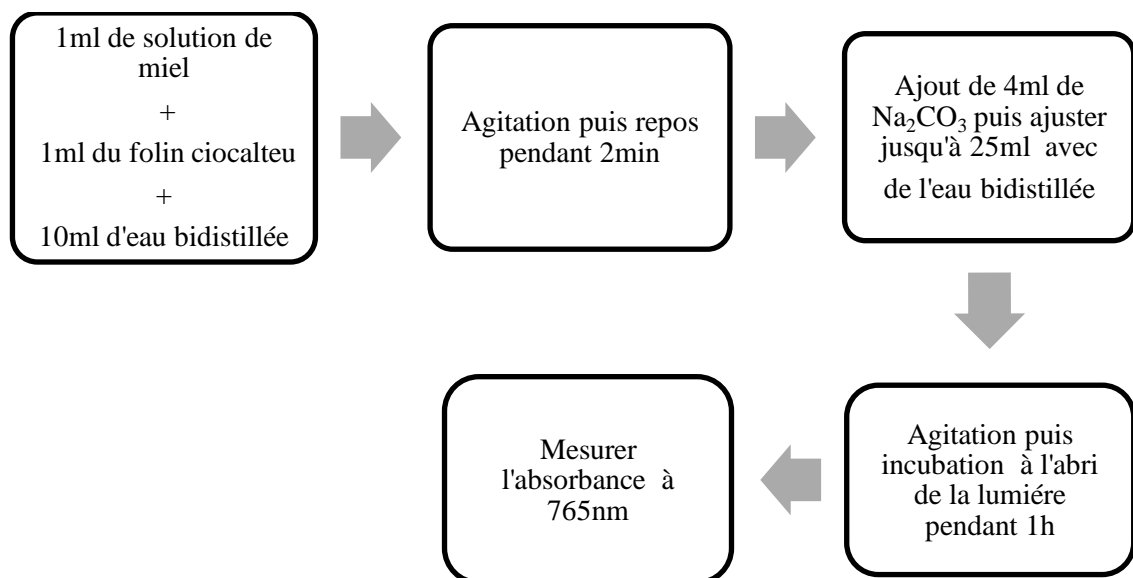


Figure 14: Protocole de dosage des polyphénols totaux.

2.2.6.2. Détermination de l'activité antioxydante (test DPPH)

- **Principe**

Les deux échantillons de miel ont été testés pour leur activité antioxydant. Cette dernière est déterminée par la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical DPPH.

L'activité antioxydante est évaluée par l'activité anti-radicalaire au radical DPPH (2,2-diphényl-picrylhydrazyl). Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants présents dans les échantillons de miel à neutraliser le DPPH (radical libre) (Caravet *et al.*, 2009). Les antioxydants réduisent le DPPH ayant une couleur violette en un composé jaune le diphenyl 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 (Gadaw *et al.*, 1997).

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 10ml de méthanol. Une solution de 0,3ml de miel de chaque échantillon a été mélangée avec 2,7 ml de la solution du DPPH (0,002g DPPH dans 100ml de méthanol) illustrée dans la figure ci-après :



Figure 15: Image représentative de la solution du DPPH préparée.

Matériel et méthodes

Nos solutions préparées ont été mises à l'abri de la lumière pendant 30min puis l'absorbance a été mesurée à 520nm.

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

$$I\% = [(A_b - A_a)] \times 100$$

I% : Pourcentage de l'activité anti-radicalaire

A_b : Absorbance du témoin (solution du DPPH)

A_a : Absorbance de l'échantillon de miel

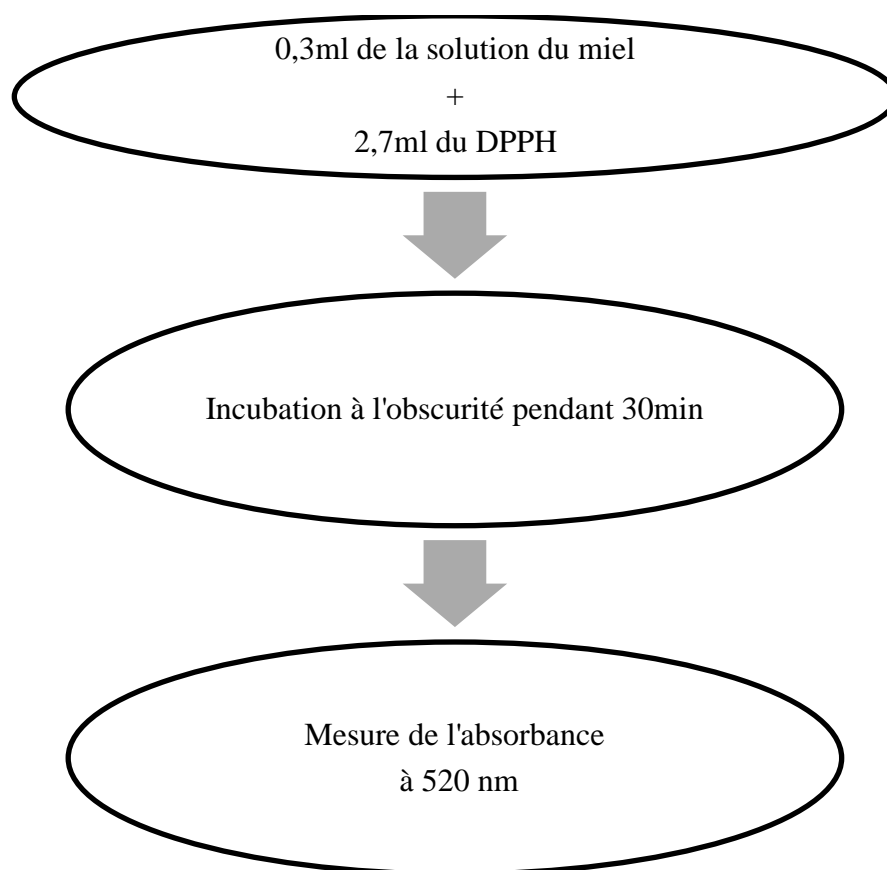


Figure 16: Protocole de l'activité antioxydante.

3. Evaluation 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 deux échantillons sont testés sur trois souches de référence regroupées dans le tableau ci-dessous :

Tableau V : Souches bactériennes testées vis-à-vis des deux échantillons de miel

Groupe bactérien	Souche	Origine
Gram positif	- <i>Staphylococcus aureus</i> (Mu 50)	Laboratoire commun de microbiologie.
Gram négatif	- <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC27853) - <i>Escherichia coli</i> (ATCC25922)	Laboratoire commun de microbiologie.

- **Antibiotiques utilisés**

La sensibilité aux antibiotiques est testée par l'antibiogramme. Les antibiotiques utilisés sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau VI : Antibiotiques utilisés dans l'antibiogramme

<i>E .coli</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>S.aureus</i>
Amoxicilline(AML30)	Gentamicine (CN30)	Néomycine (N30)
Kanamycine (K30)	Fosfomycine (Fos50)	Kanamycine (K30)
Céfotaxime (CX 30)	Néomycine (N30)	Céfotaxime (CX30)

- **Milieu de culture**

Le Test antimicrobien a été réalisé sur milieu Mueller-Hinton (MH) qui est considéré comme le milieu de référence pour les tests antibactériens selon les recommandations nationales et internationales du fait qu'il contient tous les éléments nécessaires pour une bonne croissance bactérienne (Eucast ,2003) .

- **Préparation de l'inoculum**

Les souches bactériennes ont été repiquées sur milieu gélose nutritive par la méthode des stries serrées puis incubées à 37°C pendant 24H afin d'avoir une culture jeune en phase exponentielle.

A partir de cette culture fraîche et pure de 24h, des colonies isolées sont raclées puis additionnées à un volume de 9ml d'eau physiologique stérile dans le but d'avoir une turbidité équivalente à 0,5 Mac Farland, d'une concentration cellulaire estimée à 10^8 UFC/ml, pour une absorbance de [0,08-0,1] à 625nm.

L'activité antimicrobienne des échantillons de miel est testée selon la méthode de diffusion à travers des disques de papier wattman stériles.

3.1. Méthode de diffusion à travers des disques de papier wattman (aromatogramme)

La méthode d'aromatogramme est la technique utilisée pour tester l'activité antimicrobienne du miel. Elle repose sur le pouvoir migratoire des extraits à l'intérieur d'une boîte de Petri contenant un milieu de culture solide qui est la gélose Muller-Hinton selon les recommandations du comité de l'antibiogramme de la Société Française de Microbiologie.

Après standardisation, un volume moyen de 100 µl de la suspension bactérienne est prélevé puis étalé avec un écouvillon sur les milieux MH, en réalisant des stries serrées.

Par la suite on dépose un disque de papier wattman stériles contenant environs 20µl de la suspension de nos échantillons de miel.

Un témoin positif est réalisé en ensemençant les trois souches bactériennes dans trois boîtes contenant un milieu Muller-Hinton à l'aide d'un écouvillon tout en réalisant des stries serrées. Des disques d'antibiotiques sont déposés sur chacune des boîtes selon la souche ensemençée.

Puis les boîtes sont mises au réfrigérateur pendant environ 2h pour permettre la bonne diffusion des substances bioactives. Ensuite elles sont incubées à 37°C pendant 24h dans une étuve.

La sensibilité bactérienne est déterminée par la mesure des diamètres de zones d'inhibition autour des disques d'antibiotiques pour le témoin et les disques de papier wattman stériles pour les échantillons de miel.

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 IV) .

3.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice

La concentration minimale inhibitrice peut-être définie comme étant la plus faible concentration de l'échantillon pouvant inhiber la croissance des microorganismes (des bactéries dans notre cas) après 18 à 24h d'incubation.

3.2.1. Préparation des dilutions de miel

Trois dilutions ont été réalisées (25%,50%,75%) pour chaque échantillon de miel en le mélangeant à de l'eau distillée stériles pour un volume final de 8ml. Elles sont illustrées dans le tableau et la figure ci- dessous :

Tableau VII : préparation des dilutions de miel

Dilution	Volume de miel (ml)	Volume d'eau distillée stériles (ml)
25%	2	6
50%	4	4
75%	6	2



Figure 17 : Préparation des dilutions de miel.

Après avoirensemencées nos boîtes de pétri contenant un milieu MH avec les souches de références , à l'aide d'un écouvillon , nous procédons au dépôt des disques de papiers wattman stériles préalablement imbibés avec les dilutions réalisées (25% ,50% ,75%) , on les place au réfrigérateur pendant 2h ,ensuite procéder à l'incubation à 37⁰C pendant 24h .

En mesurant le diamètre des zones d'inhibition en mm pour chaque dilution réalisée. en se référant à l'échelle de l'estimation de l'activité antimicrobienne donnée par (Ponce *et al.*,2003) (Annexe IV) .

III. Analyses physico-chimiques

❖ Caractéristiques physico-chimiques

Le tableau ci-après résume les résultats obtenus concernant l'ensemble des analyses physicochimiques réalisées.

Tableau VIII : Paramètres physico-chimiques des miels analysés

Echantillon	pH	Acidité Meq /kg	Teneur en eau (%)	Indice de Brix (%)	HMF (mg /Kg)	DPT mgGAE /100g
Jujubier	4,5 ±0,03	15,83±0,7	14,2±0,14	88,25±0,8	43,71±0,00	26,09±0,5
Merar	3,9±0,1	22.33±0,8	14,2±0,14	87,75±0,9	40,11±0,00	31,37±0,2
Norme	3,5-5,5	<50	18 - 20	45-60	40	<50

III.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. La connaissance du pH d'un miel permet de fournir une bonne indication sur son origine et d'apporter de précieux indices sur son aptitude à résister plus ou moins bien à la dégradation au cours de stockage (Jeanne, 2005).

Selon Cavia *et al.* (2007) tous les miels sont acides, avec des valeurs de pH généralement comprises entre 3,2 et 5,5.

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).

Entre autre, 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 valeurs de pH des deux miels analysées sont comprises entre $3,9\pm 0,1$ et $4,5\pm 0,03$. La valeur maximale ($4,5\pm 0,03$) est attribuée au miel du Jujubier et la valeur minimale ($3,9\pm 0,1$) au deuxième échantillon du miel Merar et ces deux valeurs de pH sont concordées avec la recommandation du Codex Alimentarius (2001).

La diminution du pH est l'un des meilleurs facteurs inhibant la croissance des microorganismes et de leurs stabilités dans les échantillons de miel. Ceci est dû à la quantité d'acide gluconique produite par l'enzyme glucose oxydase lors de l'oxydation du glucose (Baroni *et al.*, 2009).

Nos résultats sont très proches de ceux de Nakib *et al.* (2022) pour les miels de Jujubier issu de région aride sombre d'Algérie, Eucalyptus issu de la cote méditerranéenne sombre d'Algérie, Europhobe de région aride sombre d'Algérie, le miel Multifleur de région aride sombre d'Algérie et Sulla de la cote méditerranéenne claire d'Algérie.

Les valeurs des pH obtenus étaient proches également, de ceux rapporté par Ouchemoukh (2007) sur les miels algériens (3,43 à 4,49).

Ils étaient proches aussi des résultats rapportés par Alqarni (2016) sur les miels de l'Arabie Saoudite et Abselami *et al.* (2018) sur les miels de Maroc (3,53 à 4,94), Chakir *et al.* (2011) sur les mêmes miels (3,91 à 4,93), et Abdul-Rahman *et al.* (2016) sur les miels de la République du Yémen (3,83 à 6,97).

Tandis que les résultats de l'échantillon Merar que nous avons obtenus se rapprochent du résultat que Shobham (2017) a eu sur les miels de Telangana (3,7 à 3,9).

Par contre ces résultats sont éloignés de ceux rapportés par Haderbache (2013) sur les miels algériens, qui a obtenu une valeur de $4,96\pm 0,91$ pour le miel du jujubier.

La variation du pH entre ces deux échantillons malgré qu'ils soient issus de la même région peut être dû à la flore butinée, ou à la sécrétion salivaire de l'abeille et aux processus enzymatiques et fermentatifs pendant la transformation de matière première (Belhadj *et al.*, 2015).

III.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 de nos deux échantillons analysées étaient de $15.83 \pm 0,7$ meq /kg Pour le miel du Jujubier et $22.33 \pm 0,8$ meq / kg Pour l'échantillon Merar.

D'après nos résultats, nous avons constaté qu'aucun des deux échantillons de miel testés n'a dépassé la limite autorisée. Cela indique l'absence de fermentation indésirable.

Nos résultats sont proches à ceux de Nakib *et al.* (2022) pour le miel d'Agrume de la région méditerranéenne claire et celui d'Eucalyptus de la cote méditerranéenne sombre qui varient entre 18 à 20 meq / kg. Proches également 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).

Les résultats obtenus pour l'échantillon du Jujubier ($15.83 \pm 0,7$) sont inclus dans l'intervalle trouvé par Bettar *et al.* (2015) sur les miels de Maroc (0,5 à 16,65 Meq/kg).

Nos valeurs sont proches aussi 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 à l'étude de Alqarni *et al.* (2016) sur les miels de d'Arabie Saoudite qui a révélé des valeurs d'acidités libres supérieure à 50 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.

III.3. Teneur en eau

La teneur en eau est l'une des caractéristiques les plus importantes du miel, car elle joue un rôle primordial dans la qualité, utilisé par les normes internationales (Codex Alimentarius). Celle-ci est un facteur hautement important car il permet l'estimation du degré de maturité des miels et renseigne sur sa stabilité biochimique, notamment sa fermentation et une éventuelle cristallisation au cours du stockage (Kucuk *et al.*, 2007).

Le taux d'humidité nous renseigne sur les variations de la teneur en eau de chaque variété de miel collectée. En se référant à la table Chatawya (Annexe II) et à partir des valeurs de l'indice de réfraction retrouvées par réfractomètre, on peut déduire les teneurs en eau correspondantes à chaque miel.

La teneur en eau 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).

Elle dépend de plusieurs facteurs tels que : les conditions météorologiques lors de la production, de l'humidité dans la ruche, ainsi que des conditions de récolte (Delphine, 2010).

Les valeurs de la teneur en eau de nos deux échantillons analysées étaient de 14.2 ±0,14% pour les deux miels. Ces résultats obtenus sont inférieurs à 20%, limite mentionnée par la Commission Européenne, (2002) et le Codex Alimentaire, (2001).

Ceci peut-être expliqué par :

- L'extraction qui est effectuée durant une période très chaude.
- Une déshydratation au cours de conservation et stockage.

Par contre ces derniers assurent ces capacités à résister à la fermentation quel que soit le nombre de levure présente dans le miel assurant ainsi sa meilleure qualité pour une longue durée de conservation. Ce qui a été confirmé d'ailleurs par Gonnet (1982).

Les résultats sont identiques à ceux de Nakib *et al.*(2022) pour le miel de Jujubier issue de région aride d'Algérie (14,2%) et sont très proches de ceux de Makhloufi *et al.*(2010) sur les miels de l'Algérie (13,9% à 20,2%) et inférieur à 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.

Les résultats d'Abselami *et al.* (2018) sur les miels de Maroc (15,39 à 19,37%), et ceux rapportés par Bettar *et al.* (2015) sur les miels de Maroc (15,80 à 21,70%) sont supérieurs aux nôtres, mais sont incluses dans l'intervalle obtenu par Kazimir *et al.* (2018) sur les miels de Serbie (14,00 à 19,22%), Valdes-Silverio *et al.* (2018) sur les miels d'Eucalyptus de la région andine de l'Équateur (11,74 à 19,42 %).

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.

III.4.Matière sèche (degré de Brix)

Le miel est principalement constitué de glucides qui sont exprimés par le degré de Brix (Conti *et al.*,2014). Ce dernier est étroitement lié à la quantité de sucres existante dans le miel, ce qui en fait un marqueur essentiel de la falsification (Habib *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 de degré de Brix de nos deux échantillons analysées étaient de 88,25 ±0,8% pour le Jujubier et de 87.75 ±0,9 % pour Merar. Ils sont inclus dans l'intervalle fixé par Codex Alimentaire (2001), un peu proches de ceux des miels de centre d'Algérie (80.17 à 84.73%) rapportés par Zerrouk *et al.*(2011), Kumar *et al.* (2018) sur les miels indiens (77,95 à 80,02%) et ceux rapportés par Habib *et al.* (2014) sur les miels des régions aride de Emirats Arabes Unis (77,90 à 83 %), et les résultats obtenus par Kavanagh *et al.* (2019) sur les miels de l'Irlande(65,42 à 85,42%).

Cette légère différence constatée peut être expliquée par le phénomène de tansglycosylation durant le stockage (Pascoal *et al.*,2013).

Par contre les résultats sont 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).

Ces variations peuvent être dus à l'origine botanique des plantes à partir desquelles le miellat ou le nectar a été récolté, à l'environnement, au climat et aux conditions de stockage (Ouchemoukh *et al.*, 2012).

III. 5. Teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF)

L'hydroxyméthylfurfural (HMF) est connu comme étant l'indicateur de la fraîcheur et le surchauffage du miel. C'est une molécule qui apparaît au cours du processus de vieillissement du miel et ce processus est accéléré si les miels sont chauffés ou s'ils sont très acides (Pita-calvo et Vazquez, 2017).

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

L'analyse des échantillons de miel a révélé des teneurs en HMF qui sont de $40,11 \pm 0,00$ mg/kg pour le miel Merar et $43,71 \pm 0,00$ mg/kg pour le miel du Jujubier. La valeur des HMF pour l'échantillon Merar dépasse légèrement la valeur limite fixée par le Codex Alimentarius, (2001). Le miel du Jujubier a eu une teneur en HMF supérieure à 40 mg/kg. Ceci s'explique par le fait qu'ils soient issus d'une région semi-aride.

Par ailleurs, les deux miels sont de l'année précédente (Juillet, 2021) et dont les conditions de stockage sont inconnues. Quoique 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). Nos résultats sont supérieurs à ceux rapportés par Khalil *et al.* (2012) sur les miels Algériens (15,23 à 24,21 mg/kg), et à ceux trouvés par Matovic *et al.* (2017) sur les miels de Maroc (2,20 à 25,93 mg/kg) et différents également de l'étude de Boussaid *et al.* (2018) sur les miels de Tunisie (12,07 à 25,49 mg/kg). Mais nos valeurs sont incluses dans l'intervalle trouvé par Abdulaziz *et al.* (2012) sur les miels de l'Arabie saoudite (2,21 à 168 mg/kg) et Habib *et al.* (2014) sur les miels des régions arides (0,17 mg/kg à 79,26 mg/kg).

Selon Ouchemoukh (2012), la formation d'HMF est rapide quand les miels sont acides. Cette conclusion est confirmée par les échantillons de miel étudiés.

III.6. 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).

III.6.1. Dosage des polyphénols totaux

Les valeurs des polyphénols totaux obtenues oscillent entre 26,09 \pm 0,5 et 31,37 \pm 0,2 mg GAE/100 g de miel.

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 : Nos deux échantillons sont de couleur marron foncée mais l'échantillon Merar l'était un peu plus, ce qui explique les valeurs obtenus.

Le Jujubier a enregistré la teneur la plus faible en polyphénols totaux qui est de 26,09 \pm 0,5 mg GAE/100 g de miel, par rapport au deuxième échantillon Merar qui a enregistré une valeur de 31,37 \pm 0,2 mg GAE/100 g de miel.

Nos résultats étaient très faibles de ceux d'Ouchemoukh *et al.* (2016) sur les miels algériens (90 à 318 mg GAE / 100 g), mais sont proches de ceux d'Oliveira *et al.* (2017) sur les miels du Brésil (30,71 à 854,02 mg GAE / 100 g).

Ils sont faibles aussi 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 à la procédure et les techniques de conservation et le climat aussi pourrait jouer un rôle dans la variation des teneurs en polyphénols totaux, notons que nos miels sont issus d'une région tropical qui se caractérise par des températures élevées et des saisons sèches.

En effet, Saba *et al.* (2011) ont montré que les teneurs totales phénoliques varient en fonction de la localisation géographique des différentes sources florales.

De plus, Azonwade *et al.* (2017) ont rapporté que les polyphénols totaux seraient plus disponibles dans les plantes en saison des pluies qu'en saison sèche ce qui explique les valeurs basses obtenus par rapport à nos deux échantillons de miels récoltés en saison chaude, dans le sud Algérien.

III.6.2. Détermination de l'activité antioxydante par le radical DPPH

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

Le miel du Jujubier a présenté le plus faible pouvoir antioxydant ($19,34\% \pm 0,5$) tandis que le miel Merar a enregistré une plus forte activité antioxydante ($34,67\% \pm 0,2$) ceci était dû à la composition de ce dernier en polyphénols totaux ($31,37 \pm 0,2$ mg GAE/100 g de miel) supérieur à la valeur obtenue pour le Jujubier.

Cependant, Bouyahya *et al.* (2017) ont rapporté des valeurs supérieures à nos résultats sur les miels du Maroc (36,38% à 61,94%).

Quoique nos résultats sont proches 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 %). Ils sont proches également des résultats obtenus par Nakib *et al.* (2022) pour le miel d'Euphorbe provenant d'une région aride sombre et celui de Multifleur issu de la côte méditerranéenne claire.

Bouyahya *et al.* (2017) ont montré l'implication linéaire des composés phénoliques 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.

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).

III.7. Évaluation de l'activité antimicrobienne

L'évaluation de l'activité antimicrobienne de deux échantillons de miel algérien de la région Benhar Wilaya Djelfa, est testée *in vitro* sur trois 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 autour de chaque disque à l'aide d'une règle.

Les résultats obtenus pour les différentes souches testées sont résumés dans les tableaux suivants (diamètre des disques d'antibiotiques inclus) :

Tableau IX: Diamètres des zones d'inhibitions des souches testées sur les témoins.

Souche bactérienne	ATB	Résultat
<i>E.coli</i>	K30	30mm±0,00
	CX 30	13mm±0,00
	AML 30	Résistante
<i>P.aeruginosa</i>	CN30	29mm±0,00
	N30	28mm±0,00
	Fos50	Résistante
<i>S.aureus</i>	N30	20mm±0,00
	CX30	12mm±0,00
	K30	23mm±0,00
	CTX30	Résistante

Tableau X : Diamètres des zones d'inhibitions des souches testées

Echantillons	Miel (1) : Jujubier				Miel (2) :Merar			
	C0 mm	C1 mm	C2 mm	C3 mm	C0 mm	C1 mm	C2 mm	C3 mm
<i>E.coli</i>	12±0,00	25±0,00	15±0,00	6±0,00	10±0,00	9±0,00	6±0,00	6±0,00
<i>P.aeruginosa</i>	33±2,08	35±0,00	14±0,00	6±0,00	23±0,70	14±0,00	6±0,00	6±0,00
<i>S.aureus</i>	20±2,12	20±0,00	6±0,00	6±0,00	33±2,12	17±0,00	6±0,00	6±0,00

NB : Le diamètre de disque de papier Wattman est inclus dans les mesures.

Unité de mesure : mm

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

D'après les résultats représentés par le tableau précédent, nous avons remarqué que toutes les souches utilisées ont été affectées par les deux échantillons de miels examinés. Le diamètre des zones d'inhibition varie selon l'échantillon du miel testé, son degré de dilution et la souche microbienne utilisée ; ce qui indique un large spectre d'action antibactérien 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 montrée 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.

III.8. Sensibilités des souches bactériennes vis-à-vis des miels utilisés

Les résultats obtenus montrent que les trois souches testées ont une sensibilité significative vis-à-vis des deux échantillons de miels. On constate que l'action du miel sur les trois souches testées varie selon ces échantillons.

Selon l'échelle de l'estimation de l'activité antimicrobienne on constate que *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* sont extrêmement sensibles aux deux échantillons de miel .Tandis qu'*Escherichia coli* est moyennement sensible à ces derniers.

Par ailleurs, l'effet antibactérien des deux échantillons est plus important avec les échantillons non dilués et diminue proportionnellement avec les dilutions sauf pour le Jujubier, ou l'on constate qu'il a eu effet sur les gram négatif (*E.coli* et *P.aeruginosa*). Les deux souches ont été plus sensibles à la dilution de miel à 75% et a commencer à diminuer à partir de la deuxième dilution (50%).

III.9. Souches bactériennes

1-Escherichia coli

Le diamètre des zones d'inhibition pour *E. coli* varie entre $6\pm 0,00$ et $25\pm 0,00$ mm, dont le miel du Jujubier à 75% représente la valeur maximale ($25\pm 0,00$ mm) ou la souche s'avère extrêmement sensible. Suivi respectivement de la dilution à 50% avec une zone d'inhibition de $15\pm 0,00$ mm signifiant que la souche est très sensible et le miel pur (100%) avec un diamètre d'inhibition de $12\pm 0,00$ mm, ou la souche est sensible et à 25% la souche est résistante, il n'y a pas eu de zone d'inhibition.

Les résultats sont démontrés dans les figures ci-après :

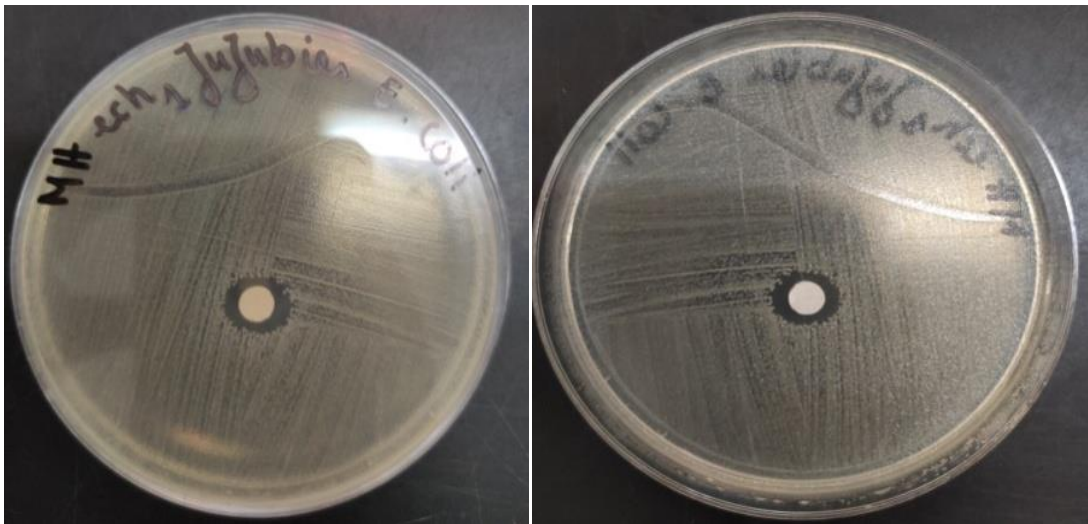


Figure 18 : Effet antibactérien du miel pur (Jujubier) sur *Escherichia coli*.



Figure 19: Effet antibactérien des dilutions de l'échantillon de miel « Jujubier » sur *Escherichia coli*.

Résultats et discussion

Quant au deuxième échantillon de miel utilisé qui est le miel Merar , le miel pur a eu plus d'effet sur la bactérie qui s'est avérée sensible , on a eu respectivement des zones d'inhibition de $10\pm 0,00\text{mm}$ pour le miel pur et $9\pm 0,00\text{mm}$ pour la dilution à 75% et pour les deux dilutions restantes la souche s'est avérée résistante .

Les résultats sont démontrés dans les figures suivantes :



Figure 20: Effet antibactérien du miel pur (Merar) sur *Escherichia coli*.



Figure 21: Effet antibactérien des dilutions de l'échantillon de miel « Merar » sur *Escherichia coli*.

Nous avons constaté que l'effet antimicrobien des miels testés est plus important avec les échantillons non dilués, pour le miel Merar, contrairement au miel du Jujubier qui présente un effet antibactérien avec la dilution C1 et C2 ($25\pm 0,00$ mm et $15\pm 0,00$ mm respectivement), plus important que celui enregistré avec le miel pur ($12\pm 0,00$ mm).

Le jujubier a eu un effet bactéricide sur *E.coli*, la croissance est inhibée définitivement puisque la souche est tuée, L'activité inhibitrice du Jujubier sur *E.coli* était semblable ou légèrement inférieure à celle des antibiotiques les plus actifs (CX30, K30).

Tandis que pour le 2^{ème} échantillon Merar l'activité antibactérienne était plus importante avec le miel pur et lors de la 1^{ère} dilution elle a légèrement diminué de 10 mm à 9 mm et absence de zone d'inhibition pour les dilutions C2 et C3. Cet échantillon a eu un effet bactéricide sur la souche bactérienne, en inhibant son activité de manière définitive. Cette activité inhibitrice de l'échantillon Merar sur *E.coli* est inférieure à celles des antibiotiques testées.

2- *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa présente des diamètres de zone d'inhibition qui variaient entre $6\pm 0,00$ et $33\pm 2,08$ mm. La valeur maximale est attribuée à la première C1 dilution de l'échantillon du miel du jujubier ($35\pm 0,00$ mm) suivi de celle du miel pur du même échantillon avec un diamètre d'inhibition de 33 mm ensuite du deuxième échantillon Merar pur avec une valeur de $2323\pm 0,70$ mm.

La valeur diminue jusqu'à 14 mm pour la C2 (Jujubier) et C1 (Merar). C3 (Jujubier) et C2, C3 (Merar) n'ont révélé aucune inhibition vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa* qui s'est avérée résistante à ces différentes dilutions des deux échantillons de miel. Le miel dilué à C1 (75 %) du Jujubier a donc eu un effet antibactérien vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa* qui dépasse celui des échantillons purs. 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 l'échantillon de miel Merar était inférieure à celle des antibiotiques les plus actifs (N30, CN30). Contrairement à celle du Jujubier qui était supérieure à celle des Antibiotiques utilisés.

Les résultats sont illustrés dans les figures suivantes :



Figure 22 : Effet des antibiotiques testés sur *Pseudomonas aeruginosa*.



Figure 23 : Effet antibactérien du Jjubier sur *Pseudomonas aeruginosa*.

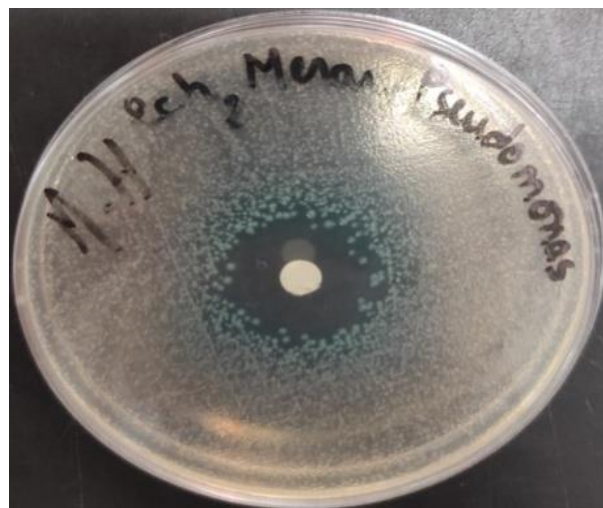


Figure 24: Effet antibactérien du miel Merar sur *Pseudomonas aeruginosa*.

3-*Staphylococcus aureus*

Pour *Staphylococcus aureus*, les diamètres d'inhibition vont de $6\pm 0,00$ à $33\pm 2,12$ mm, dont l'effet inhibiteur le plus prononcé est obtenu avec l'échantillon du miel pur de Merar ($33\pm 2,12$ mm).

Suivi par celui du miel pur du jujubier avec un diamètre de $20\pm 2,12$ mm. La souche a été extrêmement sensible à la dilution C1 (75%) ou nous constatons des valeurs de 20mm pour le Jujubier et de $17\pm 0,00$ mm pour le miel Merar.

Quant aux dilutions C2 et C3 pour les deux échantillons nous n'avons pas eu de zones d'inhibition mais plutôt une diminution de charge bactérienne qui se traduit par un effet bactériostatique ou il y'a un tapis bactérien qui réapparaît après l'inhibition puisque la bactérie n'est pas tuée mais le miel a plutôt diminué sa charge. Ceci peut être justifié par la faible concentration de ces miels.

L'activité inhibitrice des miels de Merar et du Jujubier sur *S.aureus* était supérieure ou semblable à celle des antibiotiques actifs (K30, N30).

Les résultats sont illustrés dans les figures ci-après :

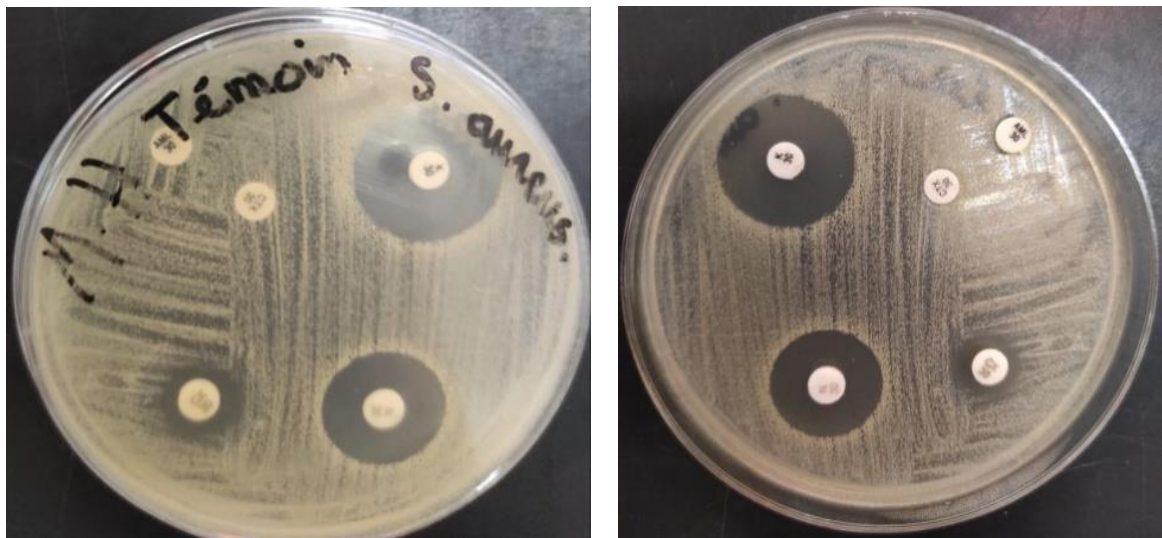


Figure 25 : Effet des antibiotiques testés sur *Staphylococcus aureus*.



Figure 26 : Effet antibactérien du Jujubier sur *Staphylococcus aureus*.

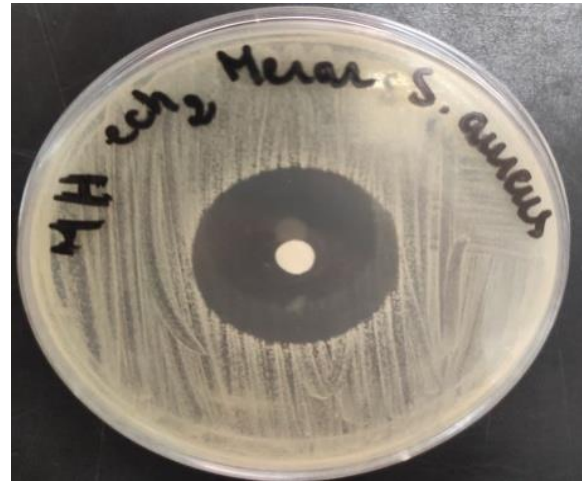


Figure 27: Effet antibactérien du miel Merar sur *Staphylococcus aureus*.

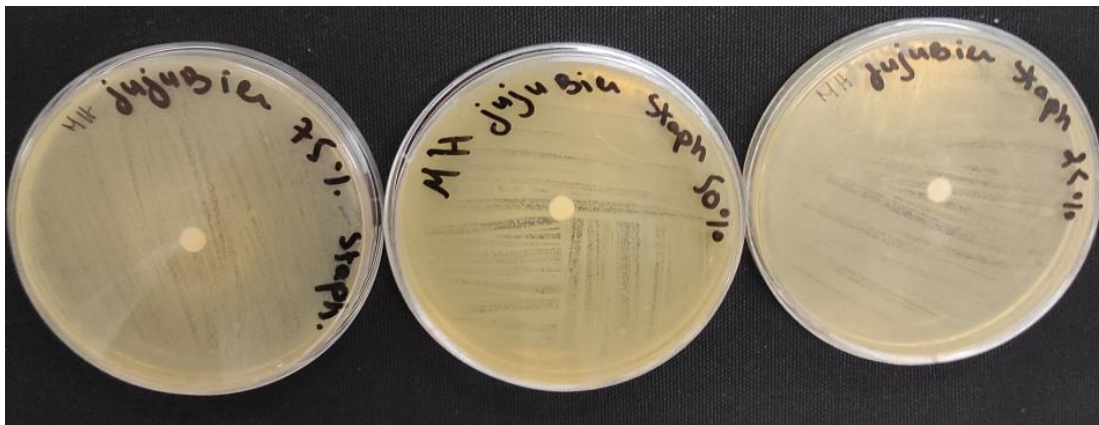


Figure 28: Effet antibactérien des dilutions de l'échantillon de miel « Jujubier » sur *Staphylococcus aureus*.



Figure 29: Effet antibactérien des dilutions de l'échantillon de miel « Merar » sur *Staphylococcus aureus*.

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

Les souches *P.aeruginosa* et *S.aureus* sont extrêmement sensibles à l'effet des deux échantillons de miel. Tandis qu'*E.coli* est très sensible aux deux échantillons. Nous constatons que les Gram- ont été plus sensibles à l'échantillon du Jujubier allant de C0 jusqu'à C2, et nous notons que *E.coli* et *Pseudomonas aeruginosa* restent très sensibles aux dilutions.

L'échantillon Merar a eu plus d'efficacité que le Jujubier sur la souche Gram positif *Staphylococcus aureus* ou elle s'avère extrêmement sensible à cet échantillon, ceci peut être dû au fait que l'échantillon Merar soit plus acide que le Jujubier, ou peut être dû à la composition qui diffère entre les deux miels. On pense que l'action du miel naturel sur les bactéries dépend, d'une part de la structure de la paroi de la cellule cible, puisque le jujubier possède un effet plus inhibiteur sur les bactéries à Grams négatifs que sur les Grams positifs et l'échantillon Merar a un effet inverse c.-à-d. qu'il a plus d'efficacité sur les Grams positifs que sur les Grams négatifs .

Cette activité antibiotique s'explique par plusieurs facteurs : Un effet osmotique, dû à la forte teneur en sucre, un pH acide constituant un milieu défavorable pour les bactéries, des substances antibiotiques d'origine animale avec la glucose-oxydase qui permet une libération continue et prolongée de faibles doses de peroxyde d'hydrogène et des substances antibiotiques d'origine végétale dont le rôle peut être important (Benoit, 2004).

- Effet du pH : le pH du miel est relativement acide, il varie entre 3.9 et 4.5, cette acidité est principalement due à sa teneur en acide gluconique et en gluconolactone. Le pH du miel semble être suffisamment bas pour ralentir ou éviter la croissance de nombreuses espèces pathogènes (Bogdanov et Blumer, 2001).
- Osmolarité : Yatsunami et Echigo, 1984 suggèrent que cette activité du miel est associée à une haute concentration en sucre, à de basses valeurs du pH et à l'accumulation du dioxyde d'hydrogène. La teneur en eau du miel est comprise entre 15 et 18%. Il agit ainsi de la manière osmotique qui absorbe l'eau des agents pathogènes.
- Le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 : l'activité antibactérienne de certains miels dépend de leur contenu en peroxyde d'hydrogène endogène (Brudzynski, 2006). L'eau oxygénée aussi appelée peroxyde d'hydrogène est considérée comme la principale inhibitive du miel (Bogdanov et Blumer, 2001).

- Le Methylglyoxal: Plusieurs recherches ont attribué l'effet antibactérien élevé du miel de Manuka en New Zealand au methylglyoxal qui est présent avec une concentration de 800 mg/kg dans le miel de Manuka mais inférieure dans les miels classiques avec des concentrations allant de 1 à 10 mg/kg. Cela explique son effet antibactérien élevé. Cette activité non-peroxydique reste stable sous l'effet du chauffage et de la lumière (Adams *et al.*, 2009).
- Autres substances antibactériennes : en plus que l' H_2O_2 qui est produit dans les miels conventionnels par la glucose oxydase, plusieurs autres facteurs non-peroxydique se trouvent pour être responsable de cette activité antibactérienne unique du miel (Simon *et al.*, 2008). Ces substances antibactériennes sont surtout des lysozymes, des flavonoïdes, des acides aromatiques, des substances volatiles et autres composants indéterminés (Russell *et al.*, 1988 ; Bogdanov et Blumer, 2001 ; Allen *et al.*, 1991).

On peut expliquer aussi la différence des degrés d'inhibition entre les différents échantillons par les différentes origines florales possédant des activités inhibitrices différentes sur diverses souches bactériennes.

D'autre part de la composition du miel lui-même peut être la cause, puisqu'il peut y'avoir une synergie entre deux molécules, conférant au miel cette activité antibactérienne. Comme ce pouvoir peut être du à la présence d'une seule molécule inhibitrice.

Cette composition 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).

La dilution à 25% n'a pas eu d'effet sur les Grams négatifs. Ceci peut être attribué au fait que cette concentration de miel est trop faible pour exercer une activité antimicrobienne surtout que ces souches sont relativement résistantes.

Nos résultats étaient cohérents avec ceux rapportés par Merah *et al.* (2010) qui a trouvé que le miel pur présentait une plus grande efficacité sur *Staphylococcus aureus* que le miel dilué.

L'étude d'Owayss *et al.*(2020) Sur le Jujubier de Palestine et le miel d'Acacia gerrardii a indiqué que l'activité inhibitrice du miel testé était plus efficace avec du miel dilué, ces résultats sont compatibles avec ceux que nous avons trouvé concernant le miel de Jujubier testé sur *E.coli* et *P.aeruginosa* . Ceci peut être attribué au fait qu'il y est des concentrations qui permettent 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).

Nos résultats sont en accord également avec 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).

III.10. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) sur milieu solide

La CMI des deux échantillons de miel testés sur les trois 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 XI : Concentrations minimales inhibitrices des miels testés sur les souches bactériennes

Echantillons	CMI		
	<i>E.coli</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>S.aureus</i>
Jujubier	50%	50%	75%
Merar	75%	75%	75%

Ce tableau présente la (CMI) des échantillons testés sur les trois souches microbiennes. Il montre que le miel de Jujubier avait une CMI égale à 50% envers *E.coli* et *P.aeruginosa* et une CMI égale à 75% envers *S.aureus*.

Le deuxième échantillon miel Merar, avait une CMI égale à 75% envers les trois souches bactériennes testées. Ces résultats sont en accord avec ceux de (Merah, 2010) qui a trouvé des valeurs de CMI dans l'intervalle [25% -100%] avec les souches *E.coli*, *P.aeruginosa*, *S.aureus*.

En résumé, l'action antibactérienne de nos échantillons de miels a été prouvée, il faut noter aussi, qu'en fonction de sa concentration et de son origine botanique, un miel peut être bactéricide (c'est-à-dire qu'il peut totalement tuer les bactéries) ou être bactériostatique (les bactéries ne sont pas tuées, mais leur développement est stoppé) (Hoyet., 2005)

Il est par conséquent important d'identifier la nature de chacun de ces composants et de poursuivre des recherches afin de sélectionner un miel donnant les meilleurs résultats thérapeutiques et nutritionnels (Assie, 2004).

**CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES**

Conclusion et perspectives

Aujourd'hui, de nombreuses études à l'échelle internationale viennent confirmer que le miel possède plusieurs propriétés thérapeutiques. En effet, l'évaluation *in vitro* des deux échantillons de miels algériens ont montré une efficacité significative vis-à-vis des souches bactériennes testées.

En comparant ces résultats aux antibiotiques utilisés, on constate que les miels analysés présentent une valeur thérapeutique importante. On en conclut que le miel issu d'Algérie pourrait potentiellement être utilisé comme agent thérapeutique contre les infections bactériennes, en particulier pour les souches bactériennes testées.

L'emploi 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.

Même si tous les mystères du miel n'ont pas encore été élucidés, les données scientifiques récoltées jusqu'à aujourd'hui sont nécessaires pour faire accepter l'idée que c'est un remède efficace et qu'il offre de formidables perspectives parmi-elles :

- Procéder à la réalisation des différentes analyses physico-chimiques sur une vaste gamme d'échantillons de miel Algérien de toutes les régions, afin d'identifier les normes spécifiques des miels du pays.
- Améliorer les techniques de récolte, conservation et de stockage des miels pour préserver ses qualités organoleptiques et biologiques et évaluer l'influence du traitement thermique afin de démontrer les conditions optimales à respecter.
- Effectuer des tests antimicrobiens sur une large gamme de microorganismes pathogènes et résistants pour démontrer l'efficacité naturelle du miel et ses propriétés thérapeutiques pour prévenir ou guérir une infection.
- Approfondir les études concernant le miel et se concentrer d'avantage sur ses composantes pour mieux comprendre les mécanismes d'action et effets du miel.
- Réaliser des études concernant des miels issus de plantes spécifiques ayant des propriétés médicinales afin d'augmenter son pouvoir thérapeutique vis-à-vis d'une pathologie que la plante en question pouvait prévenir ou guérir
- Orienter les recherches sur le fait qu'il pourrait exister une synergie entre deux miels différents, issus d'origine géographique différente et d'origine florale différente également dans le but d'augmenter leur pouvoir thérapeutique.

Conclusion et perspectives

Enfin, le miel serait une excellente alternative pour des traitements coûteux et pourrait être une solution thérapeutique intéressante d'autant qu'il peut être produit de façon indépendante et économique ainsi la commercialisation de produits thérapeutiques à base de miel pourrait émerger dans le monde entier, ce qui mettrait fin ou du moins diminuerait l'emploi des antibiotiques, ainsi diminuer l'antibiorésistance des souches pathogènes et multirésistantes.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Abselami A., Tahani A.M ., Sindic M.L., Fauconnier E., Bruneau A., Gomes L. Dias, L. , Moreira P., Rodrigues L.M., Estevinho M. (2017).Physicochemical Properties of some Honeys Produced from Different Flora of Eastern Morocco. *Journal Materials and Environmental Sciences*. P 879-886.

Abselami A., Tahani A., Sindic M., Fauconnier M.L., Bruneau E. Elbachiri A. (2018). Physicochemical Properties of some Honeys Produced from Different Flora of Eastern Morocco. *Journal Materials and Environmental Sciences*. 9(3): 879-889.

Adam G. (2011). Botanique apicole, production du nectar et de pollen. Cours école d'apiculture Ruchers du Sud-Luxembourg. p11.

Adams C.J., Manley-Harris M, Molan P.C. (2009): The origin of methylglyoxal in New Zealand manuka (*Leptospermum scoparium*) honey. *Carbohydr Res* 344: 1050–1053.

Ahmad A., Azim M., Mesaik M., Khan R. (2008). Natural honey modulates physiological glycemic response compared to stimulated honey and D-glucose. *Journal of Food Science*. 165-7.

Al-Mamary M., Al-Meery A., Al-Habori M. (2002).Antioxidant activities and total phenolic of different types of honey. *Nutrition Research* 22:1041–7.

Ajlouni S., Sujirapinyokul P. (2010). Hydroxymethylfurfural aldehyde and amylase contents in Australian honey. *Food Chemistry*.119:1000-1005.

Allen, K.L., Molan, P.C. and Reid, G.M. (1991): A survey of the antimicrobial activity of some New Zealand honeys. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 43, 817– 822.

Alqarni A., Owayss A., Mahmoud A. (2012). Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia. *Journal of Chemistry* 9, 114–120.

Alqarni A., Owayss A., Mahmoud A. (2016). Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia. *Journal of Chemistry* 9, 114–120.

Références bibliographiques

Al Waili N.S. (2004). Natural honey lowers plasma glucose, C-reactive protein, homocysteine, and blood lipids in healthy, diabetic, and hyperlipidemic subjects: Comparison with dextrose and sucrose. *Journal of Medicinal Food*.1: 100-7.

Al-wailin N. (2004). Investigating the antimicrobial activity of natural honey and its effects on the pathogenic bacterial infections of surgical wounds bconjunctiva. *Journal of Medicinal Food*.210-222.

Amri A., Adjama A., Tahar A. (2007). Étude de quelques miels produits à l'est Algérien: Aspect physico-chimique et biochimique. *Revue Synthèse* .17:57-63.

Anso J. (2012) : Du miel à volonté. D2A, N°. 1, 23 p.

Ashok V., Agrawal N., Esteve-romero J., Bose D., Dubey N. 2016). Detection of methyl orange in saffron and other edibles using direct injection micellar liquid chromatography, *Food Analysis*. 201–8.

Assie B. et Descottes B. (2004) : Le miel comme agent cicatrisant. Thèse d'exercice : Médecine. Toulouse : Toulouse III, 115 p.

Avisse I.(2014). Le grand traité des miels. Édition le Sureau-2014. 107-167.

Azonwade F., Armand A ., Cokou P., Agbangnan D., Dougnon T., N'tcha C., Mousse W., Baba-moussa L. (2017). Polyphenolic profile, and antioxidant and antifungal activities of honey products in Benin .*African Journal of Microbiology Research*. 9-18, 7.

Azonwade F.E., Paraiso A., Dossa CPA et al. (2018). Physicochemical characteristics and microbiological quality of honey produced in Benin. *Journal of Food Quality*. 2018:1–13.

Ballot-flurin C.(2009). Les bienfaits de l'apithérapie. 1 ère Edition. Eyrolles .158 p.

Baroni M.V., Nores M.L., Díaz M.D.P., Chiabrando G.A., Fassano, J.P., Costa C. and Wunderlin D.A. (2006). Determination of volatile organic compound patterns characteristics of five unifloral honeys by solid- phase microextraction-Gas chromatography-mass pectrometry coupled to chemimetrics. *Journal of Agricultural. Food Chemistry*, 54: 7235–7241.

Références bibliographiques

- Baroni, M.V., Arrua, C., Nores, M.L., Faye, P., Del Pilar Diaz, M., Chiabrand, G.A., Wunderlin, D.A.(2009).** Composition of honey from Cordoba (Argentina): assessment of North/South provenance by chemometrics. *Food Chemistry*. 114, 727–733.
- Belhaj O., Oumato J., Zrira S. (2015).** Etude physico-chimique de quelques types de miels marocains. *Marocan science Agronomy and Veterinary*,3(3) :71-7.
- Bertoncelj J., Dobersek U., Golob T., Jamnick M. (2007).** Evaluation of the antioxidant activity of Three Varieties of Honey from Different Botanical and Geographical Origins 52: 1228-1237.
- Benoit A. (2004) :** Le miel comme agent cicatrisant, Thèse de doctorat en médecine, université Toulouse iii-Paul Sabatier-faculté de médecine.
- Bettar I., Gonzalez-Miret M., Hernanz D., Marconi A., Heredia F.J. and Terrab A. (2015).**Characterisation of Moroccan Spurge (Euphorbia) honeys by their physicochemical characteristics, mineral contents and colour.*Advanced Journal of chemistry*.
- Bogdanov S., Beiri K., Figar M., Figueiredo V., Iff D., Kanzing A., Stochli H., Zurcher K.(1995).** *Miel : définition et directives pour l'analyse et l'appréciation.* Livre Suisse des denrées alimentaires. 1-26.
- Bogdanov S. (1997).** « Nature and Origin of the Antibacterial Substances in Honey». *Lebensm.-Wiss. Technologie*. p. 748–753.
- Bogdanov S. et Fluri P. (2001) :** Qualité du miel et Résidus d'antibiotiques, Centre Suisse de recherches apicoles. 1-5 .
- Bogdanov S. et Blumer P. (2001) :** Propriétés antibiotiques naturelles du miel. *Revue Suisse d'apiculture*: 107-114.
- Bogdanov S., Bieri K., Gremaud G., Iff D., Kanzing L., Seiler K., Stöckli H., et Zürcher K.(2004).**Produits apicoles: 23B pollen. Revus par le groupe d'experts « produits apicoles »MSDA : 1-6.
- Bogdanov S., Gallmann P., Stangaciu S., Cherbuliez T. (2006).**Produits apicoles et santé. *Alp forum*,n41f.

- Bogdanov S., Tomislav J., Sieber R., Gallaman P. (2009).** «Honey for Nutrition and Health». *American Journal of the College of Nutrition*. 677-689.
- Bonte A. (2013).** Le miel, quel intérêt en cicatrisation. Le miel, de remarquables propriétés cicatrisantes. *Actualités pharmaceutiques*, N° 531.
- Bonte F., Desmouliere A. (2013).** Le miel: Origine et composition. *Actualités Pharmaceutiques*, 531, 18–21.
- 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*.
- Bouyahya A. (2016).** ALICAMENTS : des aliments aux médicaments, quel apport pour la santé ?. *Universel Sciences Sante* 1:1–3.
- Braegger C. et Zurich (2004):** Prébiotiques, *Paediatrica*, Vol. 15 No. 6, 22-23p.
- Brand -Williams W., Cuvelier M. E. et Berset C. (1995)** .Use of a free radical method to evaluate antioxydant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie Food sciences technology. Technology*. 28: 25- 30.
- Bruneau E. (2002).** Les produits de la ruche. In *Le traité rustica de l'apiculture*. Paris, Rustica, 354-384.
- Brudzynski K. (2006):** Effect of hydrogen peroxide on antibacterial activities of Canadian honeys, *Canadian Journal of Microbiology*.1228- 1237.
- Bueno-costa F., Zambiasi R., Wendt bohmer B., Chaves F., Da silva W., Zanusso J., Dutra I. (2016).** Antibacterial and antioxydant activity of honey from the state of Rio Grande , Brazil. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie-Food science and Technology*, 65:333-340.
- Burlando B., Cornara L.(2013).** Honey in dermatology and skin care: A review. *Journal Cosmetic Dermatology*. 12:306–313.
- Caillas A. (1974).** Le rucher de rapport, Les produits de la ruche, *Traité pratique d'apiculture moderne*, Edition .syndicat national d'apiculture, Paris, .497.

Références bibliographiques

Can Z., Yaldiz O., Sahim H., Turumtay E., Silici S., Kolayli S. (2015). Anvestigation of Turkish honeys: their Physic-chemical Properties, antiorycht capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180: 133-141.

Clement H.(2002). Guide des miels. Paris, *Rustica*, 64 p.

Clement H.(2011). Le traité Rustica de l'apiculture. *Rustica*,528 p.

Clement M.C., Marmion V. et Lobreau-Callen D. (2000): « Les miels ». Ed. Techniques de l'ingénieur. 35.

Cavaret C. (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*. 143-149.

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

Chataway H.D. (1935). Honey tables, showing the relationship between various hydrometer scales and refractive index to moisture content and weight per gallon of honey. *The American bee Journal*.43: 215–220.

Chakir A., Romane A., Marcazzan G.L. and Ferrazzi P. (2011). Physicochemical properties of some honeys produced from different plants in Morocco, A. *Journal food chemistry*.

Chepulis L.M. (2008): « An Investigation of the Health Benefits of Honey as a Replacement for Sugar In the Diet ». *Journal of Food Science* 260.

Clément. (2005). Le Traité Rustica de l'Apiculture. Edition Rustica/FLER, Paris, 528p.

Codex alimentarius comission. (2001). Codex standard 12, Revised Codex Standard for honey : 1-7.

Commission Européenne. (2002). Directive 2001/110/EC du 20 décembre 2001 relative au miel. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, L10, 47-52.

Références bibliographiques

Conti M., Finoia M., 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.

Da silva P., Gauche C., Gonzaga L.V., Oliveira Costa, A.C., Fett R. (2016). Honey chemical composition, stability and authenticity .*Food Chemistry*, 196:309-323.

Darrigol J.(2007). Apithérapie : *miel, pollen, propolis, gelée royale*. Dangles, 271 p.

Décret n°2003-587 du 30 juin 2003 pris pour l'application de l'article L. 214-1 du code de la consommation en ce qui concerne le miel.

Delphine I. (2010). « Le miel et ses propriétés thérapeutiques». Thèse de doctorat.23-25.

Desmouliere A., Bonte F., Couquet Y., Rigal M.(2013). Le miel, quel intérêt en cicatrisation? *Actualités Pharmaceutiques*,17-35.

Diafat A., Benouadah A., Bahloul A., Meribai A., Mekhalfi H., Bouaziz F., Techache D., Laabachi H ,. Arrar L. (2017).Physicochemical properties and pollen analyzes of some Algerian honeys .*International Food Research Journal* 24(4): 1453-1459.

Directive 2001/110/CE du Conseil du 20 décembre 2001 relative au miel.

Domergo R. (2009). *Santé,bien-etre,Apitherapie*.

Donadieu Y.(1978) Le miel : thérapeutique naturelle. *Edition Maloine ,Paris* 36 p.

Donadieu Y. (2004).Le miel. Thérapeutique naturelle. *Edition MALOINE*, Paris 37P.

Emarah M.H. (1982): A clinical study of the topical use of bee honey in the treatment of some ocular diseases. *Bull. Islamic Medicine*, 2(5), 422-5.

Erejuwa O., Sulaiman S., Wahab M.(2011). Oligosaccharides might contribute to the antidiabetic effect of honey: a review of the literature. 248-66.

Erejuwa O., Sulaiman S., Wahab M.(2012). Honey—a novel antidiabetic agent. . *International Journal of Biological Sciences*.913-34.

Escuredo O., Silva-luis R., Valentao P., Seijo M., Andrade P. (2013). «Assessing .Rubus honey value: pollen and phenolic compounds content and antibacterial capacity». *Food chemistry*, 671-678.

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.

Fahim H., Dasti J., Ali I., Ahmed S., 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*, 633–641.

Gadaw A., Joubert C., Hansmann 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.

Gharbi M. (2011). Les produits de la ruche : origines, fonctions naturelles, composition, propriétés thérapeutiques, apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire .Vetagro sup, campus vétérinaire de Lyon, 234p.

Gheldof N. and 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.Food Chemistry*, 50, 3050–3055.

Gomes S., Dias L., Moreira L., Rodrigues P., Estevinho L. (2010). Pysicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeysfrom Portugal. *Food and Chemical Toxicology*. 48: 544-548.

Gonnet M. (1982). Le miel : composition, propriétés, conservation. *INRA station expérimentale d'apiculture*, 1-18.

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.

Références bibliographiques

Haderbache L., Bousdira M., et Mohammedi A .(2013). Ziziphus lotus and euphorbia bupleuroides Algerian honeys. *World Applied Sciences Journal* 24 (11): 1536-1543.

Haderbache L., Mohammedi L. (2015). quality of imported honeys marketed in Algeria. *Journal of fundamental and applied sciences*, 7(1): 139-149

Hoyet C. (2005).Le miel : de la source à la thérapeutique. Université Henri Poincaré-Nancy 1, faculté de pharmacie.106p.

Ibrahim Khalil M.D., Sulaiman S.A., Alam N., Moniruzzaman M., Bai'e S., Man C.N., Jamalullail S.M.S. and Gan S.H. (2012): Gamma Irradiation Increases the Antioxidant Properties of Tualang Honey Stored Under Different Conditions, *Molecules* 17, 674-687.

Iglesias A., Feas A., Rodrigues S., Seijas J., Dias L., Estevinho L.(2012).Comprehensive study of honey with protected denomination of origin and contribution of enhancement of legal specifications. *Molecules*.8561-8577.

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

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.

Jaklic D., Lapanje A., Gunde-cimerman N. (2012).Antibacterial and antimycotic activities of Slovenian honeys. *British Journal of Biomedical Science.*; 69(4):154–8.

Jean-prost P., Le conte Y.(2005). Apiculture: connaître l'abeille, conduire le rucher. *TEC & DOC Lavoisier.*, 697 p.

Jean-prost P. et Medori P. (2005). Matière première. In Apiculture. Lavoisier : Yves le conte. Paris, : 161-183.

Jeanne J. (1993) : « Produits de la ruche ». In *Bulletin Technique Apicole* 10 (3). P: 111-133.

Jouve F., Starosta P.(1998). Le grand livre du miel et des abeilles. *Solar Ed.* 143 p.

Kavanagh S., Gunnoo J., Passos T., Jane C., Stout M. and White B. (2019). Physicochemical properties and phenolic content of honey from different floral origins and from rural versus urban landscapes. *Journal Food Chemistry*, 272: 66–75.

Karabagias K.,Badeka A.,Kontakos A.,Karabournioti S.,Kontominas M.(2014).Characterization and classification of Greek pine honey according to their geographical origin based on volatiles physicochemical parameters and chemometrics. *Food chemistry* .p548-557.

Kiistala R., Hannuksela M., Makinen-Kiuunen S., Niinim A. and Haahtela T. (1995): Honey allergy is rare in patients sensitive to pollens. *Allergy*, 844-7.

Kuçük M., Kolylis S., Karaolu S., Ulusoy E., Baltacic and Candan F. (2007). Biological activities and chemical composition of the honeys of different types of Anatolia. *Journal Food Chemistry*, 100: 526-534.

Kumar A., Singh Gill J.P., Singh Bedi J., Manav M., Ansari M.J. and Singh Walia G.(2018). Sensorial and physicochemical analysis of Indian honeys for assessment of quality and floral origins. *International food research journal* , 108: 571–583.

Kwakman P., Te velde A., De boer L., Speijer D., Vandenbroucke-grauls C., Zaats.A.(2010). How honey kills bacteria. *The FASEB Journal*.2576-2582.

Lefief-delcourt A.(2010) *Le miel malin*. Paris, Leduc.s, p176.

Lequet L.(2010). Du nectar a un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils, pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur. L'université Claude-Bernard-Lyon1 (médecine-pharmacie).p185

Liben T., Atlabachew M., A Abebe A. (2018).Total phenolic, flavonoids and some selected pathogenic bacteria. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 4: 1475925.

Majtan J., Kumar P., Majtan T. (2010) .Effect of honey and its major royal jelly protein 1 on cytokine and MMP-9 mRNA transcripts in human keratinocytes. *Experimental Dermatology*. 73-79

Mato I. S., Huidobro J. F., Simal-Lozano J. S., Sancho M. T. (2006). Rapid determination of nonaromatic organic acids in honey by capillary zone electrophoresis

Références bibliographiques

with direct ultraviolet detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.1541–1550.

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.

Makhloufi K-M. (2011) : Caractérisation d'une Bactériocine produite par une bactérie lactique *Leuconostoc Pseudomesenteroides* isolée du boza, thèse de doctorat de l'université pierre et marie curie, France, 1-200.

Matovic K., Ciric J., Kaljevic V., Nedic N., Jevtic G., Vaskovic N. and Baltic M.Ž. (2018).Physicochemical parameters and microbiological status of honey produced in an urbanenvironment in Serbia. *Environmental Science and Pollution Research*.

Massaux C. (2012). Polyphénols : des alliés pour la santé. Edition Abeilles & cie. 4-2012 n°149.

Marchenay P., Berard L.(2007). L'homme, l'abeille et le miel. Editions de Borée.,p.98.

Meda A., Lamien C., 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*.571-577.

Merah M., Bensaci B., Boudershem A. (2010). Étude de l'effet antimicrobien de trois échantillons du miel naturel récoltés du territoire algérien. *Annales des Sciences et Technologie* .115-125.

McLoone P., Warnock M., Fyfe L. (2016). Honey: A realistic antimicrobial for disorders of the skin. *Journal of Microbiology, Immunology Infection.*; 49: 161-167.

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

Molan P.C. (1992). «The antibacterial activity of honey.1.the nature of the antibacterial activity». *Bee world*.59-76.

Références bibliographiques

Molan P.E. (1998): A brief review of the use of honey as a clinical dressing. *Journal of the Australian Wounds Management*, (6), 148-58.

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

Münstedt K., Hoffman S., Hauenschild A., Bülte M., Von georgi R., Hackethal A.(2009). Effect of honey on serum cholesterol and lipid values. *Journal of Medicinal Food*. 624-8.

Nakib R., Ouelhadj A., Seijo coello M.C.(2022).Evaluation des caractéristiques physico-chimiques, antimicrobiennes et antiradicalaires de certains miels algériens d'origines florales et géographiques différentes. *Phytotherapie DOI 10.3166\phto-2022-0325.p.5*.

Nair S.(2014). Identification des plantes mellifères et analyses physicochimique des miels algériens. Thèse de doctorat en biologie. Université d'Oran. P 202.

Nusgens B.V., Humbert P., Rougier A. (2001). Topically applied vitamin C enhances the mRNA level of collagens I and III, their processing enzymes and tissue inhibitor of matrix metalloproteinase 1 in the human dermis.*Journal of Investigative Dermatology*. p. 853-859

Oliveira R., Jain S., Cândido L., Freitas L., Araújo E.(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.

Orsolich N., Basic I. (2004): « Honey as a cancer-preventive agent », *Periodicum Biologorum*106 (4): 397-401.

Orsolich N., Terzic S., Sver L., Basic I. (2005): « Honey-bee products in prevention and/or therapy of murine transplantable tumours », *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(3): 363-370.

Références bibliographiques

Ouchemoukh S., Louaileche H., Schweitzer P. (2007). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Chemistry*, 18:52-5

Ouchemoukh S. (2012). Caractérisation physicochimique, profils polliniques, glucidiques et phénoliques et activités antioxydantes de miel algériens. Thèse doctorat, Biochimie. Université Abderrahmane Mira de Bejaia, p 162.

Ouchemoukh S., Amessis-ouchemoukh N., Gomez-romero M., Aboud F., Guiseppe A., Fernandez-gutierrez 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. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie Food Science and Technology*. S0023-6438(16)30774-5 DOI: 10.1016.

Othman A. (2014) Antibacterial activity of bee and Yemeni Sidr honey against some pathogenic bacteria species. *International Journal Current Microbiology Application Science*.; 3(10): 1015-1025.

Owayss A., Elbanna K., Abulreesh H. (2020). In vitro antimicrobial activities of Saudi honeys originating from *Ziziphus spina-christi L. and Acacia Gerrardii Benth. trees*. *Food Science and Nutrition*. 8:390–401.

Pascoal A., Lopes S., Estevinho L., Carvalho M. (2013). Effect of temperature on quality of honey Mountain Research Centre (CIMO), School of Agriculture.

Petit N. (2012) .Le miel au secours de la médecine conventionnelle. www.sacree-planete.com/PDF/M52P572.

Pita-calvo C., Vazquez M. (2017). *Trends in Food Science & Technology* 59 79.

Ponce, A. G., Fritz, R., Del Valle, C., 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.

Ravazzi J. (2007): « *L'abeille et l'apiculture* ». Ed. De Vecchi, P 155.

Rigal M.L. (2012) : Miel et gelée royale: utilisations thérapeutiques dans le domaine cutané et applications en cosmétologie, Thèse d'exercice. France: Université de Limoges. Faculté de médecine et de pharmacie.

Références bibliographiques

- Rossant A. (2011).** Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Université Limogne : faculté de pharmacie. N85.132P.
- Russell, K. M., Molan, P. C., Wilkins, A. L., & Holland, P. T. (1988):** The identification of some antibacterial constituents of New Zealand Manuka honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38, 10-13.
- Saba Z.H., Yusoff K.M., Makpol S., 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.
- Salcido RS.(2008).** Honey: is apitherapy an emergency ? *Advances in Skin & Wound Care* .p. 552
- Salwa H.A., Maher A. (2014).** Antibacterial Potential and Physicochemical Properties. *Global Advanced Research Journal*, 3 (3): 049-058.
- Sana H. (2017).**Étude des propriétés physicochimiques et antioxydants du miel soumis au vieillissement accéléré. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme master académique, Université A. MIRA – Bejaia. 40p.
- Schweitzer P. (2004).** Les critères de qualité du miel. *Revue l'abeille de France* N°916 laboratoire d'analyse et d'écologie apicole.2p.
- Schweitzer P. (2005):** « Un miel étrange... ». *Revue : Abeille de France*. Laboratoire d'analyse et d'écologie apicole. 3-6 P.
- Schweitzer (2012) :** L'adultération des miels & les OGM dans le miel, 1-5p.
- 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.
- Sime D., Atlabachew M., Abshiro M. R., 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.

Simon A., Traynor K., Santos K., Blaser G., Bode U., Molan P. (2008): Medical honey for wound care - still the 'Latest Resort'. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 10,1093

Singh N., Bath PK. (1997). Quality evaluation of different types of Indian honey. *Journal Food Chemistry*, 58:129–133.

Slačanac V., Lučan M., Hardi J., Krstanović V. and Komlenić D-K. (2012): Fermentation of Honey-Sweetened Soymilk with *Bifidobacterium lactis* Bb-12 and *Bifidobacterium longum* Bb- 46: Fermentation Activity of Bifidobacteria and in vitro Antagonistic Effect against *Listeria monocytogenes* FSL N1-017. *Czech journal of food sciences* : 321–329.

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

Swellam T., Miyanaga N., Onozawa M., Hattori K., Kawai K., Shimazui T., Akaza H. (2003): « Antineoplastic activity of honey in an experimental bladder cancer implantation model: in vivo and in vitro studies », *International Journal of Urology*. 213-9.

Tetart G. (2004) : Diététique Naturelle et Santé « Parfaite » Les Produits apicoles, XVIIème Congrès de l' AISLF. Cr 17 «Sociologie et Anthropologie de l'alimentation». 1-9.

Tomczak C. (2010).Utilisation du miel dans le traitement des plaies.187p. Revue bibliographique ; école nationale vétérinaire de Lyon.

Tonks AJ, Cooper RA, Jones KP, Blair SJ, Parton GH, Tonks A (2003). Honey stimulates inflammatory cytokine production from monocytes. *Cytokine*, 17: 21-23.

Tourneret E.(2015). Le peuple des abeilles. Disponible sur : <http://www.thehoneygatherers.com/> (page consultée le 16/01/2015).

Toullec, A.N.K. (2008): Abeille noire, *Apis mellifera mellifera*. Historique et sauvegarde. Thèse de Doctorat Vétérinaire. Faculté de Médecine de Créteil. 168p.

- Truzzi C., Annibaldi A., Illuminati S., Finale C., Scarponi Giuseppe. (2014).** Determination of proline in honey: Comparison between official methods, optimization and validation of the analytical methodology. *Food Chemistry*, 150, 477–481
- Unaf.(2011).** L'abeille, l'arbre et la forêt. Abeilles et Fleurs, hors-série Spécial, p.6-7.
- Unaf.(2013).** Les trésors de la ruche: tous les bienfaits des abeilles. Abeilles et Fleurs hors-série Spécial, p.7.
- Valdés-Silverio L.A., Iturralde G., García-Tenesaca M., Paredes-Moreta J., A Narváez- Narváez D., Rojas-Carrillo Maira., Tejera E., Beltrán-Ayala P., Alvarez-Suarez G.F., J M. (2018).** Physicochemical parameters, chemical composition, antioxidant capacity, microbial contamination and antimicrobial activity of Eucalyptus honey from the Andean region of Ecuador. *J. home.*
- Yaiche A., Khali M. (2014).** « Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques ». *Afrique Science*. 127 – 136.
- Yatsunami K. and Echigo T. (1984):** Antibacterial action of honey and royal jelly (japanisch), *Honeybee Science* 5, 125-130.
- Yücel Y. and Sultanoglu P. (2013).** Characterization of honeys from Hatay region by their physicochemical properties combined with chemometrics. *Food Bioscience*, 1, 16–25.
- Zerrouk S ., Fallico G., Arena E., Ballistreri G., Boughediri L. (2011) .**Quality Evaluation of Some Honey from the Central Region of Algeria. *Jordan Journal of Biological Sciences* .4. 4: 243 – 248.

ANNEXES

- **Annexe I**

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

Réactifs	Protocole de preparation
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.
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.

- Annexe II

Tableau : 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	1,4830	21,4
1,5038	13,2	1,4930	17,4	1,4825	21,6
1,5033	13,4	1,4925	17,6	1,4820	21,8
1,5028	13,6	1,4920	17,8	1,4815	22,0
1,5023	13,8	1,4915	18,0	1,4810	22,2
1,5018	14,0	1,4910	18,2	1,4805	22,4
1,5012	14,2	1,4905	18,4	1,4800	22,6
1,5007	14,4	1,4900	18,6	1,4795	22,8
1,5002	14,6	1,4895	18,8	1,4790	23,0
1,4997	14,8	1,4890	19,0	1,4785	23,2
1,4992	15,0	1,4885	19,2	1,4780	23,4
1,4987	15,2	1,4880	19,4	1,4775	23,6
1,4982	15,4	1,4875	19,6	1,4770	23,8
1,4976	15,6	1,4870	19,8	1,4765	24,0
1,4971	15,8	1,4865	20,0	1,4760	24,2
1,4966	16,0	1,4860	20,2	1,4755	24,4
1,4961	16,2	1,4855	20,4	1,4750	24,6
1,4956	16,4	1,4850	20,6	1,4745	24,8
1,4951	16,6	1,4845	20,8	1,4740	25,0
1,4946	16,8	1,4840	21,0		
1,4940	17,0	1,4835	21,2		

• Annexe III

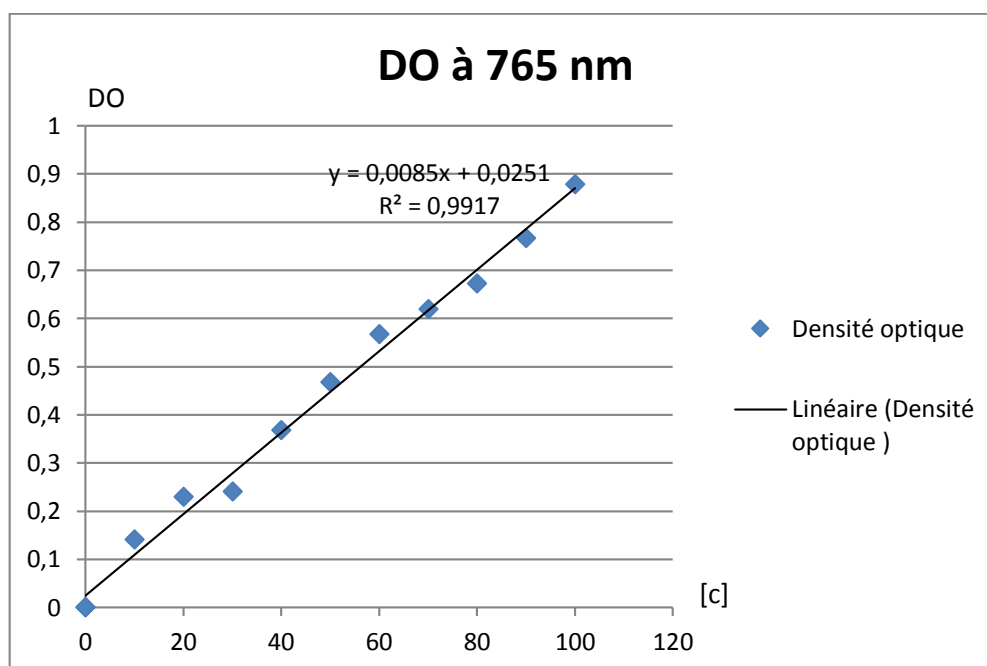


Figure 02 : Courbe d'étalonnage des polyphénols

Tableau II : 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 IV

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

Activité antimicrobienne	Degré de sensibilité	Diametre de la zone d'inhibition
Extremement sensible	+++	Plus de 20 mm
Très sensible	++	15mm à 19 mm
sensible	+	8mm à 14mm
Non sensible	\	Moins de 8mm

• Annexe VI

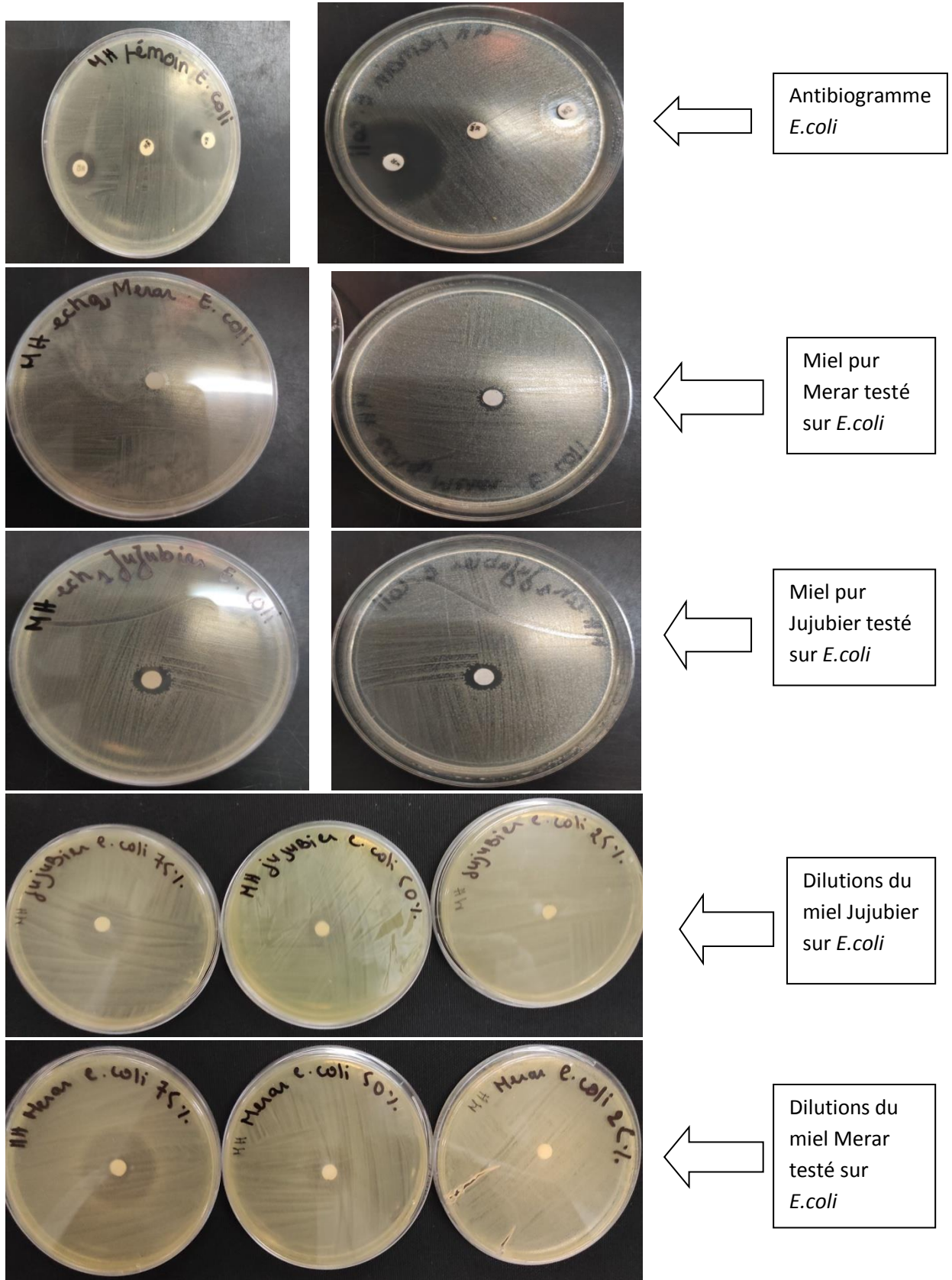


Figure 04 : Effet antibactérien des miels testés sur *Escherichia Coli*

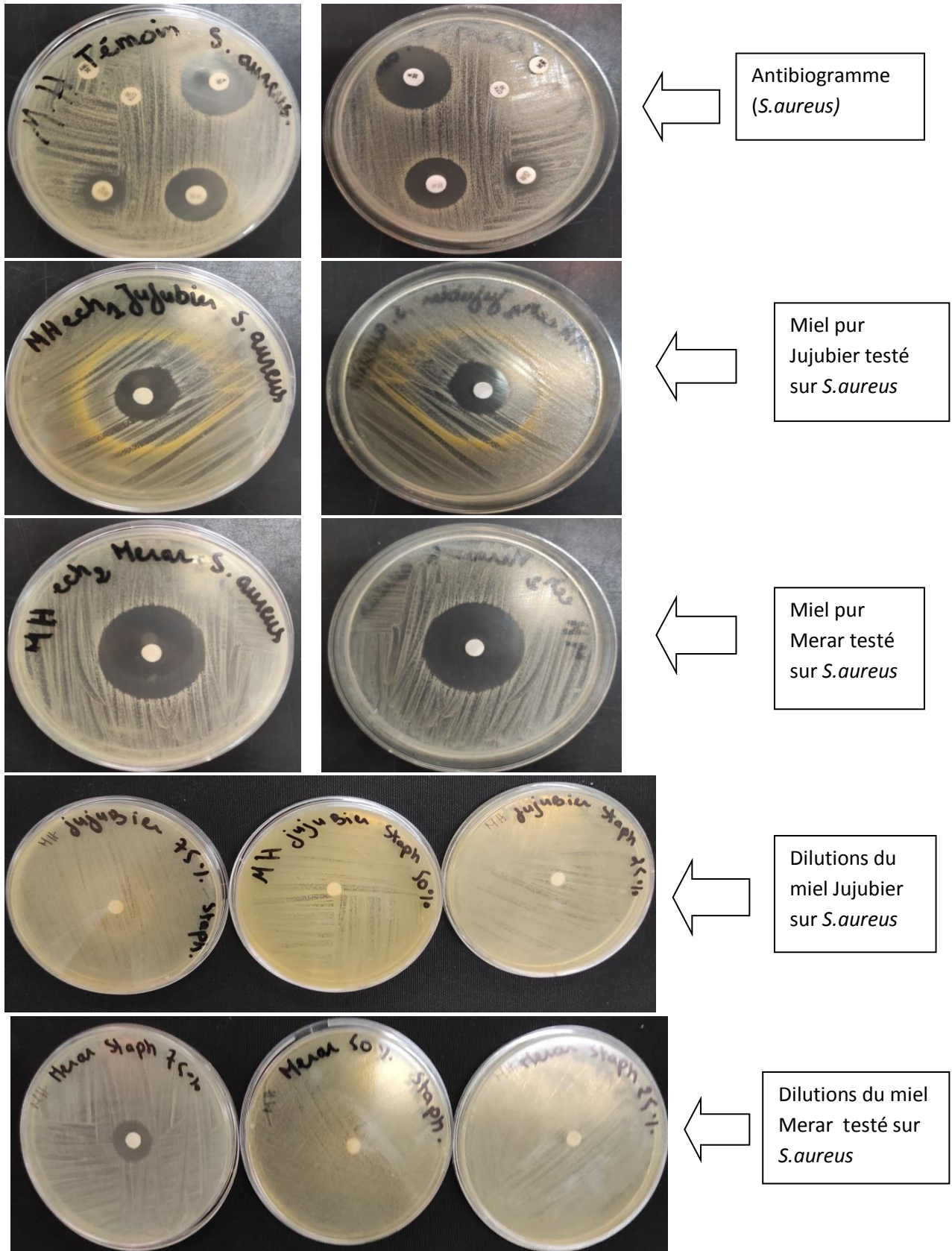


Figure 06: Effet antibactérien des miels testés sur *Staphylococcus aureus*

Résumé

Dans le présent travail, deux échantillons de miel issus de la région de Djelfa en Algérie, ont été analysés pour leur propriétés physico-chimiques ainsi que leur teneur en composés phénoliques et ont été testés également pour leur activité antioxydante réalisée avec du 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) et ainsi que pour leur activité antimicrobienne.

L'analyse des deux échantillons a démontré qu'ils répondaient aux normes internationales du codex alimentarius, à l'exception des Hydroxymethylfurfural (HMF) qui étaient légèrement supérieurs aux normes exigées et ceci est relatif à l'origine géographique des deux miels. L'évaluation de l'effet antioxydant a démontré que le miel Merar avait une meilleure activité que celui du Jujubier et ceci revient au fait qu'il soit plus riche en polyphénols totaux. Les analyses physicochimiques effectuées confirment le rôle et l'influence de l'origine botanique et géographique.

L'évaluation *in vitro* de l'activité antibactérienne, a révélé des capacités significatives contre toutes les bactéries étudiées. L'échantillon de miel Merar a eu plus d'effet sur la bactérie Gram+ testée (*Staphylococcus aureus*) tandis que le miel Jujubier a eu plus d'efficacité vis-à-vis des bactéries Gram- (*E.coli* et *P.aeruginosa*).

Mots clés : Miel – Activité antioxydante – Activité antimicrobienne-Polyphenols- Physico-chimiques.

Abstract

In the present work, two type of honey from Djelfa (Algeria), were analyzed for their physicochemical properties, phenolic compounds, antioxidant activity realized with 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and tested for their antimicrobial activity.

The analysis of the two type of honey showed that they respond to the international standards of the Codex Alimentarius, with one exception to Hydroxymethylfurfural (HFM) which was higher than the required standards and this relates to the geographical origin of the two honeys.

The evaluation of the antioxidant effect showed that Honey Merar had a better activity than that of Jujube because ‘Merar’ is richer in total polyphenols. The physicochemical analyses carried out confirm the role and influence of the botanical and geographical origin. The in vitro evaluation of the antibacterial activity revealed significant capacities against all the bacteria studied.

The Merar honey had more effect on the Gram+ bacteria tested (*Staphylococcus aureus*) while the Jujubier honey had more efficiency against Gram- bacteria (*E.coli* and *P.aeruginosa*).

Keywords: Honey – Antioxidant activity – Antimicrobial activity-Polyphenols- Physico-chemicals