

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERRI, TIZI-OUZOU

FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET SCIENCES AGRONOMIQUES

DÉPARTEMENT DE SCIENCES ALIMENTAIRES



**Mémoire de fin de cycle
en vue de l'obtention du diplôme de Master II en :**

Filière: Sciences Alimentaires

Spécialité: Sécurité Agro-Alimentaire et Assurance Qualité

Présenté par :

AMEUR HICHEM

FALI SARAH

Thème:

***Miel aromatisé avec l'huile essentielle de zeste de citron et
l'huile essentielle d'eucalyptus : Evaluation qualitative et
gustative***

Devant le jury d'examen composé de :

Mr. SADOUDI.R	MCA	UMMTO	Président
Mr. DJENANE.DJ	Professeur	UMMTO	Promoteur
Mr. BENGANA.M	MCA	UMMTO	Examineur

Année universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENTS

Nous remercions notre Dieu miséricordieux de nous avoir amené à réaliser ce projet et de nous avoir donné la possibilité de poursuivre nos études supérieures et de les réussir.

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre promoteur **Pr.DJENANE Djamel**, pour son dynamisme scientifique, son aide, sa rigueur, sa disponibilité et sa sympathie. Nous vous prions de trouver ici l'expression de notre respect et de notre profonde reconnaissance.

On remercie **Dr. TITOUCHE Yacine** pour les souches bactériennes qui nous a fourni.

On remercie le personnel **d'ISSER DELICE** pour leurs conseils, leurs compétences, leur gentillesse, leur bonne humeur et leur patience à notre égard.

On remercie également **M.SADOUDI R**, qui nous a fait l'honneur de présider le jury de notre mémoire.

On remercie également **M. BENGANA. M**, de bien vouloir accepter de juger et d'examiner notre travail.

Un grand merci à tous les enseignants du département de Sciences Biologiques et Agronomiques de l'UMMTO qui nous ont permis d'acquérir le savoir durant notre cursus universitaire.

Enfin, merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Hichem & Sarah.

Avec l'aide d'Allah le tout puissant, j'ai pu réaliser ce modeste travail

Que je dédie à :

*Mes chers parents : ma mère **Wahiba** et mon père **Amar** qui ont sacrifié leur vie pour moi, qui m'ont tout donné, et qui ont toujours été l'appui et la force dont j'avais besoin, sans eux je ne pourrais jamais avancer. Merci pour leurs amours, patience, soutien inconditionnel ; je ne les remercierai jamais assez, que Dieu les garde et les protège.*

*Mes chères sœurs **Maria** et **Lydia** qui me donnent tant d'amour et à qui je souhaite beaucoup de bonheur et succès.*

A toute personne qui m'a donnée du courage, du soutien et de l'amour, depuis mon enfance.

*Une pensée particulière à ma grand-mère **Fatma** et à mon grand-père **Amar**, malheureusement plus dans ce monde, qui m'ont toujours motivé pour aller jusqu'au bout de mes objectifs, puisse Dieu les accueillir dans son vaste paradis.*

Ainsi qu'à tous mes amis (es) universitaires, avec qui j'ai passé des moments agréables et inoubliables, je leur souhaite un beau parcours professionnel.

Sarah



Dédicaces

Je dédie ce travail

*À mes parents pour leur amour, leur confiance et leur soutien tout au
longue de ces années.*

À mes sœurs et A tous mes amis et proches.

HICHEM

Tables des matières

LISTE DES ABRÉVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ANNEXES

INTRODUCTION..... 1

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LE MIEL

1. Historique	3
2. Définition	4
3. L'origine du miel	4
3.1 Le nectar	4
3.2 Le miellat	5
4. Classification du miel selon l'espèce botanique	5
4.1 Miel monofloraux	5
4.2 Miel polyfloraux	6
5. Formation du miel	6
. Colonie d'abeille	6
. Ruche d'abeille	7
. Butinage	8
. Transformation du miel en nectar.....	8
6. La composition chimique du miel	10
6.1 L'eau	12
6.2 Les hydrates de carbone	12
6.3 Les acides	12
6.4 Les protéines et les acides aminés	13
6.5 Les vitamines	13
6.6 Les sels minéraux	13
6.7 Les enzymes	13
6.8 Les substances aromatiques	14
6.9 Les pigments	14

6.10 Les lipides	14
6.11 L'hydroxyméthylfurfural	14
6.12 Autres éléments présents.....	15
7. Les caractéristiques du miel.....	15
7.1 Les caractéristiques nutritionnelles du miel.....	15
7.2 Les caractéristiques organoleptiques du miel	15
7.2.1 La couleur	16
7.2.2 La texture	16
7.2.3 L'odeur.....	16
7.2.4 Le goût et l'arôme	16
7.3 Les caractéristiques biologiques du miel	18
7.3.1 Propriétés anti oxydantes	18
7.3.2 Propriétés antibactériennes	18
Effet osmotique	19
Le pH	19
Le peroxyde d'hydrogène (inhibine)	19
7.3.3 Propriétés thérapeutiques	20
7.3.3.1 Propriétés anti-inflammatoire et cicatrisantes	20
7.3.3.2 Propriétés respiratoires.....	20
7.3.3.3 Propriétés anti néoplasiques (anti cancéreuses).....	21
7.3.3.4 Propriétés digestives.....	21
7.3.3.5 Effet métabolique	21
7.3.3.6 Propriétés ophtalmologiques.....	22
7.3.3.7 Propriétés cosmétologiques	22
7.3.3.8 La qualité sanitaire du miel	22
7.4 Les caractéristiques physico-chimiques du miel	24
➤ Caractéristiques physiques.....	24
1-La densité.....	24
2-La viscosité	24
3-L'hygroscopie du miel	24
4-La solubilité	24

5-L'indice de réfraction.....	24
6-La conductibilité électrique	25
7-La conductibilité thermique.....	25
8-Le pH et acidité	25
➤ Caractéristiques chimiques	25
1-La teneur en eau	25
2-La teneur en cendre	26
3-Dosage des sucres.....	26
4- L'activité enzymatique (diastasique)	26
5- L'hydroxyméthylfurfural.....	27
6- Dosage des protéines.....	27
8. Les étapes d'extraction du miel.....	27
• La désoperculations des cadres	27
• L'extraction du miel.....	28
• Filtration et Maturation.....	28
• La conservation du miel.....	28

CHAPITRE II : LES HUILES ESSENTIELLES.

1. Définition	29
2. Historique.....	29
3. L'huile essentielle d'eucalyptus et l'huile de zeste de citron.....	30
3.1 L'huile essentielle d'eucalyptus	30
3.2 La composition chimique de l'huile essentielle d'eucalyptus	31
3.3 L'huile essentielle de zeste de citron.....	31
3.4 La composition chimique de l'huile essentielle de zeste de citron.....	32
4. Les procédés d'extraction des huiles essentielles	32
4.1 La méthode d'Hydro distillation	33
4.2La méthode d'entraînement à la vapeur	34
4.3La méthode d'extraction par solvant	35
4.4 La méthode d'expression à froid	36

4.5 La méthode d'extraction par micro-ondes	37
---	----

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

1 Matériel et méthodes	39
1. L'objectif.....	39
2. Lieu et période de travail.....	39
3. Matériel	39
3.1 Matériel végétal	39
3.2 Matériel de laboratoire	40
4. Évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles	42
4.1 Microorganisme testé (<i>Bacillus cereus</i> ATCC 14579)	42
4.2 Test microbiologique.....	43
4.2.1 La revivification.....	43
4.2.2 Le dénombrement	43
4.2.3 Évaluation qualitative de l'activité antibactérienne des huiles essentielle	44
• Par diffusion sur gélose.....	44
• Diffusion par disque	45
4.2.4 Évaluation quantitative de l'activité antibactérienne des He's (CMI).....	46
5. Analyses des paramètres physico-chimiques de miel	47
5.1 Le taux de sucre	47
5.2 Teneur en eau	48
5.3 L'activité de l'eau	48
5.4 Le pH	49
6. Analyses microbiologiques	49
7. Analyse sensorielle	50
7.1 L'objectif.....	50
7.2 Le déroulement de la dégustation.....	51

CHAPITRE IV : RESULTATS & DISCUSSION

IV-1 Résultats	52
1. Résultats de l'évaluation de l'activité antibactérienne.....	52
1.1 Résultats de l'évaluation qualitative de l'activité antibactérienne des he's ...	52
Méthode de diffusion par disque.....	52
1.2 Résultats de l'évaluation quantitative de l'activité antibactérienne des he's	54
• Détermination de la concentration minimale inhibitrice CMI.....	54
2. Résultats des analyses physico-chimiques.....	56
2.1 Taux d'humidité.....	56
2.2 Le pH.....	57
2.3 Degrés Brix	58
2.4 L'activité de l'eau	58
3. Résultats des analyses microbiologiques	59
4 Résultats de l'analyse sensorielle	59
4.1 La couleur.....	59
4.2 L'odeur.....	60
4.3 La saveur	61
4.4 L'aspect général.....	61
4.5 L'échantillon préféré	62
IV-2 Discussion des résultats	64
1. Évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles.....	64
1.1 Évaluation qualitative et quantitative de l'activité antimicrobienne des He's.	64
2. Analyses Physico-chimiques.....	66
2.1 L'humidité	66
2.2 Degrés Brix.....	67
2.3 Le pH.....	67
2.4 L'activité de l'eau.....	68

3. Analyses microbiologiques	68
4. Conclusion	70
5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE	
6. ANNEXES	

Liste des abréviations

%	Pour cent
Abs	Absence
ATCC	American type culture collection
Aw	Activité hydrique (Water activity)
BHIB	BrainHeart Infusion Broth
C °	Degré Celsius
Cal/ cm.s.c°	Calorie par Centimètre par seconde et par Degré Celsius
CMI	Concentration minimale inhibitrice
Co₂	dioxyde de carbone
Ech1	Echantillon 1
Ech2	Echantillon 2
Ech3	Echantillon 3
FAO	FOOD and Agriculture ORGANISATION
FDA	Food and Drug Administration
FEMA	Flavor and Extract Manufacturers association
g/cm³	Gramme par centimètre cube
g/kg	Gramme/kilogramme
h	heure
HDL	High DensityLipoprotein
HE	Huile Essentielle

HE's	Les huiles essentielles
HMF	Hydroxyméthylfurfural
LDL	LowDensityLipoprotein
Meq/kg	Milliéquivalent par kilogramme
mg	Milligramme
MH	Mueller-Hinton
ml	Millilitre
mm	Millimètre
pH	Potentiel d'hydrogène
UFC/g	ColonyForming Unit/gramme
UFC	ColonyForming Unit/millilitre
µl	Microlitre
NB	Notez bien

Liste des tableaux

Numéro du tableau	Titre de tableau	La page
CHAPITRE I		
Tableau I	Les principales différences entre le miel de nectar et le miel de miellat	5
Tableau II	Composition chimique du miel	9
Tableau III	Critères de qualité du miel selon Codex Alimentaire et l'UE	23
CHAPITRE II		
Tableau I	La composition chimique de l'huile essentielle d'eucalyptus	30
Tableau II	La composition chimique de l'huile essentielle de zeste de citron	32
CHAPITRE III LA PARTIE EXPÉRIMENTALE		
Tableau I	Appareils utilisés lors de notre étude	40
Tableau II	Verreries et autres	41
Tableau III	Produits et milieux de culture	42
Tableau IV	Résultats des CMI ($\mu\text{l}/\text{mL}$) pour <i>Bacillus cereus</i> (ATCC 14579)	54
Tableau V	Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques des échantillons de miel	56
Tableau VI	Résultats des analyses microbiologiques	59
Tableau VII	Récapitulatif des diamètres d'inhibitions en mm et des CMI en $\mu\text{l}/\text{ml}$	64

Liste des figures

N° de la figure	Le titre de la figure	La page
Chapitre I		
Figure 1	Ruche d'abeilles	7
Figure 2	Anatomie interne d'une abeille ouvrière	8
Figure 3	Désopercussions de cadre	10
Figure 4	Extraction du miel dans un extracteur	10
Figure 5	La roue des odeurs et des arômes des miels.	17
Chapitre II		
Figure 1	La plante d'eucalyptus	30
Figure 2	Le fruit du citronnier	32
Figure 3	Alambic d'hydrodistillation	34
Figure 4	Alambic d'entraînement à la vapeur	35
Figure 5	Les différents types d'extraction par solvants volatils	36
Figure 6	Schéma du montage de l'expression à froid	37
Figure 7	Principe schématisé de l'appareillage d'hydro distillation sous micro-ondes	38
LA PARTIE EXPÉRIMENTALE		
Figure 1	Huile essentielle d'eucalyptus	39
Figure 2	Huile essentielle de zeste de citron	39
Figure 3	Les échantillons de miels.	40
Figure 4	La souche bactérienne fournie (<i>Bacillus</i>	43

cereus ATCC 14579)

Figure 5	La préparation de l'inoculum	45
Figure 6	Le dépôt de disque sur la gélose MH après ensemencement.	46
Figure 7	Pesée de 5g de miel dans le dessiccateur.	48
Figure 8	Analyse microbiologique du miel	50
Figure 9	Résultats de l'activité antibactérienne de l'HE d'eucalyptus exprimés par le diamètre d'inhibition.	52
Figure 10	Résultats de l'activité antibactérienne de l'HE de zeste de citron exprimés par le diamètre d'inhibition.	53
Figure 11	Diagramme des zones d'inhibition générés par les disques des huiles essentielles vis-à-vis la souche testée. (<i>Bacillus cereus</i> (ATCC 14579))	53
Figure 12	Représentation graphique du taux d'humidité de chaque échantillon de miel analysé	57
Figure 13	Représentation graphique du pH des échantillons de miel	57
Figure 14	Représentation graphique du degré Brix des échantillons de miel	58
Figure 15	Représentation graphique de l'activité de l'eau des échantillons de miel	58
Figure 16	Histogramme des attributs de couleur pour les trois miels	60
Figure 17	Histogramme des attributs de l'odeur pour les trois	60

miels

Figure 18	Histogramme des attributs de la saveur pour les trois miels	61
Figure 19	Histogramme des attributs de l'aspect général des trois miels	62
Figure 20	Proportion des personnes relatives sur l'échantillon préféré.	63

Liste des annexes

Numéro de l'annexe	Le titre de l'annexe
ANNEXE I	Résultats de la revivification et le dénombrement
ANNEXE II	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°39
ANNEXE III	La grille de l'analyse sensorielle
ANNEXE IV	Résultats de l'analyse microbiologique de miel naturel
ANNEXE V	Résultats de l'analyse microbiologique de miel aromatisé avec l'He d'eucalyptus
ANNEXE VI	Résultat de l'analyse microbiologique de miel aromatisé avec l'He de zeste de citron
ANNEXE VII	Structure membranaire des bactéries Gram- et Gram+
ANNEXE VIII	Matériels utilisés

INTRODUCTION GENERALE

Les produits de la ruche comprennent le miel, le pollen, la gelée royale, la propolis, la cire et le pain d'abeille. Ils ont, depuis toujours, suscité beaucoup d'intérêt grâce à leurs propriétés thérapeutiques et diététiques. De nos jours, l'usage par l'homme de ces produits à des fins médicinales constitue un domaine d'études à part entière qui est l'apithérapie (**Fratellone et al., 2016**).

Ainsi, le miel est depuis des millénaires exploité par l'homme. Il a toujours été apprécié, d'une part pour ses qualités gustatives et d'autre part, pour ses nombreuses vertus thérapeutiques démontrées à plusieurs reprises par des études scientifiques. Ses usages empiriques ont traversé les siècles mais l'avènement de la chimie moderne les a progressivement fait tomber dans l'oubli (**Jones, 2009**).

La production de miel en Algérie reste très basse par rapport aux potentiels mellifères que le pays possède, en effet la diversité végétale et les conditions climatiques favorables pour les abeilles ainsi que les ressources naturelles très variées des zones rurales du littoral pourraient si elles sont bien exploitées propulser la production nationale du miel (**Candiracci et al., 2012**).

En parallèle les huiles essentielles sont les métabolites secondaires des végétaux les plus étudiées et ont suscité, ces dernières années, un intérêt croissant dans de nombreux domaines pharmaceutique, agroalimentaire et cosmétique, notamment par leurs propriétés antioxydant et antimicrobienne (**Bakkali et al., 2008 ; Djenane et al., 2017**). La dynamique de marché des huiles essentielles est soutenue par une demande sans cesse croissante en ingrédients naturels, ce qui a poussé les industriels des secteurs agroalimentaire, cosmétique et pharmaceutique davantage à les intégrer dans leurs formulations. La substitution d'un produit de synthèse par une huile essentielle permet d'accroître la valeur ajoutée (**Kerdudo et al., 2014**).

Différentes plantes aromatiques sont caractérisées par la synthèse de molécules odorantes qui constituent ce qu'on appelle les huiles essentielles ou essences connues depuis longtemps pour leur activité antiseptique et leur activité thérapeutique dans la médecine populaire (**Siddiqui et al., 2003**).

L'Algérie, grâce à sa situation géographique et son climat, abrite un grand nombre de plantes médicinales et aromatiques dont la plupart est exploitée dans des conditions artisanales et marginales par rapport aux modalités modernes de production et de valorisation.

Dans ce contexte, le principal objectif ciblé dans ce travail est d'évaluer le miel aromatisé avec l'huile essentielle de citron et avec celle d'eucalyptus. La plante d'eucalyptus est l'une des plantes médicinales les plus utilisées à travers le monde (**Boubric et al., 2007**).

Pour atteindre cet objectif, il nous a semblé nécessaire de procéder expérimentalement à :

-L'évaluation des activités antimicrobienne des huiles essentielles des variétés sélectionnées (HE de zeste de citron et HE d'eucalyptus) sur la souche *Bacillus cereus* (ATCC 14579).

-Des analyses physico-chimiques (pH, degrés de Brix, taux d'humidité et l'activité de l'eau) et microbiologiques (levures et moisissures) de miel nature et aromatisé avec ces huiles essentielles.

-L'analyse sensorielle (goût, couleur, odeur, saveur et aspect général).

CHAPITRE I : **GENERALITES SUR LE MIEL**

1. Historique

La plus ancienne représentation des relations Homme- Abeille date de la période du Néolithique : elle concerne une peinture rupestre datant de 7 000 ans avant Jésus- Christ, trouvée sur les parois d'une grotte espagnole de la région de Valence, et montrant une Silhouette humaine pratiquant la récolte du miel à l'aide d'un panier.

Le miel était largement utilisé comme édulcorant, il entrait aussi dans la composition de médicaments et dans celle des parfums préparés dans les temples, seul le miel blanc donc pur, était destiné pour la consommation royale ou divine, alors que le miel de second choix était réservé à la consommation courante.

En Egypte, l'abeille était exploitée dès 2 400 ans avant Jésus-Christ, le papyrus égyptien a permis de découvrir une quantité de préparations à base de miel guérissant toutes les blessures, maladies du tube digestif, des reins, des yeux, etc

Hippocrate ait largement contribué à préconiser l'utilisation du miel en alimentation et en médecine, car il connaissait bien sa valeur nutritive, son goût agréable associé à son fort pouvoir sucrant, ses vertus bénéfiques en diététique, et certaines de ses propriétés thérapeutiques, cuire avec du chou il s'avérait excellent pour traiter la colique et la dysenterie, qu'il facilitait la cicatrisation des plaies, mettait à profit ses propriétés émollientes, toniques et rafraîchissantes en dentisterie, le préconisait contre les ulcères et les hémorroïdes, associé mélilot etc.

Au plan gastronomique, les Grecs avaient élaboré de nombreuses recettes de plats sucrés et de gâteaux faits de fromages mélangés au miel ont été décrits à la fin Vème siècle avant Jésus-Christ, par Euripide comme étant ce que l'on fait de meilleur.

Le Christianisme amène l'augmentation de la production de miel et de la cire, celle-ci étant utilisée à des fins religieuses pour la production des bougies.

Le Coran par ailleurs ne manque pas de louer les vertus du miel.

«Ensuite, mangez de tous les fruits, et suivez les sentiers de votre Seigneur en toute humilité. De leurs ventres, sort une liqueur, aux couleurs variées, dans laquelle il y a une guérison pour les gens. Il y a vraiment là une preuve pour des gens qui réfléchissent. » (**Sourate An-Nahl verset 69**)

L'utilisation du miel toujours d'importance au Moyen Âge et à la Renaissance, la cuisine et très souvent à base de miel et les plats sont diversifiés et fort prisés (**Viel et al., 2003**).

2. Définition

Le miel est la substance naturelle sucrée produite par les abeilles à partir du nectar de plantes ou à partir de sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou à partir d'excrétions d'insectes butineurs laissées sur les parties vivantes de plantes, que les abeilles butinent, transforment en les combinant avec des substances spécifiques qu'elles sécrètent elles-mêmes, déposent, déshydratent, emmagasinent et laissent affiner et mûrir dans les rayons de la ruche (**Codex Alimentarius, 2019**).

Le miel est donc un produit 100% naturel, l'homme n'intervient absolument pas dans sa fabrication. Le travail de l'apiculteur consiste seulement à fournir aux abeilles des conditions favorables, puis à récolter le miel, à s'assurer qu'il soit de bonne qualité et qu'il se conserve correctement.

3. L'origine du miel

Il existe deux types des miels:

Miel de nectar et miel de miellat.

3.1- Le nectar :

Liquide sucré plus ou moins visqueux, riche en glucides, sécrété par les nectaires des plantes. (En attirant les insectes butineurs [abeilles, papillons, etc.], le nectar joue un rôle important dans la pollinisation des espèces végétales dites entomophiles (**Bonté et al., 2013**).

Dans la ruche, les abeilles ouvrières femelles non reproductrices (à partir de leur dixième jour de vie) vont se transmettre ce nectar qu'elles transformeront en miel, on parle alors de miel de nectar (c'est le cas pour les miels de lavande, châtaignier, fleurs, sumac, arbousier, montagne, romarin...).

Les principaux constituants du nectar sont l'eau et les sucres (saccharose, glucose et fructose), sa concentration joue un rôle majeur dans le butinage, les plantes dont le nectar est très riche en eau (faible concentration en sucre) étant réputées peu attractive pour les abeilles (**Lequet, 2010**).

3.2- Le miellat :

Le miellat est un produit sucré, riche en azote, en acide organique, en minéraux et sucres complexes.

C'est un excrétât, il est produit à partir de la sève des plantes par des insectes suceurs (pucerons, cochenilles...)(Lequet,2010).

Tableau I : Les principales différences entre le miel de nectar et le miel de miellat (Bruneau, 2002).

Composants	Miel de nectar	Miel de miellat
pH	3,9	4,5
Minéraux (cendres)	0,26%	0,58%
Fructose & Glucose	74%	61,6%
Mélézitose	0,2%	8,6%
Raffinose	0,03%	0,84%
Maltose et iso maltose	7,8%	9,6%

4. Classification du miel selon l'espèce botanique

On distingue deux types de miel, monofloraux et polyfloraux.

4.1- Miel monofloraux:

Sont les miels qui proviennent principalement d'une seule origine botanique, on ne peut pas certifier qu'un miel est monofloral à 100%, car ce n'est pas possible de savoir si les abeilles ont bien butiné le nectar d'un seul genre floral ; par contre on peut identifier les espèces végétales dominantes visitées par les abeilles en appliquant la palynologie, cette identification

met en avant l'espèce prédominante dans le miel concerné (**Jean-Prost et al., 2005 ; Bogdanov, 2016**).

Les principaux miels monofloraux :

- Miel de bruyère callune
- Miel d'eucalyptus
- Miel de romarin
- Miel de thym
- Miel de lavande

4.2- Miel polyfloraux:

Sont les miels qui proviennent du nectar et/ou du miellat, de plusieurs espèces botaniques ; et sont les miels les plus fréquents et les plus vendus (**Bonté et al., 2013**).

Les principaux miels polyfloraux :

- Miel de causse
- Miel de haute montagne
- Miel de maquis
- Miel de montagne
- Miel de printemps
- Miel de forêt

5. Formation du miel

5.1. Colonie d'abeilles :

L'abeille est dotée de toutes les fonctions physiologiques vitales mais est incapable de survivre seule. Est un individu qui compose une société extrêmement complexe : la colonie d'abeilles. Une colonie d'abeilles contient de 10 000 à 50 000 ouvrières stériles, une femelle fertile et fécondée (la reine) et, durant le printemps et l'été, quelques mâles (les faux-bourçons) chargés de féconder la reine. Les abeilles mellifères, il s'agit d'*Apis mellifera*, « qui porte le miel » ne vivent que sous forme de colonie, du point de vue biologique et vétérinaire, c'est la colonie tout entière qui est considérée comme l'unité animale, tandis que

le rucher (ensemble de ruches hébergeant chacune une colonie) constitue l'unité épidémiologique(FAO,2021).

5.2 Ruche d'abeilles :

Est une sorte de contenant où loge une colonie d'abeilles, elle protège cette dernière du froid, de la chaleur, de la pluie et des prédateurs. Elle a généralement une seule entrée sa structure peut être verticale ou horizontale. Une ruche doit être suffisamment grande pour pouvoir héberger une colonie nombreuse mais aussi d'une façon que les abeilles peuvent à en contrôler la température surtout en hiver.

Lorsque l'homme a commencé la domestication d'abeille il a utilisé d'abord des ruches à rayons fixes formées d'une seule pièce, puis de plusieurs pièces (ruches à calottes ou à hausses). Ensuite il a utilisé un autre type qui est les ruches à rayons mobiles, ces rayons permettent à l'apiculteur de s'occuper des abeilles, de surveiller le développement de la colonie, de sélectionner les cadres à récolter sans les détruire et sans tuer les abeilles (FAO, 2021).

L'emplacement de la ruche doit être choisi avec diligence, il faudrait qu'il soit situé dans un milieu où il y a de nombreuses sources de nectar, de pollen et de l'eau. Un endroit abrité des courants d'air et éloigné des centres industriels (Ravazzi, 2007).



Figure 1 : Ruche d'abeilles

5.3. Butinage:

Les abeilles traversent plusieurs kilomètres pour récolter du nectar et du pollen, qui est une fine poussière produite par les organes mâles de la fleur appelés étamines. La fonction de ces dernières est d'atteindre le pistil, l'organe femelle des fleurs et de féconder l'ovule. L'abeille, en allant chercher le nectar et le pollen, pollinise donc de nombreuses plantes. Lorsqu'une abeille arrive sur une fleur, elle aspire le nectar avec sa trompe, ensuite elle le stocke dans une poche réservoir appelée jabot (c'est un renflement de l'œsophage de l'abeille) (Romano, 2009).

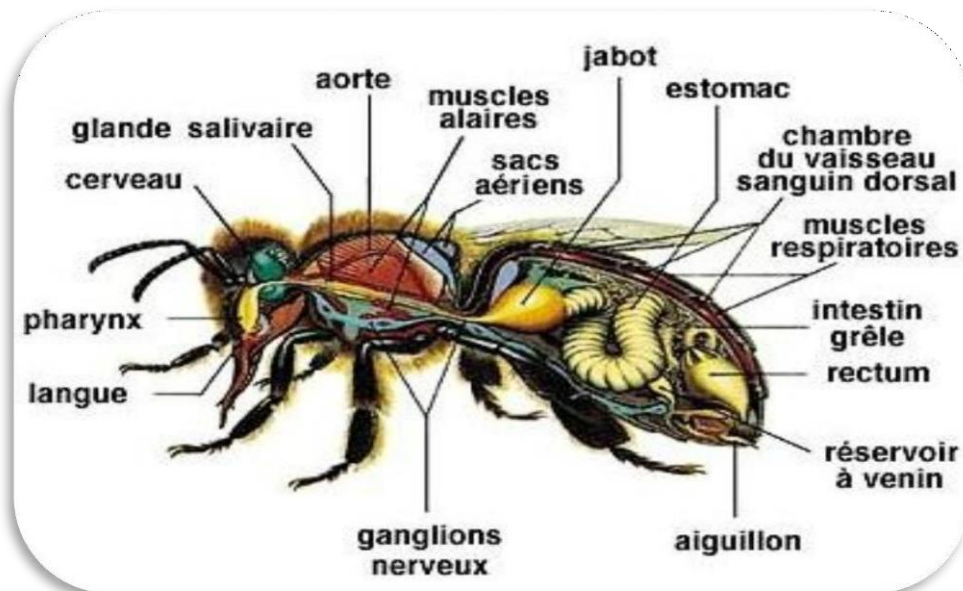


Figure 2 : Anatomie interne d'une abeille ouvrière.

5.4. Transformation du nectar en miel :

L'abeille aspire le nectar à l'aide de son appareil suçoir qui est composé d'un ensemble de pièces buccales qui sont parfaitement étanches, ce qui permet l'aspiration du liquide sucré par les muscles du pharynx, elle le dilue avec de la salive, mélange de sécrétions riches en enzymes, provenant des glandes pharyngiennes labiales et thoraciques, afin que l'aspiration soit plus facile.

Ensuite le nectar est envoyé dans l'œsophage puis dans le jabot, qui est ouvert du côté de l'œsophage et fermé par le proventricule du côté de l'intestin moyen.

La fonction de proventricule est de filtrer le contenu du jabot, d'envoyer les particules solides de petite taille (grains de pollen, spores de noséma et de loque, etc.) dans l'intestin moyen de l'abeille sans que le contenu liquidien passe (**Lequet, 2010**).

Lorsque la butineuse rentre à la ruche, elle régurgite de son jabot le nectar récolté et le transmet à d'autres ouvrières, des échanges successifs entre abeilles vont permettre un enrichissement de ce nectar en enzymes et sa déshydratation, ce phénomène s'appelle la trophallaxie.

Une fois que la teneur en eau de la goutte de matière première est de 40 à 50%, elle est déposée dans une alvéole, qui est une « petite case » hexagonale, faite de cire dans laquelle soit la reine pond un œuf à l'origine d'une future abeille, soit l'abeille ouvrière dépose du miel ou du pollen. L'ensemble des alvéoles et le cadre des bois qui les maintient sont appelés communément « Cadre »(**Guerriat, 2000**).

Les enzymes apportées par la salive (et en particulier l'invertase) hydrolysent le saccharose en glucose et fructose. Cette réaction d'hydrolyse est appelée « inversion du saccharose ».

L'enzyme appelée glucose-oxydase catalyse l'oxydation de certaines molécules de glucose en acide gluconique, ce qui confère au miel son acidité. Lors de cette réaction, du peroxyde d'hydrogène est également produit.

Le nectar subit une déshydratation en cours de maturation, les abeilles y maintiennent une température élevée (proche de 35°C) ce qui diminue le taux d'humidité dans la ruche.

Ensuite les abeilles ventilent les cadres par un mouvement rapide des ailes pour amener la teneur en eau à environ 18%, c'est la phase d'évaporation passive de l'eau, elle dure 1 à 3 jours.

Une fois que le miel a mûri et que son taux d'humidité est devenu faible (environs 18%), la glucose-oxydase cesse de fonctionner et le produit devient stable.

Les abeilles qui produisent la cire ferment l'alvéole en l'enveloppant d'une fine couche imperméable à l'air, ce qui permet au miel de se conserver pendant une longue période.

La ruche stocke une nourriture riche en énergie, stable, peut être conservée sur une longue période et qui est résistante aux fermentations. La récolte du miel se fait généralement le mois d'août qui correspond à la fin de la saison de culture, quand les cadres des hausses sont remplis de miel operculé (**Hoyet, 2005**).

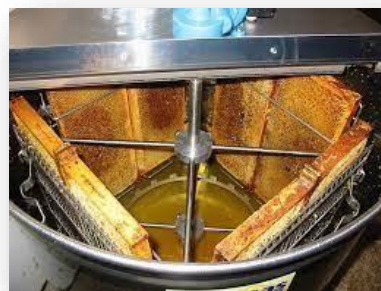


Figure 3 : Désoperculassions de cadre. **Figure 4** : Extraction du miel dans un extracteur.

6. La composition chimique du miel

Les principaux constituants du miel sont les sucres, l'eau, des sels minéraux, des vitamines, des enzymes, des acides organiques, des acides aminés et des composés aromatiques (Romano, 2009).

La complexité de la composition chimique du miel varie selon plusieurs facteurs, tels que le climat, la température de la ruche, la race d'abeille et les types de plantes butinées

(Kwakman, et al., 2010 ; Ouchemoukh et al., 2016 ; Amri, 2016).

Tableau II- : Composition chimique du miel. (Louveaux J, 1968)

Composition	Pourcentage	Type de composés	Principaux composants
Eau	15 à 20 %		
Hydrates de carbone	75 à 80 %	Monosaccharides	Glucose et Fructose
		Disaccharides	Maltose et Saccharose
		Polysaccharides	Raffinose mélézitose

Substances diverses	1 à 5 %	Acides (0,1 à 0,5%)	Gluconique, formique (maléique),(succinique), (oxalique), (glutamique), (pyroglutamique), (citrique), (gluconique), formique
		Protéines et acides aminés	Matières albuminoïdes, matières azotées, (proline), (tyrosine), (leucine), (histidine), (alanine), (glycine), (méthionine), (acide aspartique)
		Vitamines	B, C, (A, D, K)
		Minéraux	K, Ca, Na, Mg, Mn, Fe, Cu, (Co, B, Si, Cr, Ni, Au, Ag, Ba, P, Cr)
		Enzyme provenant des glandes hypopharyngiennes	Amylases α et β , gluco-invertase, glucoseoxydase
		Enzymes provenant du nectar	(Catalase), (amylases), (phosphatase acides)
Arômes		Alcools	Méthanol, éthanol, isobutanol, 2-phényléthanol...

		Esters	Méthylantranyles, acétates, méthyléthylcétones...
		Aldéhydes et acétones	Formaldéhyde, acétaldéhyde...
Flavonoïdes		Polyphénols	Flavanol, catéchine, quercétine
Lipides	Traces	Acides gras	cholestérols libre

Et comme le scientifique français **Rémy Chauvin** a dit « Il y a autant de variétés de miels que de fromages. » ; c'est-à-dire que les pourcentages que nous avons cités ci-dessus ont des valeurs moyennes, de sensibles nuances existant d'une variété à une autre.

6.1- L'eau:

La teneur en eau du miel varie entre 17 et 20%, selon l'origine florale, la saison et la façon dont l'apiculteur fait la récolte. L'humidité du miel favorise sa fermentation, et un miel trop sec (épais) est difficile à conditionner (**Louveaux, 1985**).

6.2- Les hydrates de carbones :

Les sucres constituent la partie la plus importante du miel, ils représentent de 95 à 99 % de la matière sèche. Le miel contient environ une dizaine de sucre, des mono, des tri, des di et des polysaccharides. Le glucose et le fructose (sont des monosaccharides) dominant et représentent environ 80%, ces sucres sont directement assimilables par le sang, ils n'ont pas besoin d'être digérés par l'organisme (**Amri, 2016**). On trouve aussi du maltose et du saccharose (disaccharides) mais en très faibles quantités, et quelques traces de polysaccharides (**Hoyet, 2005**).

6.3- Les acides :

Les miels contiennent des acides organiques, certains proviennent du nectar et d'autres sont issus des réactions enzymatiques. Le plus dominant est l'acide gluconique issu du glucose,

ainsi que l'acide formique. On trouve également d'autres acides tels que les acides butyriques, l'acide acétique, l'acide formique, l'acide lactique, l'acide succinique, ...cités ci-dessus. L'acidité globale du miel est la somme des acides libres et des lactones (Esters cycliques) (Lequet , 2010).

6.4- Les protéines et les acides aminés :

La quantité des protéines dans le miel est très faible, environs 1,7 g/kg de miel, une teneur de 0,26%, elles proviennent de la plante ou de l'abeille.

On trouve parmi ces protéines des peptones, des albumines et une globuline (Huchet et al., 1996). On trouve également quelques acides aminés dans le miel dont la plus importante est la proline, sa quantité est un indicateur de la qualité du miel, elle doit être supérieure ou égale à 183 mg/ kg. On y est retrouve aussi la trypsine, l'histidine, l'alanine, la glycine, la méthionine (Meda A et al., 2005).

6.5- Les vitamines :

La quantité de vitamine existante dans le miel ne peut pas couvrir les besoins d'un corps humain, mais on y trouve plusieurs, toutes les vitamines du groupe B : acide pantothénique (B5), acide folique (B9), acide nicotinique (B3) ; la vitamine C, la vitamine D, la vitamine A et la vitamine K (Hoyet, 2005).

6.6- Les sels minéraux :

Le miel contient environ 0,1% de matière minérale, les miels foncés en contiennent plus que les miels clairs. Les miels de fleurs contiennent 0,1g à 0,35g/100g de miel de sels minéraux et d'oligoéléments, alors que les miels de miellat peuvent contenir jusqu'à 1g/100g de miel.

La principale substance minérale dans le miel est le potassium, on y trouve aussi du calcium, du sodium, du magnésium, du cuivre, du manganèse, du chlore, du soufre, du silicium, et du fer ; leur teneur dépend des espèces végétales visitées par les abeilles ainsi que le type du sol sur lequel ces espèces poussent (Huchet et al., 1996 ; Bogdanov et al., 2004).

6.7- Les enzymes :

Les enzymes contenues dans le miel proviennent soit du nectar soit des sécrétions de la glande salivaire de l'abeille.

Les plus étudiées sont la gluco-invertase qui est responsable de l'hydrolyse des disaccharides, et les amylases alpha et bêta qui permettent la dégradation de l'amidon. On trouve également

Amylases α et β et glucose oxydase. La chaleur peut détruire ces enzymes, et leurs présences ou leurs absences peuvent servir d'indicateur de surchauffe du miel.

D'un point de vue légal, un miel ne doit pas être chauffé au point que ses enzymes naturelles soient détruites ou inactivées (**Lequet , 2010**).

6.8- Les substances aromatiques :

Les substances aromatiques sont à l'origine de l'arôme du miel, sont un mélange de plusieurs composés, alcool, esters, l'antranilate de méthyle, aldéhydes et acétones. Des études sont toujours en cours pour savoir l'origine exacte du goût de miel (**Sesta et al., 2008**).

6.9- Les pigments :

Le miel peut contenir plusieurs pigments, on peut citer les flavonoïdes et les caroténoïdes. Les flavonoïdes ont des propriétés antioxydants, anti inflammatoires et antihémorragiques, tels que la pinobanskine, la chrysin, la galangine. Ils participent à la neutralisation des radicaux libres de l'organisme, ils sont synthétisés par les plantes lors de l'invasion microbienne, il est donc logique qu'ils agissent comme des substances antimicrobienne (**Lachman et al., 2010**).

Les caroténoïdes sont des pigments de couleur jaune, orange ou rouge, sont présents dans les fruits ou les légumes, sont donc responsables dans la coloration de miel (**Sestaetal., 2008**).

6.10- Les lipides :

Le miel ne contient que très peu de lipides, dont on y trouve cholestérols libre, des esters de cholestérols ou encore des acides gras (**Louveaux, 1968**).

6.11- L'hydroxyméthylfurfural :

L'hydroxyméthylfurfural (HMF) est un composé qui résulte de la dégradation de fructose en milieu acide.

La quantité d'HMF dans le miel est un indicateur de son âge, de son traitement thermique antérieur et de sa qualité, un miel naturel, récolté sans chauffage particulier, ne contient pas plus de 5 mg d'HMF par kg (**Hoyet, 2005**). L'HMF peut se former durant le stockage à partir du sucre sous l'effet des acides et en fonction de la valeur du pH et de la température du miel (**Bogdanov, 2016**).

6.12- Autres éléments présents :

Le miel possède des propriétés antibiotiques naturels et antibactériennes telle que la protéine -la défensine-1-, qui possède de fortes propriétés antibactériennes (**Kwakman, et al, 2010**). On retrouve aussi dans le miel un nombre de microorganismes, des spores, des algues unicellulaires, des levures osmotolérantes et des champignons microscopiques. Mais ces microorganismes ne peuvent pas s'y développer grâce à l'activité osmotique du miel. On trouve également des grains de pollen qui sont un témoignage de la qualité du miel (**Bogdanov, et al.,2004**).

7. Les caractéristiques du miel

7.1-Les caractéristiques nutritionnelles du miel :

Le miel est un aliment riche en glucides et à haute valeur énergétique, contenant environ 320 calories par 100 grammes. Il est facilement assimilable par l'organisme en raison de sa teneur élevée en glucose et en fructose. Il peut intensifier les capacités du système immunitaire, il contribue aussi à l'élévation du taux d'hémoglobine dans le sang, est source de différentes matières minérales comme le calcium, le magnésium, le soufre et phosphore qui sont utiles au métabolisme.

Il est adapté aux personnes âgées, les sportifs et les enfants ; il peut être introduit dans certains régimes alimentaires. Il a été prouvé que le miel favorise aussi l'assimilation du calcium et la rétention de magnésium (**Bradbear, 2005**).

Mais on ne peut pas le considérer comme un aliment complet car il est pauvre en protides, lipides et vitamines (**Chauvin, 1987**).

7.2-Caractéristiques organoleptiques du miel:

L'examen organoleptique d'un produit implique que le consommateur utilise ses sens pour percevoir les caractéristiques sensorielles du produit (l'analyse sensorielle), ce qui permet d'apprécier à la fois ses qualités et ses défauts.

Les différents miels présentent des caractères visuels et gustatifs, selon leurs origines (**Hoyet, 2005**).

7.2.1-La couleur :

La couleur du miel dépend du nectar dont il est issu, le miel peut présenter différentes couleurs.

Il existe des miels très clair comme le miel de colza, des miels jaunes, ambrés, verdâtres, rougeâtres, et certains presque noirs comme ceux de sapin. La couleur d'un même miel peut varier d'une année à l'autre (**Bruneau, 2002**).

7.2.2-La texture :

Le miel peut avoir différentes texture, il peut être : dur ou souple, pâteux ou liquide, et peut être cristallisé finement ou grossièrement. S'il est parfaitement fluide au moment de son extraction, le miel ne reste pas dans cet état, il se cristallise selon sa capacité qui dépend du rapport entre glucose et l'eau qu'il contient. Si l'indice est inférieur à 1,6, la cristallisation est soit nulle, soit très lente.

En revanche, si l'indice dépasse 2, la cristallisation est rapide et totale.

Certains miels cristallisent quelques jours après la mise en pot, alors que d'autres restent à l'état liquide pendant des années à température ordinaire (18 à 25 °C) (**Hoyet, 2005**).

7.2.3-L'odeur :

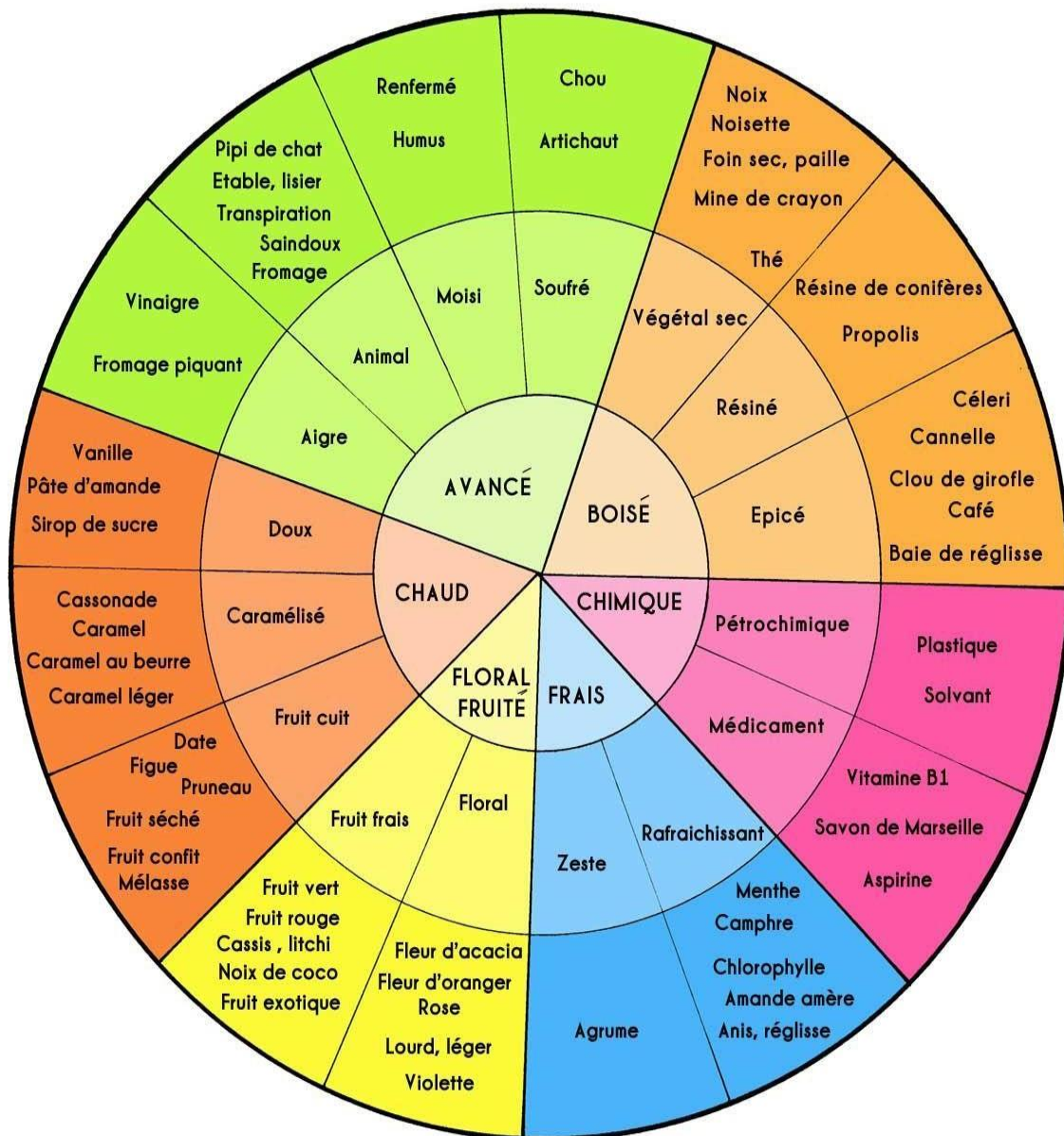
Les miels ont une odeur agréable, florale, fruitée ou végétale, elle varie sensiblement selon les variétés, en fonction des essences aromatiques communiquées aux nectars initiaux par les fleurs butinées. Par contre si un miel a une odeur de fumée ou de fermentation, cela est considéré comme un défaut (**Blanc, 2010**).

7.2.4-Le goût et l'arôme :

L'arôme et le goût du miel dépendent des plantes où les abeilles ont récolté le nectar, le miel foncé a généralement un goût plus prononcé et le miel clair a une saveur plus délicate (**Bradbear, 2005**).

Le Centre Apicole de Recherche et d'Information (CARI) est une association wallonne (de la Wallonie) qui œuvre pour la promotion et le développement de l'apiculture, a mené des recherches sur les saveurs et les arômes des miels et a réalisé une roue des odeurs et des arômes (**Hoyet, 2005**).

RONDE DES AROMES DE MIEL



www.aubonmiel.com (source CARI)

Figure 5: La roue des odeurs et des arômes des miels.

7.3-Les caractéristiques biologiques du miel :

Le miel est un aliment aux multiples vertus thérapeutiques, car il possède de nombreuses propriétés biologiques telles que des propriétés antibactériennes, antioxydants et thérapeutiques. Cette diversité de propriétés est principalement liée à sa composition qui varie selon les plantes butinées, les conditions climatiques et environnementales. Enfin, le miel peut être considéré comme un aliment-médicament.

7.3.1-Propriétés anti-oxydantes :

Le miel utilise différents mécanismes pour protéger le corps contre les dommages causés par les radicaux libres (Meda et al., 2005). Les enzymes telles que la peroxydase, les composants phénoliques, les flavonoïdes, les acides organiques comme l'acide ascorbique, ainsi que des acides aminés tels que la proline, travaillent ensemble pour fournir un mécanisme protecteur antioxydant et efficace (Meda et al., 2005 ; Balas, 2015).

Les composés phénoliques sont classés comme antioxydants primaires ou anti-radicalaires (de type I) en raison de leur capacité à inactiver les radicaux libres en inhibant la propagation des réactions radicalaires. Cette action est due à leur capacité à fournir des hydrogènes aux radicaux libres présents dans le milieu, ce qui permet de les neutraliser et de limiter leurs effets néfastes.

Le miel contient également d'autres composants appartenant à la classe des antioxydants secondaires ou préventifs (de type II), qui préviennent la formation des radicaux libres en agissant par différents mécanismes. Certains de ces composants sont capables de réduire l'effet pro-oxydant des ions, ce qui est le cas de certains acides organiques et de certaines protéines (Balas, 2015).

On trouve aussi d'autres antioxydants tels que pinobanksine, la chryisine et la galagine. La pinocembrine (présent uniquement dans le miel). Ils réduisent le risque de cancer, de maladie cardio-vasculaires, d'Alzheimer et d'autres troubles dus à l'âge (BACHA, 2005).

7.3.2-Propriétés antibactériennes :

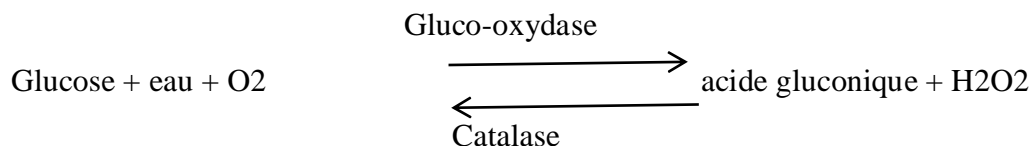
L'activité antibactérienne du miel est principalement due à sa forte teneur en sucres. Plusieurs hypothèses concernant le mécanisme d'action peuvent être envisagées. Tout d'abord, comme nous l'avons vu précédemment, le miel, quel que soit son origine, contient de fortes quantités de sucres mais très peu d'eau. Ce dernier facteur empêche la prolifération bactérienne. De plus, l'hyper osmolarité du miel contribue à extraire l'eau contenue dans les œdèmes mais également dans les bactéries ce qui a pour conséquence leur déshydratation et leur élimination

L'activité antibactérienne varie d'un miel à un autre et selon l'espèce bactérienne ciblée (Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, les Bacilles ...) (**Cooper et al., 2002**).

Cette activité antibactérienne est liée à plusieurs facteurs :

- **Effet osmotique** : La teneur réduite en eau dans le miel inhibe le développement microbien grâce à un effet inhibiteur. Cette propriété est renforcée par sa concentration élevée en sucres qui exerce une action de déshydratation osmotique et réduit la disponibilité de molécules d'eau, « aw » dans le miel, est comprise entre 0.562 et 0.62.
- **Le pH** : Le pH du miel est suffisamment acide pour inhiber le développement de nombreux microorganismes pathogènes, il varie entre 3,2 et 4,5. Cette acidité est due à sa teneur en acide gluconique et gluconolactone. (**Balas, 2015**)
- **Le peroxyde d'hydrogène (inhibine)**: Le miel contient principalement du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) "inhibine", également connu sous le nom d'eau oxygénée, qui est un puissant antiseptique. Cette substance est produite par une réaction enzymatique qui implique la gluco-oxydase, une enzyme sécrétée par les glandes hypopharyngiennes des abeilles lors de la transformation du nectar en miel. Cette enzyme est responsable de la conversion du glucose en gluconique, avec la production simultanée du peroxyde d'hydrogène. (**Hoyet, 2005**)

Selon la réaction suivante :



L'oxydation de l'eau et du glucose conduit à la production d'eau oxygénée et d'acide gluconique dans le miel. Bien que l'origine végétale de l'eau oxygénée soit attribuable au glucose issu du nectar des plantes, la gluco-oxydase, une enzyme d'origine animale, sécrétée par l'abeille, est nécessaire à sa formation. La présence de l'acide gluconique dans le miel augmente son acidité, limitant ainsi le développement des colonies bactériennes (**Descottes, 2009**).

La concentration en Peroxyde d'hydrogène dans le miel dépend de l'activité de l'enzyme Catalase et Gluco-oxydase. Certaines bactéries possèdent l'enzyme catalase, et elles peuvent donc décomposer le Peroxyde d'hydrogène. De même, on peut la retrouver dans le plasma et

son taux peut être augmenté dans les exsudats d'une plaie car elle est libérée par les leucocytes morts. Pour que la Catalase soit active, il faut une forte concentration en Peroxyde d'hydrogène, mais elle montre une activité faible pour des niveaux de Peroxyde d'hydrogène physiologiques.

Lors de l'application de miel, la libération de peroxyde d'hydrogène se fait de façon lente et prolongée.

Ainsi la Catalase, n'est que peu activée, ce qui empêche la destruction de l'activité antibactérienne du miel, générée par la présence de peroxyde d'hydrogène.

Ce peroxyde d'hydrogène a un meilleur potentiel antibactérien quand il est libéré par le miel que lorsqu'il est utilisé seul dans une préparation antiseptique (**Assie, 2004**).

7.3.3-Propriétés thérapeutiques :

Le miel a un très grand nombre de propriétés thérapeutiques, telles que propriétés antiseptiques, antianémiques, anti-inflammatoire (**Guarch et al., 2008**).

7.3.3.1-Propriétés anti-inflammatoire et cicatrisantes :

Les propriétés cicatrisantes du miel tiennent à ses caractéristiques physico-chimiques et enzymatiques. Le miel, par sa saturation en sucres entretient une pression osmotique trop élevée pour inhiber la croissance des microbes, il est considéré comme un remède précieux pour le traitement des brûlures, des blessures chirurgicales infectées et des plaies nécrosées (**Magalan et al., 2003**).

Le miel est très visqueux capable ainsi d'absorber l'eau entourant les tissus en inflammation.

Le miel favorise la croissance des cellules épithéliales, la formation de nouveaux vaisseaux capillaires et la prolifération des fibroblastes dans la peau en régénération

Il permet aussi de fournir une barrière protectrice contre l'infection des blessures (**Candiracci et al., 2012**).

7.3.3.2-Propriétés respiratoires :

Il est efficace pour calmer les symptômes du rhume et apaiser l'appareil respiratoire.

Ces propriétés antitussives sont liées à la capacité du miel de diluer les sécrétions bronchiques et d'améliorer la fonction d'épithélium bronchique (**Bossi, 2009**).

7.3.3.3-Propriétés anti néoplasiques (anti cancéreuses) :

Le miel montre des propriétés anti-cancéreuses. Les composés du miel limitent la prolifération des cellules cancéreuses mais également, leur propagation par voie sanguine ou lymphatique (Balas., 2015).

Des chercheurs ont analysé des cellules tumorales en laboratoire et ont incorporé des échantillons de miel dans certaines d'entre elles. Le résultat était comme suite : le blocage du cancer a été observé grâce la substance sucrée du miel. Les lignées cellulaires du cancer du côlon étudié ont été rapidement traitées par ce procédé. Le miel possède un potentiel anti-tumoral en régulant certains gènes, notamment la cycline, ce qui permet de bloquer le cycle cellulaire (Anso, 2012).

7.3.3.4-Propriétés digestives :

Le miel a un effet bactéricide sur différentes bactéries de l'intestin souvent associées à la diarrhée et la dysenterie comme Salmonella, Shigella et Vibrio cholera.

Le miel permet à l'intestin une meilleure rétention de l'eau grâce à son pouvoir laxatif il augmente ainsi le volume des selles et facilite leur évacuation. Le miel contient la lactulose, qui est une molécule qui favorise la croissance de Bifidobactéries, il en résulte une plus grande efficacité de l'immunité digestive et une amélioration du transit (Khenfer et al., 1997).

7.3.3.5-Effet métabolique :

D'après des études, le fructose a démontré sa capacité de réduire les niveaux de glycémie chez des modèles de rongeurs diabétiques (Ahmad et al., 2008). En prolongeant la vidange gastrique, la consommation de fructose peut ralentir la vitesse d'absorption intestinale.

L'effet du miel sur les micro-organismes intestinaux non pathogènes est bénéfique. Des études ont montré que le miel augmente le nombre de Lactobacillus, et renforce la croissance de Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium bifidum, Streptococcus thermophilus et Lactobacillus sous delbrukei. sp. Bulgaricus.

Les rats nourris avec du miel ont présenté une hausse significative du taux de cholestérol HDL et une diminution des triglycérides et du LDL (Shambaugh et al., 1990).

En associant le Glibenclamide (un antidiabétique oral diminue l'excès de sucre dans le sang) au miel, des baisses supplémentaires des triglycérides et du LDL ont été constatées.

7.3.3.6-Propriétés ophtalmologiques

Le miel est utilisé depuis l'Antiquité pour traiter les troubles oculaires ; Aristote a écrit dans son histoire animalière « le miel est bon comme un baume pour les yeux eux ». Les médecines traditionnelles indiennes et maliennes l'utilisent également pour soigner les ulcères et diverses affections de la cornée, ainsi que pour traiter la blepharitis (inflammation des paupières) et la conjonctivite catarrhale (**Bogdanov, 2011**).

7.3.3.7-Propriétés cosmétologiques :

Le miel contient des antioxydants qui aident à rajeunir la peau et du peroxyde d'hydrogène qui est un bon nettoyant ; il est l'un des éléments de base dans de nombreux produits cosmétiques.

Les nombreuses propriétés du miel, permettent d'hydrater la peau, de régénérer les cellules superficielles de l'épiderme ou encore de la protéger contre le vieillissement précoce (**Toutchkov, 2009**).

7.3.3.8-La qualité sanitaire du miel :

Le miel, pour qu'il soit considéré comme un produit de qualité, il doit être extrait dans des conditions d'hygiène optimales et conditionné correctement. Il doit également conserver toutes ses propriétés d'origine et être capable de les préserver sur une longue période. De plus, le miel ne doit pas être altéré et doit contenir le moins possible de polluants tels que des antibiotiques, pesticides, métaux lourds ou autres produits industriels, voire aucun. En somme, le miel de qualité doit être un produit sain, naturel et non altéré (**Schweitzer, 2004**).

-Le miel ne doit pas avoir de matière, de goût, d'arôme ou de contamination inacceptable provenant de matières étrangères absorbées durant sa transformation et son entreposage.

-Le miel ne doit pas avoir commencé à fermenter ou être effervescent.

-Le miel ne doit pas être chauffé ou transformé à un point tel que sa composition essentielle soit changée et/ou que sa qualité s'en trouve altérée.

-Aucun traitement chimique ou biochimique ne doit être utilisé pour influencer la cristallisation du miel (**Codex Alimentarius, 2019**).

✓ Projets du **Codex Alimentarius et de l'UE** relatifs aux normes pour le miel :

- ✓ Norme valable pour le commerce international du miel.

Les critères spécifiques relatifs à la composition du miel de qualité.

Norme concernant la qualité du miel selon le projet du **Codex Alimentarius** et selon le **projet de l'UE**.

Tableau III : Critères de qualité du miel selon Codex Alimentarius et l'UE.

Critère de qualité (en général)	Projet du Codex Alimentarius	Projet de l'UE
Teneur en eau	≤ 21 g/100g	≤ 21 g/100g
Teneur en sucres réducteurs	≥ 45 g /100 g	≥ 53 g /100 g
Teneur en matières insolubles dans l'eau	$\leq 0,1$ g/100 g	$\leq 0,1$ g/100 g
Teneur en matières minérales (cendres)	$\leq 0,6$ g/100 g	$\leq 0,6$ g/100 g
Acidité	≤ 50 meq/kg	≤ 40 meq/kg
Activité diastasiques, (indice diastatique en unités de Schade) Après traitement et mise en pot	≥ 8	≥ 8
Teneur en HMF	≤ 40 mg/kg	≤ 40 mg/kg

7.4 Les caractéristiques physico-chimiques du miel

➤ Caractéristiques physiques :

1-La densité :

Le miel est un produit relativement dense. Les variations de la densité proviennent surtout des variations de la teneur en eau. Il a une densité relativement élevée qui varie entre 1,40 et 1,45 g/cm³ à 20°C. Elle est en fonction de la teneur en eau et à moindre degré de la composition chimique du miel. Plus un miel est riche en eau et moins il est dense (**Bogdanov, 2011**).

2-La viscosité :

La viscosité peut être définie comme la résistance à l'écoulement uniforme et sans turbulence se produisant dans la masse d'une matière.

Les miels ont une viscosité normale, ils suivent les lois de Newton sur l'écoulement des fluides, elle dépend de trois facteurs qui sont, sa teneur en eau, sa composition chimique et de sa température.

La viscosité du miel est très élevée à basse température et diminue lorsque la température s'élève. Pour 30 à 35°C, la viscosité est minimale (**Huchet et al, 1996**).

3-L'hygroscopie du miel :

Un miel à 18% d'eau se trouve en équilibre dans une atmosphère dont l'humidité relative est de 60% et dont la température est de 14°C, s'il contient plus de 20% d'eau, le miel dégagera du CO₂ et fermentera. En effet, le fructose a un grand pouvoir hygroscopique (**Huchet et al., 1996**).

4-La solubilité :

Le miel est soluble dans l'eau et l'alcool dilué, mais non pas dans l'alcool fort, l'éther, le benzène et le chloroforme (**Donnadieu, 2001**).

5-L'indice de réfraction :

Il s'agit d'une propriété optique. Tout corps transparent est caractérisé par un certain indice de réfraction. C'est une constante qui dépend de la nature chimique du corps. Lorsque le corps en question est en solution dans l'eau, l'indice de réfraction varie régulièrement entre l'indice de l'eau pure et l'indice du corps pur. La mesure de l'indice de réfraction du miel est étroitement

liée à sa teneur en eau et sa température, car cet indice est inversement proportionnel à ces deux paramètres. Ainsi, la méthode la plus rapide et fiable pour évaluer la teneur en eau des miels consiste à utiliser un réfractomètre pour mesurer leur indice de réfraction. Il varie entre 1,47 et 1,50 à 20°C pour une teneur en eau allant de 13 à 18% pour la majorité des miels (**Donnadieu, 2001**).

6-La conductibilité électrique :

La conductibilité électrique définit la capacité d'un corps à permettre le passage du courant électrique. La conductibilité des miels varie selon leurs origines florales, les miels de miellats ont une conductibilité bien plus élevée que les miels de nectar. Elle est exprimée en Siemens par centimètre (S/cm) (**Huchet et al, 1996**).

7-La conductibilité thermique :

La conductivité thermique est une mesure du transfert de chaleur, elle est relativement faible dans le miel. Pour un miel liquide, elle s'élève à $12 \cdot 10^{-4}$ cal/cm .s. °C, pour un miel cristallisé, elle est de $12,9 \cdot 10^{-5}$ cal/cm. s. °C. Le miel est un faible conducteur de chaleur (**Bogdanov et al., 2004**).

8- Le pH et acidité :

L'acidité est un critère de qualité important durant l'extraction et le stockage, en raison de son influence sur la texture et la stabilité du miel. Cette acidité provient d'acides organiques dont certains proviennent du nectar ou du miellat mais leur origine principale provient des sécrétions salivaires de l'abeille ; le principal acide dérive du glucose sous forme d'acide gluconique. La plupart des miels sont acides, les miels de nectar ont un pH qui varie entre 3.5 et 4.5, et les miels de miellats ont un pH supérieur à 4.5. Le pH du miel est en fonction de la quantité d'acides ionisables, qu'il renferme ainsi que de sa composition minérale (**Donnadieu, 2001**).

➤ Caractéristiques chimiques :

1-La teneur en eau :

La teneur en eau est une caractéristique hautement importante du miel, car elle conditionne sa conservation.

Le risque de fermentation du miel est très faible lorsque la teneur en eau est inférieure à 20 %

; une teneur en eau plus élevée réduit la durée de conservation, à cause du risque de multiplication des micro-organismes et du plus grand risque de fermentation (**Codex Alimentarius, 2019**).

2-La teneur en cendre

La teneur en cendre varie entre 0.020 et 1.028 g/100g de miel.L'incinération du miel est le procédé qui permet de connaître cette teneur, celle des miels clairs est plus faible que celle les miels foncés. La variation de la teneur en cendres peut s'expliquer par les procédés de récolte, les techniques de l'apiculture et les matériels collectés par les abeilles.La teneur en cendres est donc un critère de qualité.La teneur maximale autorisée par les normes internationales est de 0,6 g/100 g(**Codex Alimentarius, 2019**).

3- Dosage des sucres :

Les différents types de sucres, tels que les mono, di, tri et polysaccharides, peuvent représenter jusqu'à 80% du poids total du miel. Environ 70% de ces sucres sont constitués de glucose et de fructose, qui sont les plus présents. Les autres sucres peuvent être présents en quelques traces.Les méthodes utilisées pour le dosage des sucres sont nombreuses, on cite à titre d'exemple la méthode de Bertrand.Le miel de nectar présente une teneur en sucres réducteurs (glucose et fructose) de 60%, et une teneur en saccharose inférieure à 5% (**Ahmad et al., 2008**).

4- L'activité enzymatique (diastasique) :

On trouve dans le miel de nombreuses enzymes, telles que : -La gluco-oxydase qui est à l'origine de la formation de l'acide gluconique.-Les amylases et qui provoquent la dégradation de l'amidon en donnant des dextrines puis du maltose.

-La gluco-invertase (glucosidase) qui joue un rôle essentiel dans la scission des molécules de saccharose.Ces enzymes apportent de précieux renseignements sur l'état d'un miel, et le **Codex Alimentarius** inclut sa détermination comme un standard de qualité.L'indice diastasique d'un miel doit être supérieur à 8 dans l'échelle de Schade.Pour les miels qui ont une faible teneur naturelle en enzymes et une teneur en HMF inférieure à 15 mg/kg, l'indice diastasique doit être supérieur à 3 dans l'échelle de Schade (**Codex Alimentarius, 2019**).

5- L'hydroxyméthylfurfural :

L' HMF, un dérivé de déshydratation des hexoses qui se forme dans le miel au cours de son vieillissement, conservé à température ordinaire (entre 15 et 20 °C).L'évaluation de la qualité du miel par le taux d'HMF est la méthode la plus fiable.

La température et la durée sont les deux paramètres qui ont une influence sur la formation d'HMF.Un miel dont la concentration d'HMF varie entre 40 et 80 mg/kg, est un miel de qualité, mais si sa concentration en d'HMF est plus élevée ça veut dire que c'est un miel dénaturé (**Bogdanov, 2016**).

6- Dosage des protéines :

Pour déterminer le taux de protéines dans le miel, on utilise la méthode de KJELDAHL, qui implique une mesure indirecte des protéines en dosant l'azote.

En effet, la quantité de protéines peut être calculée en multipliant la quantité d'azote par 6,25.

On trouve dans le miel quelques protéines telles que : peptone, d'albumines, de globulines et d'acides aminés libres telle que la proline, qui provient des sécrétions salivaires de l'abeille.

On considère qu'un miel est arrivé à maturité lorsque sa teneur en proline est supérieure à 183 mg/kg.Des valeurs plus basses indiquent un manque de maturité ou une falsification (**Bessas, 2008**).

8. Les étapes d'extraction du miel

L'extraction du miel se fait dans une miellerie, qui est un local aménagé pour extraire et conditionner le miel. Elle doit être bien éclairée, hermétique, menée d'un robinet et surtout loin d'humidité. La récolte du miel se fait à la fin de la phase d'operculation, lorsque le climat est parfait et en fin de journée. Les apiculteurs portent leur tenue de protection et éloignent les abeilles avec un récolte au souffleur ou au répulsif, ou bien les endormir par enfumage.

Les étapes d'extraction sont les suivantes :

- **La désoperculassions des cadres :**

Consiste à retirer à l'aide d'un couteau l'opercule de cire, qui avait été déposée par les abeilles pour fermer les alvéoles afin de conserver le miel (**Mathilde, 2017**).

- **L'extraction du miel:**

Le processus consiste à placer les cadres dépourvus de leur opercule de cire dans un extracteur qui permet d'extraire le miel par centrifugation.

- **Filtration et Maturation:**

Une fois que le miel sort de l'extracteur, il est transféré vers un maturateur, possédant d'un filtre de diamètre décroissants, où le miel abandonne ses impuretés (débris de cire, amas de pollen). Il faut trois à cinq jours pour que les impuretés et les bulles d'air incorporées pendant l'extraction remontent à la surface afin d'être éliminées.

Pour garantir la qualité du miel, il est important de positionner le maturateur dans un environnement sec et propre (**Hoyet, 2005**).

- **La conservation du miel:**

Pour conserver le miel de manière optimale, il est recommandé de le stocker dans un endroit frais et sec, à une température qui avoisine les 12-14C°, à l'abri de la lumière directe du soleil. Il est également important de le conserver dans un récipient hermétique de préférence qu'il soit en verre (**Blanc, 2010**).

CHAPITRE II : **LES HUILES ESSENTIELLES**

1. Définition

Selon l'AFNOR, L'huile essentielle est le produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, soit par distillation « sèche ». L'He est ensuite séparé de la phase aqueuse par des procédés physiques.

Notamment utilisés comme conservateurs naturels pour prolonger la durée de conservation des aliments (**Hammer et al., 1999**), ainsi que pour leur donner une saveur et une odeur agréables. D'après (**Naves, 1976**), aucune des définitions des HE n'a le mérite d'être claire, ni précise. La définition qui semble la plus universellement acceptée est la suivante : les huiles essentielles sont des produits complexes composés de substances volatiles et odorantes présentes dans différents organes de plantes (fleurs, feuilles, bois, racines, tiges, écorces, fruits, etc.). Elles sont obtenues par entraînement à la vapeur d'eau, distillation sèche ou procédé mécanique approprié sans chauffage (**Mayer, 2012**). Dans le passé, les huiles essentielles ne servaient qu'à des fins thérapeutiques directement destinées aux humains et les animaux (**Soto et al., 2006**). Plus récente, les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles sont également utilisées dans l'industrie alimentaire afin de prolonger la vie des produits alimentaires et pour aromatiser les aliments et les boissons (**Djenane et al., 2017**). Elles sont utilisées en cosmétiques et en parfumerie pour préparer des savons, des désinfectants, des antioxydants. (**Hesham et al., 2016 ; Soto et al., 2006**).

Les HEs s'altèrent facilement, ce qui rend leur conservation difficile et exige certaines précautions indispensables, ces dégradations peuvent modifier leurs propriétés si elles ne sont pas enfermées dans des flacons propres et sec en verre teinté, à l'abri de la lumière et de la chaleur (**Bruneton, 1999**). Ainsi que la qualité des huiles essentielles subissent de fortes fluctuations et sont naturellement influencées par différents facteurs comme la variété de la plante, les conditions géographiques et climatiques, la saison de récolte, et la méthode d'extraction. En raison de cette influence, la qualité de l'huile essentielle n'est pas toujours conforme au profil défini dans la norme ISO 9909 (**Yakoubi et al, 2012**).

2. Historique

Depuis toujours, les huiles essentielles ont joué un rôle important dans la vie quotidienne des êtres humains. Elles ont été utilisées pour diverses raisons telles que la parfumerie, pour se soigner...etc. Les plantes aromatiques, leurs huiles essentielles trouvent leur emploi dans

plusieurs domaines, telles que le domaine alimentaire, pour l'assaisonnement, la coloration et la conservation des aliments ou des boissons (**Bruneton, 1999**).

Les civilisations chinoises et égyptiennes ont été les premières à utiliser les huiles essentielles en raison de leur connaissance des propriétés curatives de ces substances car elles sont considérées comme une des plus anciennes formes de la médecine et de la cosmétique, en Égypte entre 3 000 et 2 000 ans avant notre ère, l'usage des plantes aromatiques atteignit un développement important pour soigner les malades et pour embaumer les morts et pour des rituels religieux. Les Grecs avaient l'habitude d'utiliser des huiles essentielles et plusieurs livres ont été publiés sur le sujet comme « Histoire naturelle » de Pline, « Les Aphorismes » d'Hippocrate, « Traité des odeurs » de Théophraste (**Garneau, 2006**).

Gattefosse (1928) a constaté que la lavande avait guéri une brûlure à sa main, il a directement utilisé le terme " *aromathérapie* " pour décrire les propriétés curatives des huiles essentielles.

3 Les huiles essentielles « *d'eucalyptus et de zeste de citron* »

3.1 L'huile essentielle d'eucalyptus :



Figure 1: La plante d'eucalyptus

L'huile essentielle d'eucalyptus est une huile obtenue à partir des feuilles de diverses espèces d'eucalyptus et il représente une matière première importante pour les industries pharmaceutique, confiserie et cosmétique (**Foudil-chérif et al., 2010**). Et est souvent utilisée en petite quantité dans l'industrie agroalimentaire pour son arôme et ses propriétés antibactériennes (**Djenane et al., 2017**). Il peut être utilisé comme additif aromatique naturel

dans les produits alimentaires. Bien que les arbres d'eucalyptus aient été introduits en Algérie en 1863 (**Abderahim, 1983**), leur plantation à grande échelle n'a commencé qu'en 1950 en raison de leur grande capacité d'adaptation (**Metro, 1970**). L'huile essentielle d'eucalyptus a obtenu le statut de Produit GRAS par la FEMA (1965), et approuvé par la FDA pour son utilisation alimentaire (**Opdyke, 2002**).

3.2- La composition chimique d'HE d'eucalyptus

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes, contenant de très nombreuses espèces chimiques, identifiables par chromatographie. Cependant, voici quelques-uns des composants chimiques de l'huile essentielle d'eucalyptus :

Tableau I : La composition chimique d'HE d'eucalyptus	
Les constituants principaux de l'HE d'eucalyptus	La quantité de chaque constituant
1,8 Eucalyptol (cinéole)	60% à 75%
Alpha-pinène	5% à 15%
Limonène	1% à 10%
Alpha-terpinéol	1% à 8%
Aromadendrène	1% à 5%

3.3 L'huile essentielle de zeste de citron

L'HE de zeste de citron est une substance aromatique concentrée extraite des zestes externes du citron obtenu par pression à froide ou par entraînement à la vapeur des zestes, ce qui permet de capturer les composés volatils responsables de son parfum. L'huile essentielle de zeste de citron est utilisée pour stimulation de l'appétit (**Karimi et al., 2012**), elle possède des propriétés antimicrobienne, anti-inflammatoire, anti-oxydante, utilisé aussi pour l'abaissement de la pression artérielle, traiter l'obésité (**Ramful et al., 2011 ; Djenane, 2015**).



Figure 2 : Le fruit du citronnier

3.4- La composition chimique de l'HE de zeste de citron

Tableau II : La composition chimique d'HE de zeste de citron	
Les constituants principaux de l'HE de zeste de citron	La quantité de chaque constituant
Limonène	56 à 78 %
β -pinène	7 à 17 %
γ -terpinène	6 à 12 %
Sabinène	1 à 3 %
Géranial	0,5 à 2,3 %
néral	0,3 à 1,5 %

4. Procédés d'extraction des huiles essentielles

Différentes techniques d'extraction des huiles essentielles sont utilisées, et le choix de la méthode appropriée dépend de la nature de la plante traitée ainsi que des caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle à extraire.

La diversité et la complexité des huiles essentielles rendent le choix des processus d'obtention délicat, la méthode choisie ne doit pas conduire à la discrimination entre les composés polaires et apolaires, ni induire de réactions biochimiques, de dégradations thermiques, d'oxydation, de réduction, d'hydrolyse, de changement de pH ou entraîner une perte de composés volatils. Pour cela, différents paramètres et propriétés sont à prendre en compte (**Bousbia,2011**).

4.1 La méthode d'Hydro distillation :

C'est l'un des procédés les plus simples et les plus anciens. Son principe repose sur la capacité des substances odorantes à être emportées par la vapeur d'eau. Pour réaliser cette opération, on utilise un alambic dans lequel les matières végétales sont mélangées à l'eau. L'ensemble est porté à ébullition (**Jacqueline, 2009 ; Beneteaud, 2011**).

Sous l'action de la chaleur, les cellules des végétaux éclatent et libèrent des composés organiques odorants et volatils. La vapeur d'eau entraîne ces composés organiques à l'état gazeux vers le col de cygne de l'alambic, puis s'acheminent par un serpentín refroidi dans un circuit d'eau. (**Patrice et al.,2014**)

La condensation de ce mélange gazeux, permet de récupérer un condensat liquide.

Ce condensat est constitué de deux phases non miscibles :

- **Une phase organique huileuse très odorante**, appelée "**huile essentielle**", contenant la majorité des composés odorants
- **Une phase aqueuse**, appelée "**eau aromatique**", qui n'en contient que très peu.

La séparation entre eau et l'huile essentielle se fait par différence de densité, ce qui permet de récupérer facilement l'huile essentielle.

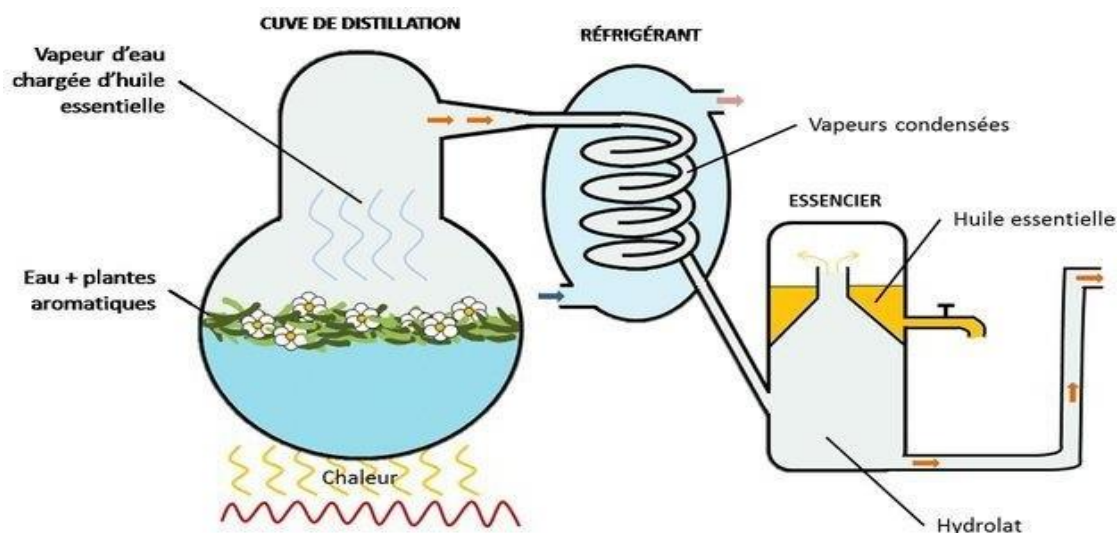


Figure 3: Alambic d'hydrodistillation

4.2 La méthode d'entraînement à la vapeur :

Cette méthode consiste à faire passer de la vapeur de l'eau à travers la matière végétale placée dans l'alambic.

Lorsque la vapeur est appliquée, elle favorise la libération des molécules aromatiques présentes dans la matière végétale en forçant l'ouverture des cavités qui contiennent l'huile. Les molécules des huiles volatiles s'échappent alors de la plante en s'évaporant. Il est essentiel que cette vapeur soit à une température suffisamment élevée pour permettre la libération de l'huile essentielle, mais pas trop élevée afin d'éviter de brûler la plante ou l'huile essentielle (Beneteaud, 2011). Après avoir récupéré la vapeur contenant l'huile essentielle, celle-ci est acheminée à travers un système de refroidissement qui la transforme en liquide, permettant ainsi de séparer l'huile essentielle de l'eau. Pour que la vapeur soit produite, il est nécessaire d'appliquer une pression supérieure à celle de l'atmosphère (Beneteaud, 2011, Patrice et al., 2014).

Il semble que cette technique soit très ancienne, on a en effet retrouvé des traces de son existence dès l'antiquité, car les perses l'ont découverte pour la fabrication de l'eau de rose (Brunton, 1993).

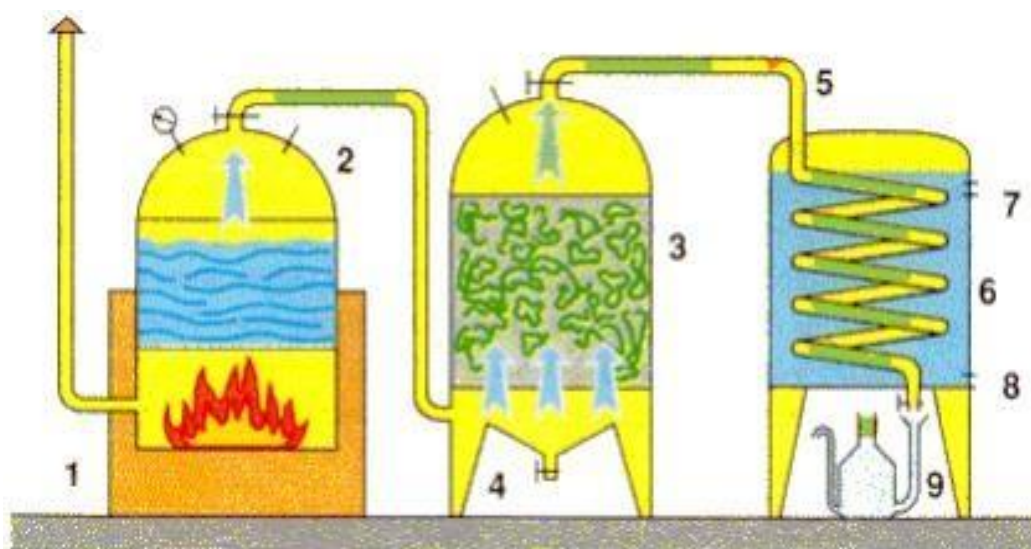


Figure 4: Alambic d'entraînement à la vapeur

4.3 La méthode d'extraction par solvant :

Certains végétaux, en particulier les fleurs, sont trop fragiles et ne supportent pas les traitements par distillation comme les fleurs de jasmin, d'œillet, de tubéreuse...etc, Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, cyclohexane, l'éthanol. Le solvant choisi, en plus d'être autorisé, devra posséder une certaine stabilité face à la chaleur, la lumière ou l'oxygène. La technique d'extraction par solvant, consiste à placer, dans un extracteur, un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique (**El haïbe, 2011**).

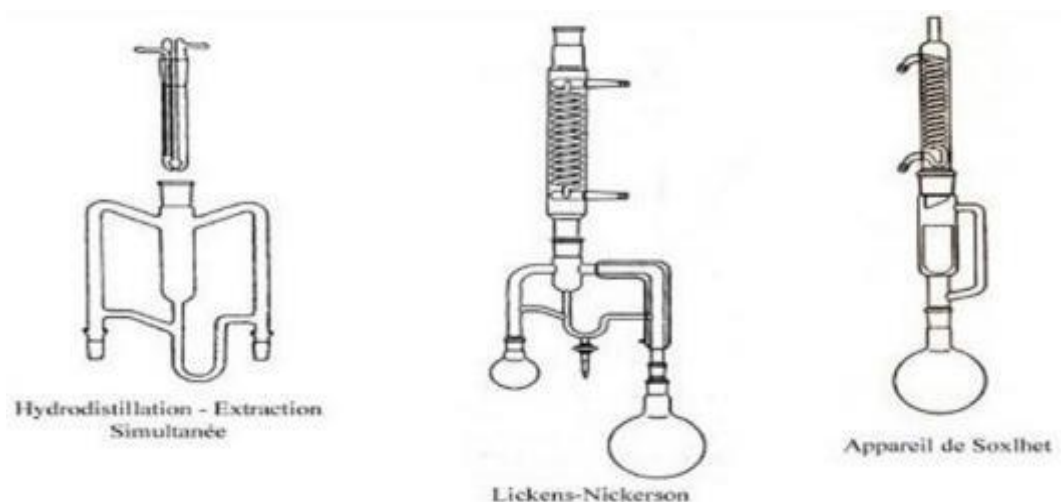


Figure 5 : Les différents types d'extraction par solvants volatils

4.4 La méthode d'expression à froid :

On appelle cette méthode «expression à froid», car elle n'implique aucune chaleur. La majorité des huiles essentielles de noix et de graines et d'agrumes sont extraites par pression à froid. En général, cette méthode produit des huiles de bonne qualité. Le procédé consiste à soumettre la matière à une grande pression mécanique.

Parmi les différentes méthodes d'extraction par pression, l'extraction à l'éponge est largement utilisée. Historiquement, cette méthode impliquait une extraction manuelle où la pulpe, l'écorce et le cœur du fruit étaient séparés, puis immergés dans l'eau tiède pour rendre l'écorce plus souple. Lorsque le fruit absorbe de l'eau, il devient plus souple, en retournant le fruit les cellules d'huile se brisent. Ensuite, on presse l'écorce contre une éponge pour extraire l'huile volatile. Cette huile est ensuite collectée dans un récipient avant d'être décantée (Jacqueline, 2009).

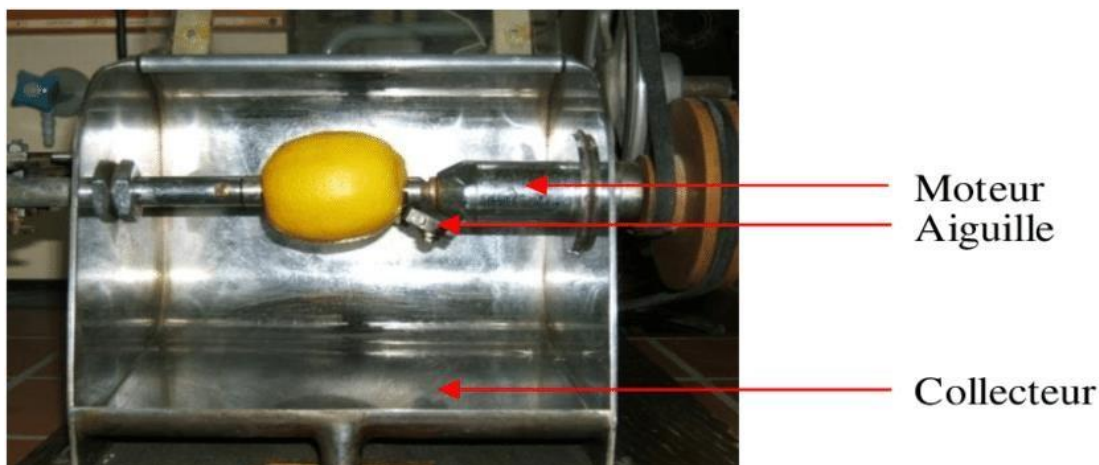


Figure 6 : Schéma du montage de l'expression à froid (Chemat,2017)

4.5 La méthode d'extraction par micro-ondes :

En 1986, Ganzlera été le premier à proposer une technologie d'extraction solvant auxiliaire pour micro-ondes pour analyse chromatographique. Comparée aux méthodes traditionnelles, cette technologie permet de réduire le temps d'extraction, ce qui se traduit par une diminution des coûts énergétiques. En 1990, Paré et al. Ont déposé le premier brevet européen sur « *l'extraction assistée par micro-ondes de produits naturels* ».

Cette technique d'extraction est une combinaison de chauffage micro-ondes et d'une distillation à la pression atmosphérique consiste à placer le matériel végétal seul dans un réacteur micro-ondes. Le chauffage de l'eau présent dans la plante permet la rupture des glandes contenant l'huile essentielle. Ce processus libère l'huile essentielle qui est ensuite transportée par la vapeur d'eau rejetée à partir de l'eau propre de la plante, il est ensuite récupéré à l'aide des procédés classiques de condensation, refroidissement et décantation (Labiod, 2016).

- D'un point de vu qualitatif et quantitatif, ce procédé semble être le plus performant et économique que les méthodes classiques telles que l'hydrodistillation ou l'entrainement à la vapeur (Lucchesi et al. ,2004).
- L'avantage essentiel de ce procédé est de réduire considérablement la durée de distillation, permettant ainsi des économies d'énergie grâce à des températures plus basses, tout en garantissant un bon rendement d'extrait (Nzeyumwami, 2004).

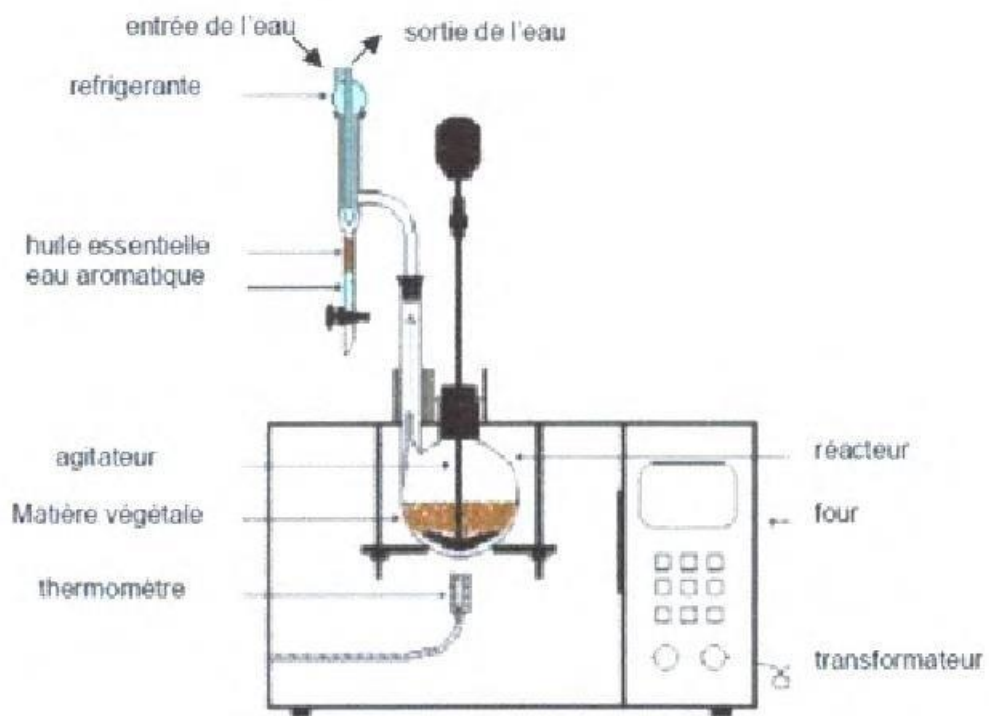


Figure 7 : Principe schématisé de l'appareillage d'hydro distillation sous micro-ondes
(Iagunez, 2006)

CHAPITRE III: MATERIEL & METHODES

1- L'objectif

Le but de notre étude est :

D'aromatiser le miel avec deux huiles essentielles, celle de zeste de citron et celle d'eucalyptus.

Évaluer et analyser les miels aromatisés qualitativement et gustativement.

2- Lieu et période de travail

La partie expérimentale portant sur l'étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles et celle portant sur les analyses physico-chimiques et microbiologiques des échantillons de miel ont été réalisées au niveau de laboratoire de recherche : «qualité et sécurité des viandes» dirigé par le Pr DJENANE Djamel de l'université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou et le laboratoire de contrôle de qualité d'ISSER DELICE.

Notre partie pratique s'est déroulée entre le mois de mars et le mois de juillet 2023.

3- Matériel

3-1 Matériel végétal :

Deux bocaux de miel de montagne ont été achetés auprès des apiculteurs de la wilaya de Tizi-Ouzou et deux huiles essentielles de la marque « purenaissance source USA et l'entreprise chargée de sa distribution en Algérie est BIOPAM NATURE OF ALGERIA» de 5 ml ont été achetées sur le marché local (HE de zeste de citron et HE d'eucalyptus).



Figure 1 : Huile essentielle d'eucalyptus



Figure 2 : Huile essentielle de zeste de citron



Figure 3 : Les échantillons de miels.

3-2 Matériel de laboratoire et produits utilisés :

Les verreries, les appareils et les produits chimiques utilisés pour l'accomplissement de notre travail sont illustrés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau I : Appareils utilisés lors de notre étude.		
Appareillage	Model	Fonction
Balance	KERN	Pesée précise
Bec Bunsen		Stérilisation de la zone de manipulation
Étuve	BINDER	Incubation
Stérilisateur	BINDER	Stérilisation
Agitateur	STUART SSL2	Agitation des tubes
Bain marie	MEMMERT	Chauffage des milieux de culture et des échantillons

PH mètre	HANNA	Mesure du PH
Plaque de cuisson	FIRSTLINE	Préparation des milieux de culture
Dessiccateur	RADWAG	Déterminer l'humidité
Refractomètre BRIX	EUROMEX	Déterminer la teneur en sucre
Activité mètre	HygroLAB	Mesurer l'activité de l'eau (Aw)
La hotte	BIOAIR	La solidification des milieux de culture liquides ou gélifiés

Tableau II : Verreries et autres
Béchers
Erlenmeyer
Éprouvettes
Tubes à essai
Boîtes de pétri
Pipettes pasteur
Pipettes graduées 10ml et 1ml
Micro pipette
Pince & disques
Spatule
Gants
Sacs Stomacher

Tableau III : Produits et milieux de culture
Eau distillée
Gélose nutritive
BHIB BrainHeartInfusionBroth
Mueller Hinton
L'eau pipetoné
Milieu gélosé Sabouraud

4- Évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles

4-1 Micro-organisme testé :

L'évaluation de l'effet antibactérien des huiles essentielles a été faite sur *Bacillus cereus* (ATCC 14579). *Bacillus* est une bactérie en forme de bâtonnet à Gram Positif, sporulée, pathogène opportuniste très répandue dans l'environnement et fréquemment isolée des plantes et des aliments (**Stenfors et al., 2008**). Elle est mobile avec ciliature et péritriches, anaérobie facultative. Leur croissance est optimale à une température comprise entre 30 °C et 37 °C. Elle cause des intoxications alimentaires avec des symptômes émétiques et diarrhéiques caractérisés par la présence de crampes abdominales, d'une diarrhée aqueuse profuse et d'un ténesme rectal parfois associés à de la fièvre et à des vomissements (**Racha et al., 2016**). Ces bactéries sont considérées comme étant un indicateur d'une contamination tellurique ou environnementale (**Antoine, 2016**).

La souche *Bacillus cereus* (ATCC 14579) nous a été fournie par Dr. TITOUCHEDe laboratoire pédagogique de microbiologie de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'UMMTO, elle a été conservée sur bouillon nutritif à 4°C.



Figure 4 : La souche bactérienne fournie (*Bacillus cereus* ATCC 14579)

4.2 Tests microbiologiques :

4.2.1 Préparation de pré-culture (revivification de la souche) :

Les tests antibactériens doivent être réalisés à partir des cultures jeunes de 18 h à 24 heures en phase de croissance exponentielle.

L'inoculum a été préparé à partir d'une culture pure et jeune sur le milieu Mueller Hinton (MH).

On a prélevé à l'aide d'une pipette pasteur une biomasse ; puis on l'a déchargée dans un tube à essai qui contient 5 ml de BHIB stérile, on a bien agité et on a incubé pendant 1 h à 37 °C.

Après incubation un ensemencement a été réalisé en prenant 5 µl de l'inoculum, on l'a versé dans des boîtes de pétri contenant la Gélose Nutritive, puis on l'a étalé sur la totalité de la surface gélosée à l'aide d'une pipette pasteur (incliné forme d'un râteau avec la flamme du bec Benzène), de haut en bas en tournant la boîte de pétri, et on a incubé à 37 °C pendant 18h ou 24h.

4-2-2 Préparation de la suspension bactérienne (dénombrement des bactéries) :

A partir des cultures jeunes (18 h), sur Gélose Nutritive, on a prélevé des colonies bactériennes à l'aide d'une pipette pasteur et on les a déchargées dans 10 ml de BHIB stérile, on a agité pendant quelques secondes et on a incubé pendant 1 h à 37 °C.

Après incubation, et obtention de la solution mère, on a effectué les dilutions successives ; on a préparé 7 tubes à essais qui contiennent 9 ml de BHIB stérile.

Avec une pipette graduée 1 ml, on a pipeté 1 ml de de la solution mère et on l'a introduit dans le 1^{er} tube qui contient 9ml de BHIB stérile, et on a agité.

On a ensuite pipeté 1 ml de ce 1^{er} tube et on l'a versé dans le 2^{ème} tube.

On a continué cette dilution de 1/10, jusqu'à ce qu'on est arrivé au dernier tube qui est le 7^{ème}. On a pris 0,5ml du 6^{ème} tube et on l'a mis dans une boîte de Pétri, ensuite on a versé l'équivalent de 15 ml de Gélose Nutritive, et on a mélangé la boîte de Pétri en formant des huit afin que les deux solutions se mélangent bien et occupent toute la surface de la boîte de Pétri.

On a effectué la même opération pour le 7^{ème} tube, et on a réalisé deux boîtes de Pétri pour chacun, pour avoir des concentrations de 10^6 UFC/ml et 10^7 UFC/ml.

On a incubé les boîtes de Pétri à 37°C pendant 18h à 24h.

4.2.3 Évaluation qualitative de l'activité antibactérienne des huiles essentielles par la méthode de diffusion sur gélose :

- **Principe :**

Cette méthode de diffusion en gélose par l'utilisation des disques stériles de papier filtre (6mm de diamètre). Elle consiste à estimer l'inhibition de la croissance des germes testés soumis au contact des échantillons à tester dans notre cas les huiles essentielles de citron et d'eucalyptus, elle est surtout utilisée en étape préliminaire à des études plus approfondies, car elle permet d'accéder à des résultats essentiellement qualitatifs.

La technique utilisée est celle de (Hayes et al., 2002 ; Molan, 2009), avec quelques modifications.

Préparation de l'inoculum :

On a prélevé des colonies bien isolées à partir des souches jeûnes de 10^7 UFC/ml (de 18 h), à l'aide d'une pipette pasteur, et on les décharges dans un tube à essais qui contient 5ml de BHIB, on a agité et on a incubé 1 h à 37 °C.

Après incubation on a pipeté à l'aide d'une micropipette, 10µL de l'inoculum et on l'a versé dans des boîtes de Pétri qui ont déjà un milieu de culture gélosé Muller Hinton qui est refroidi et solidifié sur la paillasse.

On étale l'inoculum sur toute la surface gélosée à l'aide d'une pipete pasteur qui a la forme d'un râteau.



A : Prélèvement de la biomasse avec une pipette pasteur B : La décharge de la biomasse

Figure 5 : La préparation de l'inoculum.

- **Méthode de diffusion par disque (aromatogramme) :**

Son principe est basé sur une technique utilisée en bactériologie médicale appelée antibiogramme. Elle permet de tester l'effet d'un produit antibactérien sur une souche grâce à la mesure des zones d'inhibitions autour des disques imprégnés des différents produits à tester. La présence de l'inhibition se manifeste par une zone de stérilité autour de disque imprégné. Son diamètre nous permet d'évaluer le degré d'action de la composée traitée sur la croissance des bactéries. En fonction du diamètre d'inhibition, la souche sera qualifiée de sensible ou résistante (Avril et al., 2002).

-Inférieure à 10mm : Souche résistante.

-Egale à 10mm : Souche à sensibilité intermédiaire.

-Supérieure à 10mm : Souche sensible

- ❖ **Préparation des disques d'aromatogramme :**

Les disques sont fabriqués à partir de papier Wathman, avec un diamètre de 6 mm. Ils sont ensuite mis dans un tube à essai, et stérilisés à l'autoclave à 120°C pendant 15 minutes.

- ❖ **Dépôt des disques :**

Un disque de papier Wathman N° 1 d'un diamètre de 6mm a été déposé avec une pince stérile au milieu de la boîte de Pétri sur la gélose MH, après ensemencement, on appuie légèrement.

Puis on imbibe le disque par 10 µl de l'huile essentielle en utilisant la micropipette.

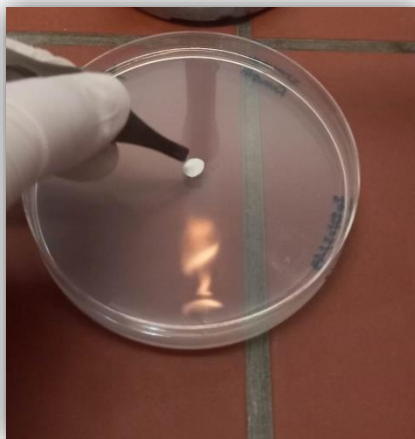


Figure 6 : Le dépôt de disque sur la gélose MH après ensemencement.

❖ **Lecture :**

A la sortie de l'étuve, l'absence de la croissance microbienne se traduit par un halo translucide autour du disque, identique à la gélose stérile, dont le diamètre a été mesuré à l'aide d'une règle décimale y compris le diamètre de disque de 6 mm.

D'après (Ponce et al., 2003), la sensibilité est classée par le diamètre des halos d'inhibition non sensible (-) pour les diamètres moins de 8 mm; sensible (+) pour des diamètres de 8 à 14 mm; très sensible (++) pour des diamètres de 15 à 19 mm et extrêmement sensible (+++) pour les diamètres plus de 20 mm.

4-2-4 Évaluation quantitative de l'activité antibactérienne des huiles essentielles :

❖ **Concentration minimale inhibitrice (CMI) :**

La Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) est définie comme étant la plus faible concentration d'un agent antibactérien capable d'inhiber toute croissance bactérienne visible à l'œil nu après un temps d'incubation de 18 à 24 heures (Chauhan et al, 2010).

❖ **Préparation de la gamme des tubes :**

La détermination de la CMI est réalisée par la technique de macro-dilution en milieu liquide.

❖ **Ensemencement en milieu liquide :**

A l'aide d'une pipette Pasteur, on a ajouté la suspension bactérienne standardisée à 10^7 UFC/ml dans le tube préparé qui contient 5 ml de BHIB stérile, ensuite on l'a incubé 1 h à 37 °C.

Après incubation, 0,5 ml de l'inoculum est transféré dans des tubes contenant 4ml de BHIB stérile et des différentes concentrations des huiles essentielles.

-Pour l'huile essentielle d'eucalyptus:

Les concentrations de l'huile sont : 4 μ l/ml (20 μ l dans le tube), 10 μ l/ml (40 μ l dans le tube), 20 μ l/ml (80 μ l dans le tube), 25 μ l/ml (100 μ l dans le tube), 30 μ l/ml (120 μ l dans le tube) et 35 μ l/ml (140 μ l dans le tube).

-Pour l'huile essentielle de zeste dcitron :

Les différentes concentrations de l'huile sont : 10 μ l/ml (40 μ l dans le tube), 20 μ l/ml (80 μ l dans le tube), 25 μ l/ml (100 μ l dans le tube), 35 μ l/ml (140 μ l dans le tube) et 50 μ l/ml (200 μ l dans un tube).

On incube les tubes à 37 °C pendant 24 heures

Un tube témoin a été réalisé sans aucun agent antibactérien dans notre cas aucune huile essentielle, pour lequel 0,5 ml de l'inoculum standardisé ont été déposés dans 4 ml de BHIB, est également réalisé dans les mêmes conditions.

❖ Lecture :

Après 24 h d'incubation, la lecture se fait en comparant les tubes entre eux et avec le tube témoin qui se caractérise par un trouble.

5- Analyses des paramètres physico-chimiques de miel

Durant la période d'étude, 4 paramètres physico-chimiques sont déterminés : pH ; Teneur en eau (Humidité) ; Taux de sucre (Degré Brix) et l'activité de l'eau (aw).

La mesure se fait chaque 5 jour pendant 15 jours dans des conditions spécifiques pour chaque paramètre.

On a effectué ces analyses physico-chimiques pour le miel témoin, qui est le miel naturel sans aucune addition ni modification ; et pour les miels aromatisés, l'un avec l'huile essentielle de zeste de citron et l'autre avec l'huile essentielle d'eucalyptus.L'aromatisation est à 0,05 % ; dans notre étude on a aromatisé 100 g de miel de montagne avec 50 μ l de l'huile essentielle de zeste de citron et 100 g de miel avec 50 μ l de l'huile essentielle d'eucalyptus.

5-1 Le taux de sucre (Degrés Brix) :

Principe : L'échelle de Brix sert à mesurer en degré Brix (°B ou °Bx) la fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble.

Le mode opératoire :

Le Brix est déterminé avec un Réfractomètre Euromex rd645, qui est un appareil de mesure qui détermine l'indice de réfraction de la lumière d'une matrice solide ou liquide. On a effectué la dilution demie en demi avec l'eau distillée, puis on a agité et on a chauffé à 50 °C afin de le rendre liquide et homogène, on a réglé ensuite le réfractomètre à zéro en rinçant la platine de prisme avec de l'eau distillée et en l'essuyant, on a versé une goutte de miel liquide et refroidit sur la platine de prisme et on a lu le résultat.

On a fait cette méthode pour le miel nature et pour les miels aromatisés.

5-2 Teneur en eau :

La teneur en eau du miel est le critère de qualité qui détermine la capacité du miel à rester stable et à résister à la détérioration par fermentation.

Mode opératoire :

On a utilisé le Dessiccateur RADWAG pour déterminer l'humidité de nos miels (nature et aromatisés), on prend à chaque fois 5 g du miel, on l'étale bien sur la surface de la coupelle et on ferme le dessiccateur. Une fois que la dessiccation est terminée (après environ 30 min), on peut lire le résultat sur l'écran.



Figure 7 : Pesée de 5 g de miel dans le dessiccateur.

5-3 L'activité de l'eau (aw) :

L'activité de l'eau (aw) indique la disponibilité d'eau « libre » d'une matrice alimentaire. Il ne s'agit donc pas de la teneur exacte en eau d'un aliment, mais seulement de l'eau susceptible

d'intervenir dans des réactions chimiques, biochimiques ou microbiologiques (**Tabouret, 1979**).

Mode opératoire :

On mit une quantité du miel dans l'appareil Rotronic qui mesure l'activité de l'eau. Après environs 15min on peut lire le résultat qui s'affiche sur l'écran.

On fait la même chose pour les 3 miels.

5-4 Le pH :

Le pH ou le potentiel hydrogène renseigne sur la concentration en ions hydrogène dans une solution.

Pour le miel, c'est un indice de la réactivité acide du produit la connaissance de cet indice fournit une bonne indication sur l'origine des produits.

C'est en plus l'un des facteurs qui va contribuer à renforcer ou à ralentir la dégradation naturelle du miel. Cette mesure se fait à l'aide d'un pH mètre.

Mode opératoire :

Le pH-mètre est calibré avec des solutions tampons, puis on a rincé les électrodes avec de l'eau distillée et on les a séchées avec du papier. On a immergé ensuite les électrodes dans la solution de miel à 10 % qui contient 5 g de miel et 50ml de l'eau distillée, et la valeur du pH s'affiche sur l'écran du pH-mètre (**Bogdanov, 1997**).

On a fait la même opération avec les 3 miels, le nature, le miel aromatisé avec HE d'eucalyptus et celui qui est aromatisé avec HE de zeste de citron.

6- Analyses microbiologiques

Dans le but de sélectionner la culture fongique, et principalement les levures et les moisissures dans le miel naturel sans modification et dans les miels aromatisés avec l'huile essentielle de zeste de citron et l'huiles essentielle d'eucalyptus; on a utilisé le milieu gélosé de Sabouraud qui est un milieu sélectif pour les levures et divers autres champignons pathogènes et non pathogènes, à cause de son pH bas (5,6) qui inhibe la croissance bactérienne ; et on a suivi le protocole de **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°39** avec quelques modifications.

Mode opératoire :

On a préparé notre solution mère dans un sac stomacher, on a mis 5 g de miel et 45 g de l'eau peptonée, afin d'avoir 50 g de solution et on mélange le tout dans un broyeur (agitateur des sacs stomachers) BAGMIXER.

Après agitation, à l'aide d'une pipette graduée on a pipeté 1ml de la solution et l'a mis dans une boîte de pétrie, et puis on verse au-dessus du Sabouraud et on mélange en formant des huit pour que la solution mère et le milieu gélosé se mélange très bien et se diffusent sur toute la surface de la boîte de pétri.

On dépose ensuite les boîtes de pétri dans la hotte microbiologique BIOAIR, pour que la gélose puisse solidifiée, et en fin on les met dans l'étuve à 28 °C pendant 5 jours.

La lecture se fait le 5^{ème} jour.

NB : On a suivi le même protocole pour le miel nature et les miels aromatisés, et on a réalisé deux boîtes de pétri pour chacun.

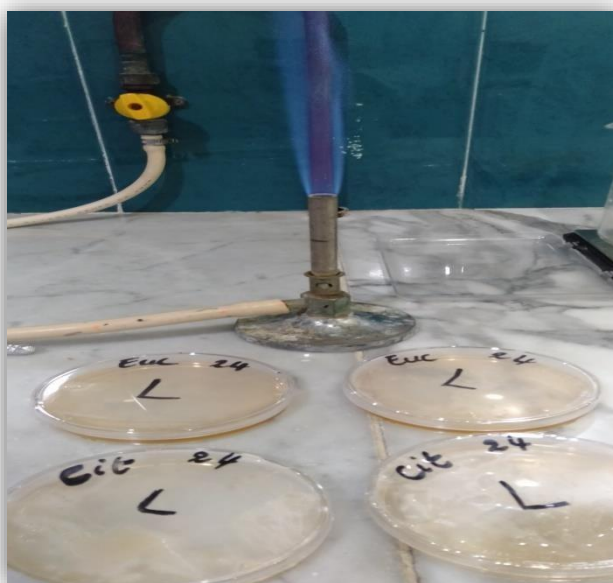


Figure 1 : Analyse microbiologique du miel.

7- Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle peut être définie comme l'ensemble des méthodes permettant d'évaluer les caractéristiques d'un produit en faisant intervenir les organes de sens de l'être humain. Ces organes de sens sont classiquement regroupés en cinq modalités : la vision, le tactile, l'odorat, le goût et l'audition (Danzart et al., 2000)

7-1 L'objectif :

L'objectif visé de cette analyse est de déterminer les propriétés organoleptiques de nos miels aromatisés avec l'HE de zeste de citron et l'HE d'eucalyptus. Au cours de ce test de

dégustation, nous nous sommes intéressés à l'aspect visuel, olfactif et les sensations en bouches perçues lors de la dégustation du produit.

On avait établi un questionnaire où on a demandé aux dégustateurs de nous donner leurs avis à propos : la couleur, l'odeur, la saveur, l'aspect général et quel échantillon ont préférés.

7-2 Le déroulement de la dégustation :

L'analyse sensorielle a été effectuée avec Trois échantillons du miel :

- 1- Miel aromatisé avec l'huile essentielle d'eucalyptus.
- 2- Miel aromatisé avec l'huile essentielle de zeste de citron.
- 3- Miel témoin sans aucune aromatisation.

La dégustation a été faite après l'aromatisation du miel avec les deux huiles essentielles, chaque miel est présenté dans une boîte de pétri et étiqueté avec un code (1,2 et 3).

NB : On a effectué des tests préliminaires pour l'aromatisation du miel avec les deux huiles essentielles, on a aromatisé à 0,05% (10µl d'HE dans 20g du miel) et à 0,1% (20µl d'HE dans 20g du miel) ; on a choisi l'aromatisation à 0.05% (10µl d'HE dans 20g du miel).

Le test de dégustation a été réalisé au niveau de laboratoire physico- chimique de ISSER DELICE ; nous avons présenté les différents miels aux dégustateurs (24 personnes) leur âge est entre 24ans et 40ans.

Les 24 sujets sont invités à décrire leur perception sensorielle globale sur chaque produit selon une liste de critères présentés sous forme d'un formulaire.

D'après (**Nicod, 1998**) ces dégustateurs sont choisis selon les critères suivants :

- Ils ne doivent pas fumer au moins deux heures avant le test
- Ils doivent être volontaires et motivés
- Ils ne doivent présenter aucune aversion vis-à-vis du produit à évaluer
- Ils ne doivent pas être malade, surtout pas avoir faim, ni soif, ni consommer des aliments à parfum fort (café)
- Ils doivent avoir une bonne vision des couleurs
- L'honnêteté des dégustateurs est un critère très important

CHAPITRE IV: RESULTATS & DISCUSSION

IV-1 Résultats

1- Résultats de l'évaluation de l'activité antibactérienne

1.1. Résultats de l'évaluation qualitative de l'activité antibactérienne des huiles essentielles

Méthode de diffusion par disque (aromatogramme) :

Les résultats de l'aromatogramme se sont manifestés sous forme d'halos d'inhibition dont les diamètres ont été mesurés à l'aide d'une règle, ces diamètres sont présentés dans le diagramme ci-dessous.

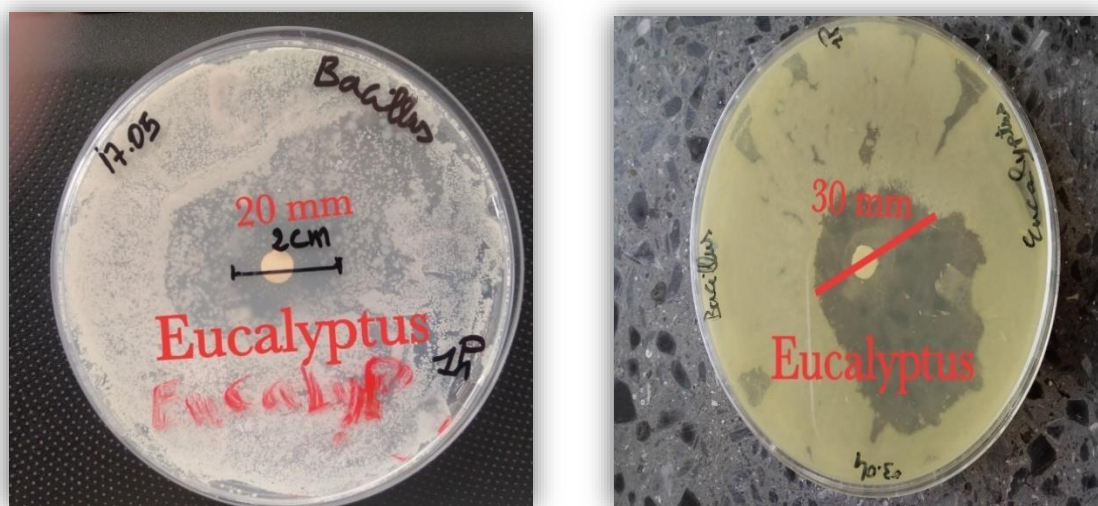


Figure 9 : Résultats de l'activité antibactérienne de l'HE d'eucalyptus exprimés par le diamètre d'inhibition.



Figure 10 : Résultats de l'activité antibactérienne de l'HE de zeste de citron exprimés par le diamètre d'inhibition.

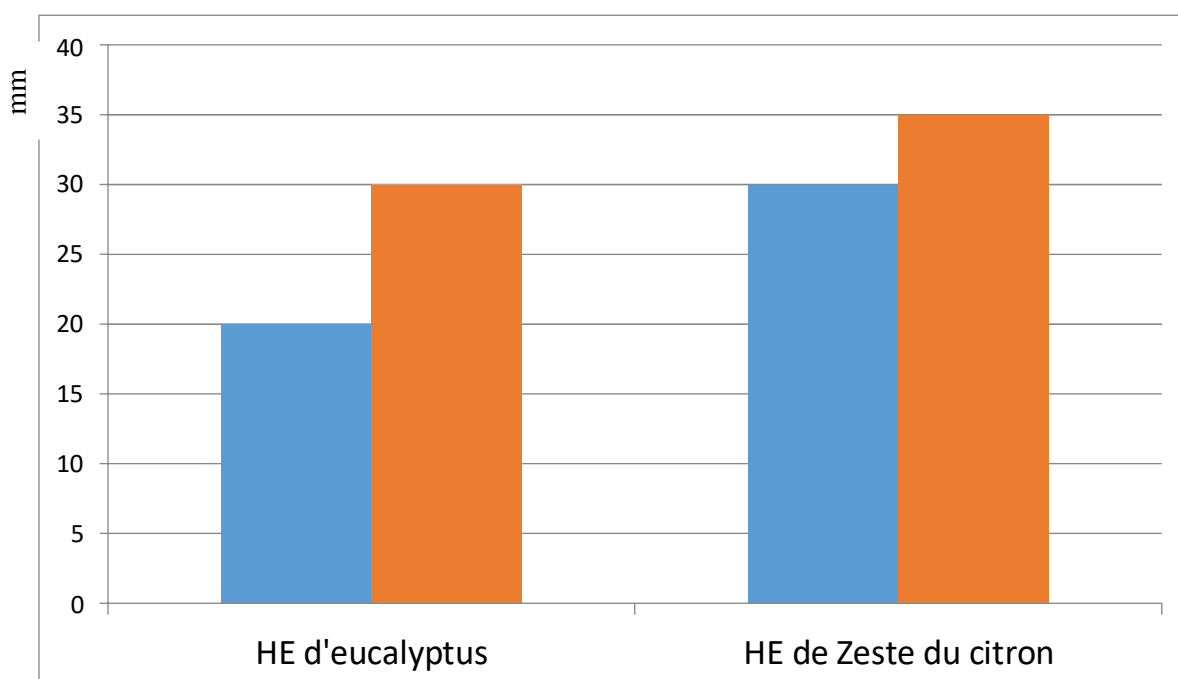


Figure 11 : Diagramme des zones d'inhibition en mm générées par les disques des huiles essentielles vis-à-vis la souche testée (*Bacillus cereus* (ATCC 14579)).

- Les deux huiles, d'eucalyptus et celle de zeste de citron ont un effet inhibiteur et antibactérien sur la *Bacillus cereus* (ATCC 14579).



- Les diamètres d'inhibitions sont 20 mm et 30 mm pour l'huile d'eucalyptus ; et oscillent entre 30 mm et 35 mm pour l'huile de zeste de citron.

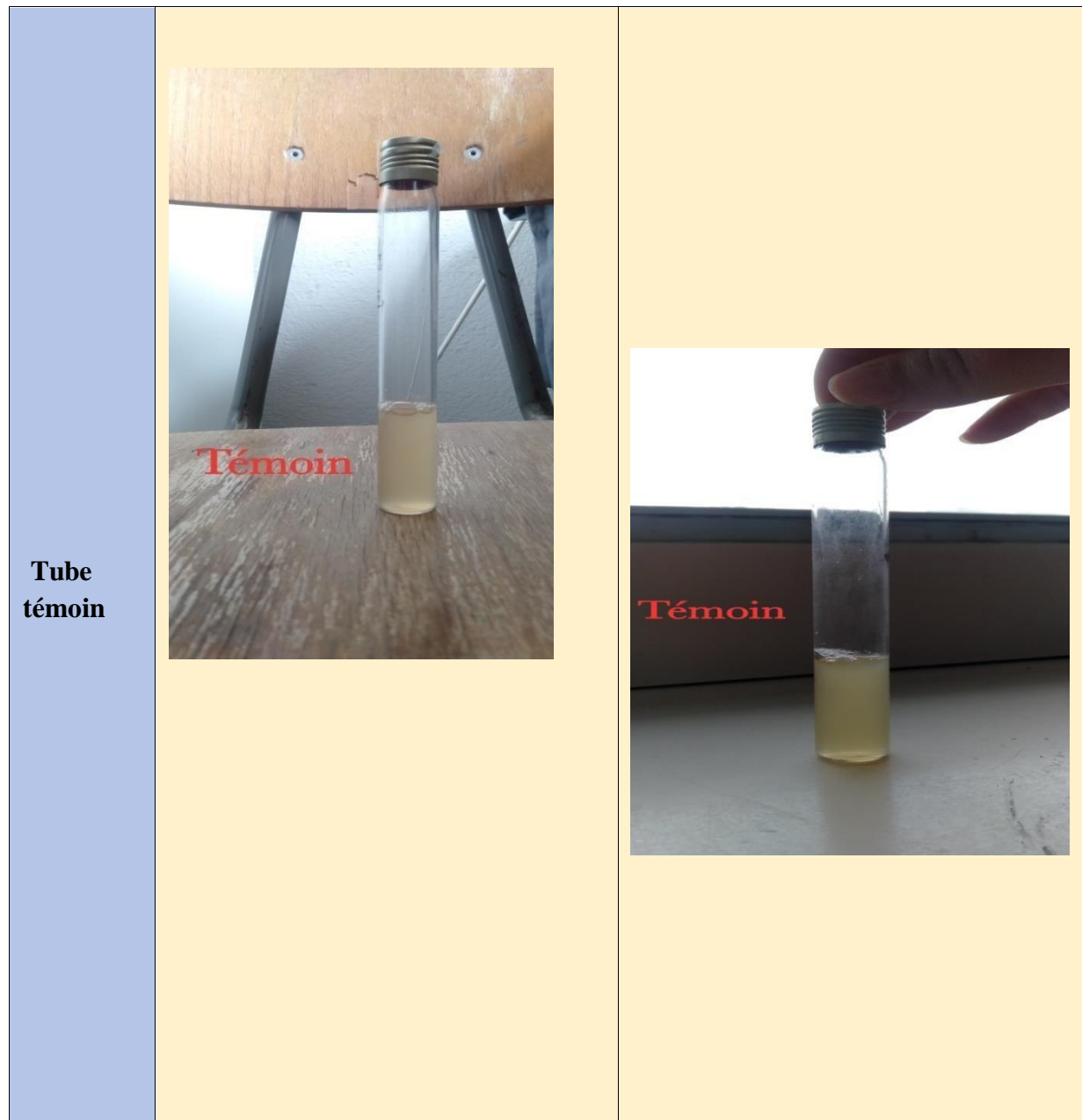
1.2 Résultats de l'évaluation quantitative de l'activité antibactérienne des huiles essentielles :

❖ Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice « CMI » :

Les concentrations correspondantes à la CMI sont exprimées dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV : Résultats des CMI ($\mu\text{l/ml}$) pour *Bacillus cereus* (ATCC 14579)

L'huile essentielle	HE d'eucalyptus	HE de zeste du citron
CMI en $\mu\text{l/ml}$	25	35
Image		



- Il y a eu une croissance bactérienne visible à l'œil pour le tube témoin, ainsi que pour les tubes ayant une concentration de $4\mu\text{l/ml}$ à $20\mu\text{l/ml}$ de l'huile essentielle d'eucalyptus ; celle-ci est devenue absente à partir de $25\mu\text{l/ml}$.
- La CMI est donc de l'ordre de $25\mu\text{l/ml}$ pour l'huile essentielle d'eucalyptus.
- Pour l'huile essentielle de zeste de citron, le tube témoin et les concentrations allant de $10\mu\text{l/ml}$ à $25\mu\text{l/ml}$ ont eu une croissance bactérienne visible à l'œil nu ; à partir de $35\mu\text{l/ml}$ la turbidité a disparue.
- la CMI de l'huile essentielle de zeste de citron est de l'ordre de $35\mu\text{l/ml}$.

2- Résultats des analyses physico-chimiques

Le tableau V suivant représente les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques des échantillons de miel.

Echantillon 1 : Miel aromatisé avec l'huile essentielle d'eucalyptus.

Echantillon 2 Miel aromatisé avec l'huile essentielle de zeste de citron.

Echantillon 3 : Miel naturel sans aucune addition.

Tableau V : Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques des échantillons de miel.

Echantillon	Jour	Paramètres physico-chimiques			
		Humidité (%)	pH	Degrés Brix°	Activité de l'eau (aw)
Ech 1	5	13	4,02	80,8	0,588
	10	14	4	79,2	0,596
	15	12,5	4,05	81,8	0,610
Ech 2	5	13,6	4,03	82	0,605
	10	13,1	4,09	81,6	0,611
	15	13,7	4	80,6	0,602
Ech 3 (témoin)	0	13,9	4,09	80,2	0,594

2.1 Taux d'humidité :

La teneur en eau est un facteur hautement important car il permet l'estimation du degré de maturité des miels et peut renseigner sur sa stabilité contre la fermentation et la cristallisation au cours de stockage (Nair, 2014).

La teneur en eau des échantillons de miel Ech 1, Ech 2 et Ech 3 est entre 12,50 % (Ech 1, jour 15) et 14 % (Ech 1, jour 10) avec une valeur moyenne de 13.4 %

Les résultats obtenus sont représentés par la figure 12.

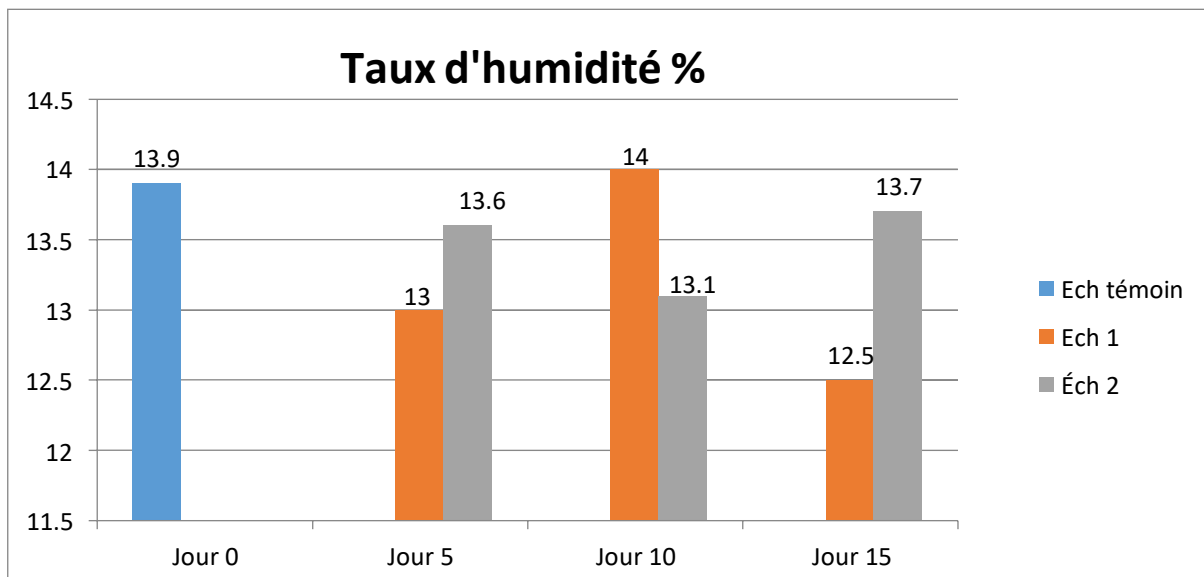


Figure 12 : Représentation graphique du taux d'humidité de chaque échantillon de miel analysé

2.2 Le pH :

Le pH est un critère de qualité, qui figure dans les normes internationales. L'examen des résultats montre que le pH mesuré varie entre 4.00 et 4.09 avec une valeur moyenne de 4.04.

Les résultats obtenus sont représentés par la figure 13

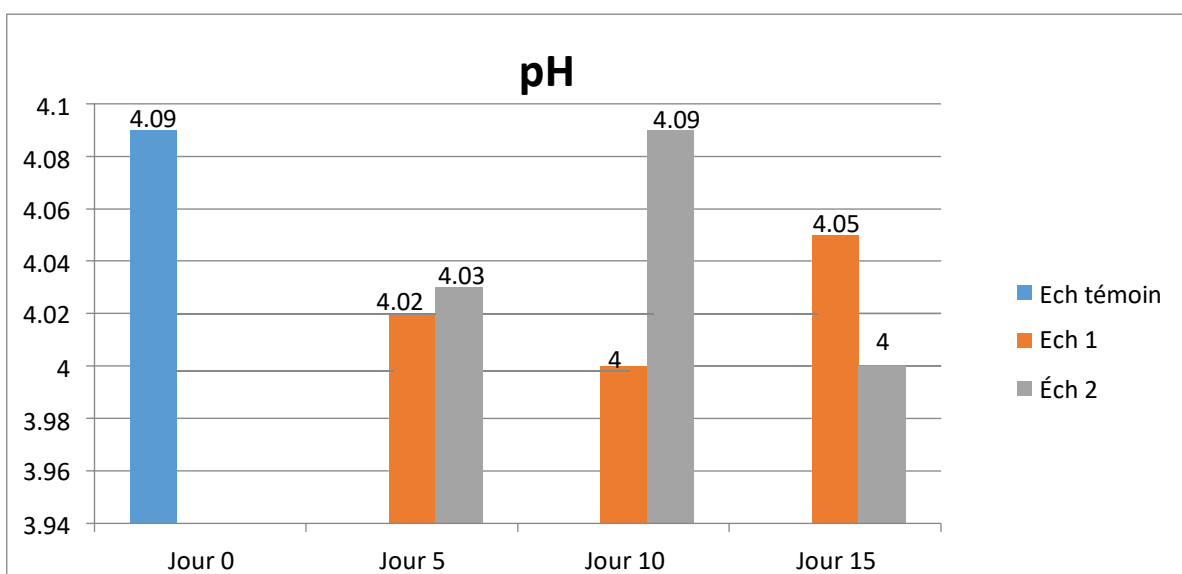


Figure 13 : Représentation graphique du pH des échantillons de miel

2.3 Degrés Brix :

Les valeurs de degré de Brix de nos deux échantillons analysés étaient entre 79,2 % et 80,8 % pour le miel d'eucalyptus, et entre 80.6 % à 82 % pour le miel de zeste de citron, avec une valeur moyenne de 80,88 %.

Les résultats obtenus sont représentés par la figure 14

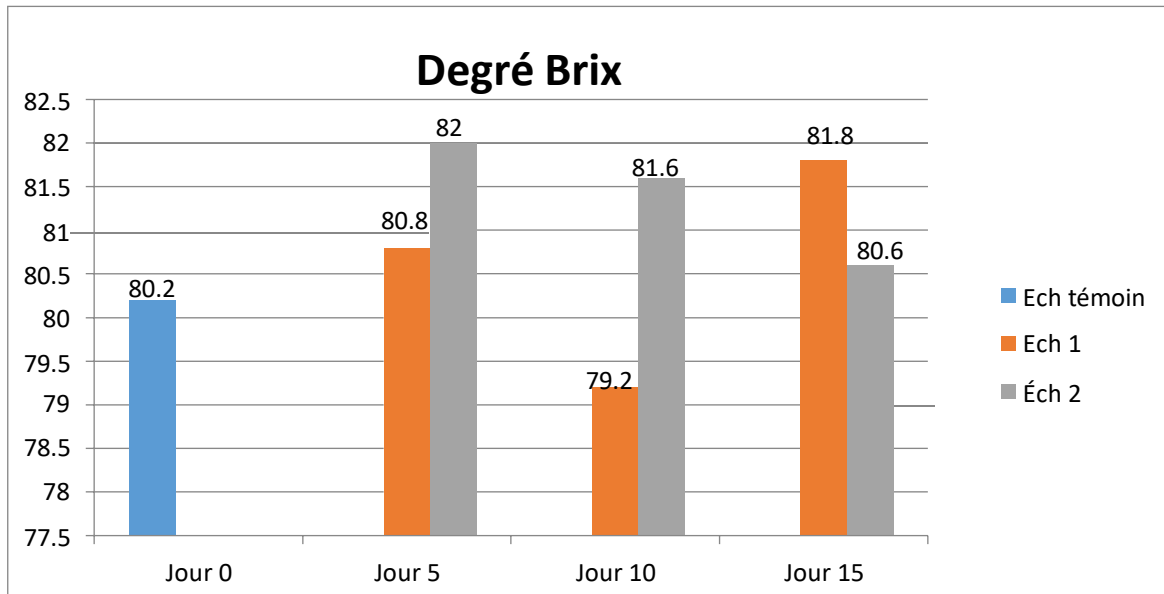


Figure 14 : Représentation graphique du degré Brix des échantillons de miel

2-4 L'activité de l'eau (Aw) :

Nous remarquons dans la figure 15 que l'aw de nos échantillons du miel varie de 0.59 à 0.61 %, avec une moyenne de 0.6 %.

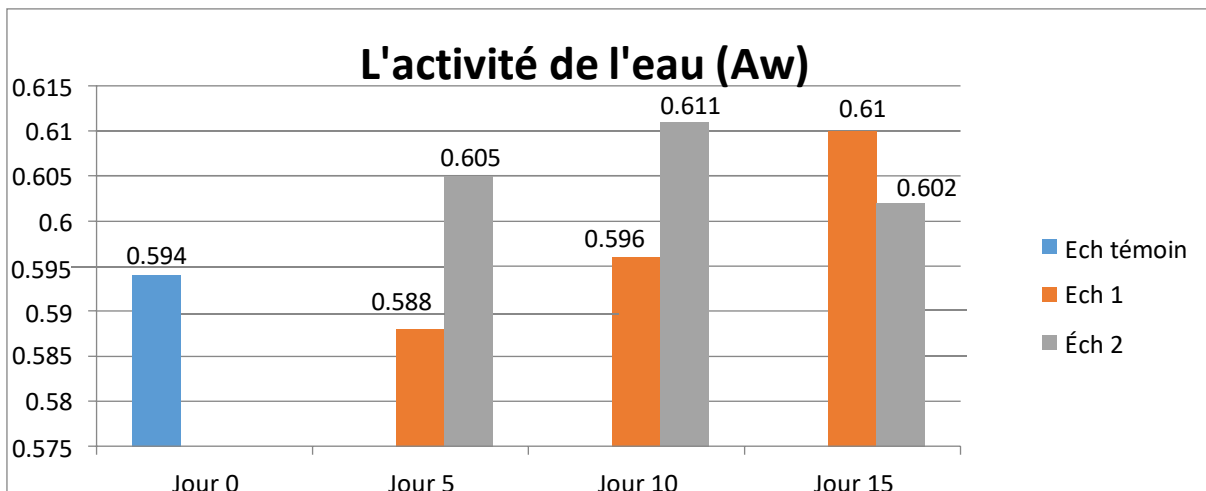


Figure 15 : Représentation graphique de l'activité de l'eau des échantillons de miel

3- Résultats des analyses microbiologiques

Lors de notre analyse microbiologique, on a identifié la présence de levures dans nos échantillons de miel, et aucune trace de moisissures, les valeurs obtenues sont représentées dans le tableau VI.

Échantillon	Levures (ufc/g)		Moisissures (ufc/g)	
Ech 1	1,8×10 ²	2,6×10 ²	Abs	Abs
Ech 2	0,6×10 ²	0,7×10 ²	Abs	Abs
Ech 3	Abs	Abs	Abs	Abs

4- Résultats de l'analyse sensorielle des échantillons de miel

Résultats concernant la couleur :

On observe dans la figure 16 que l'échantillon 1 et 2, 50 % des dégustateurs ont choisi la couleur jaune, et pour l'échantillon 3, 58.33 % des dégustateurs ont choisi la couleur marron. On note que un taux de 0 % pour les attributs : Incolore, Ivoire, Marron foncé.

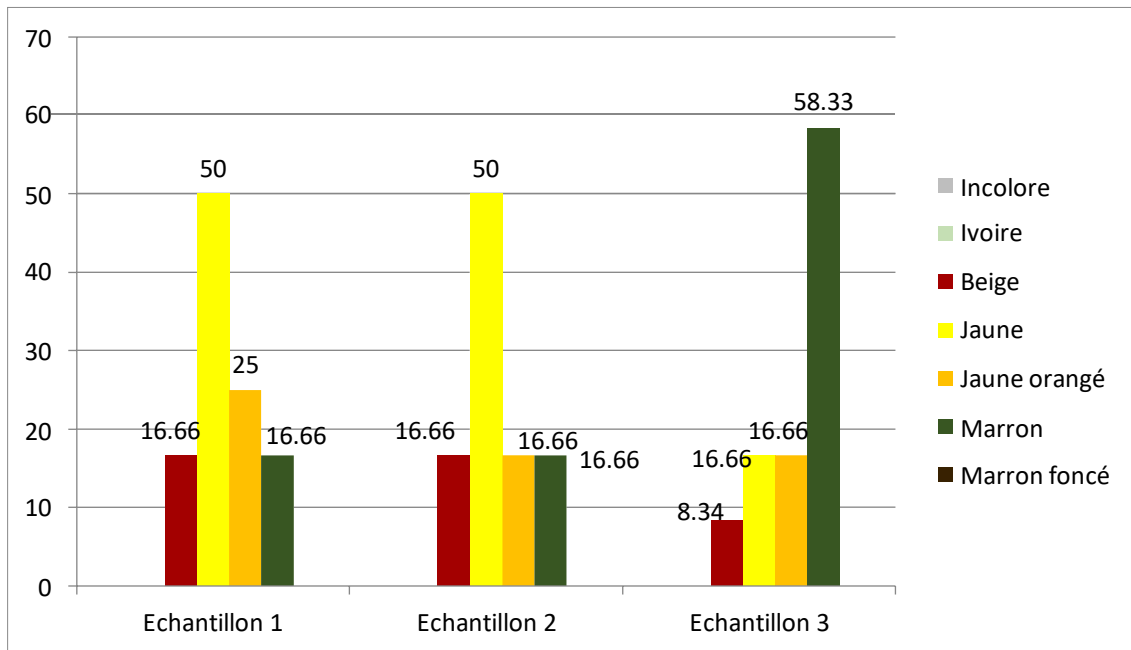


Figure 16 : Histogramme des attributs de couleur pour les trois miels

Résultats concernant l'odeur :

Les résultats obtenus indiquent que l'odeur est forte pour les trois types du miel, 33% des dégustateurs ont choisi que l'échantillon 1 possède une odeur très forte.

50% des dégustateurs ont choisi l'échantillon 2 et 3 comme ayant une douce odeur.

Cela peut être dû à l'équilibre aromatique entre le miel et les huiles, qui nous donnent une douce odeur

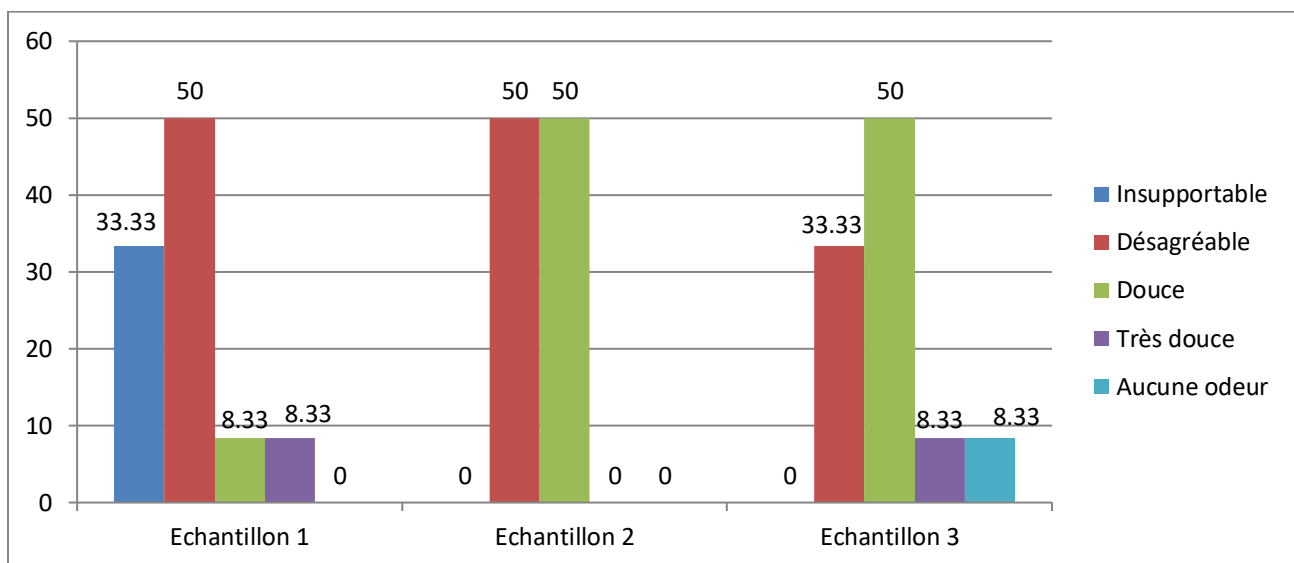


Figure 17: Histogramme des attributs de l'odeur pour les trois miels

Résultats concernant la saveur :

On observe qu'en ce qui concerne l'échantillon 2 et 3 du miel, le gout est sucré. 33.33 % des dégustateurs ont choisi le miel N°1 étant acide et le même pourcentage de dégustateurs témoigné qu'il est piquant.

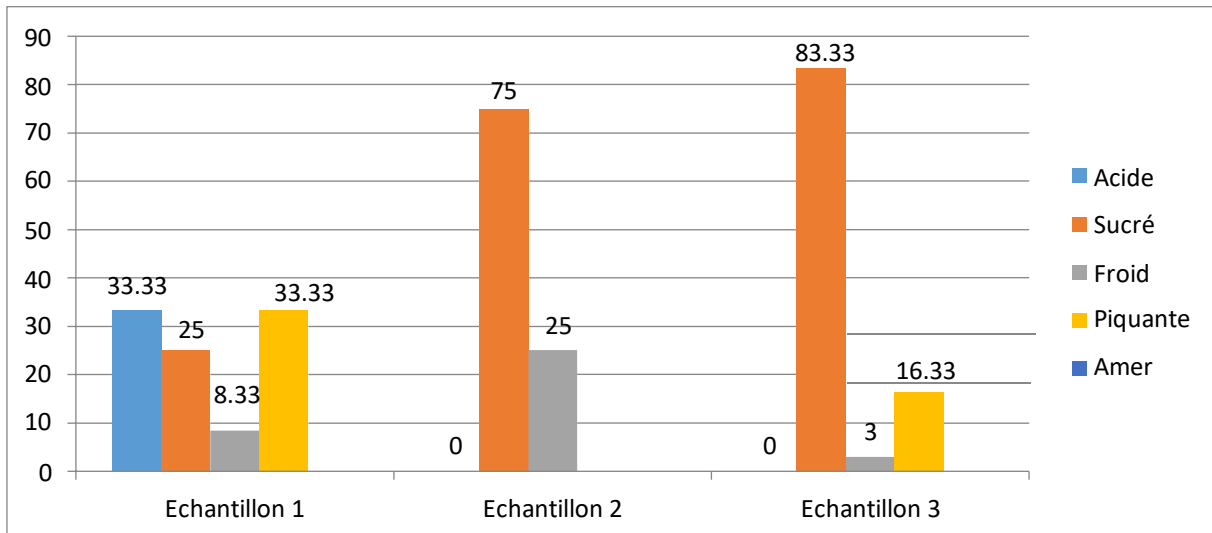


Figure 18 : Histogramme des attributs de la saveur pour les trois miels

Résultats concernant l'aspect général :

On observe dans la figure 19 que 50 % des dégustateurs ont dit que l'échantillon N°1 est désagréable, et le même pourcentage a dit que l'échantillon N°2 est agréable, tandis que pour l'échantillon N°3, 50 % ont dit qu'il est neutre et 41.66% est agréable.

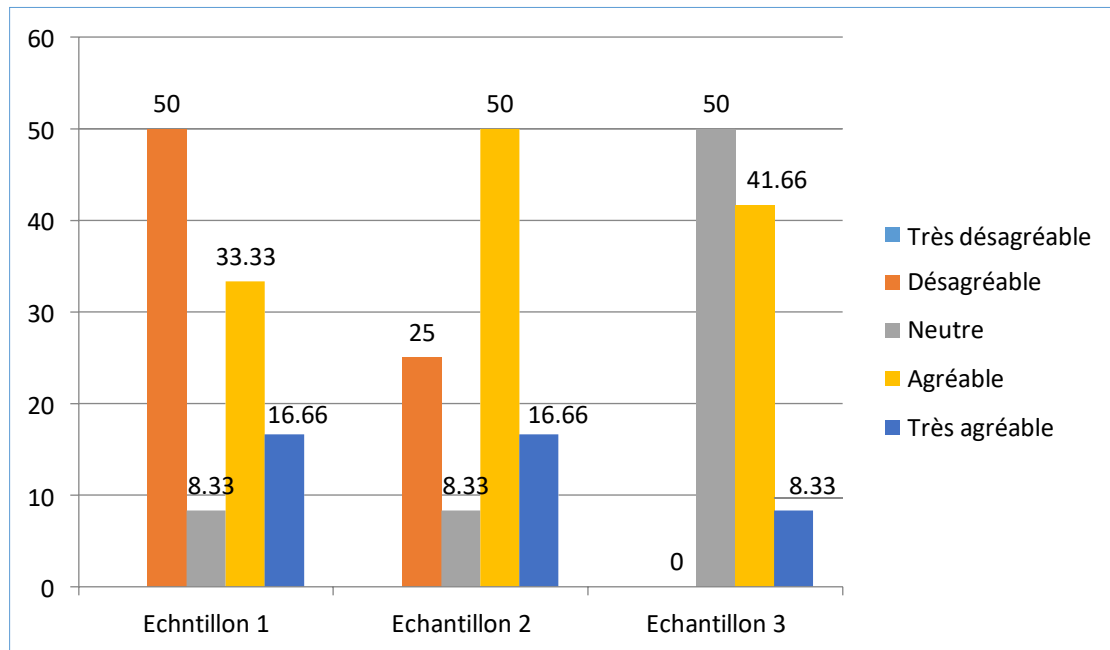


Figure 19 : Histogramme des attributs de l'aspect général des trois miels

Résultats concernant l'échantillon préféré :

Les résultats indiquent que 91.66 % des dégustateurs préfèrent le 2^{ème} échantillon et 8.34 % préfèrent le 3^{ème} échantillon.

Nous avons également enregistré 0 % pour l'échantillon 1, peut-être parce que les abeilles prenaient le nectar de la plante eucalyptus parce que la région de Tizi-Ouzzou possède un grand nombre d'arbre d'eucalyptus, et que nous y ajoutons de l'huile essentielle d'eucalyptus pour l'aromatisation et pour cette raison, le miel avait un goût fort et les dégustateurs ne l'ont pas apprécié.

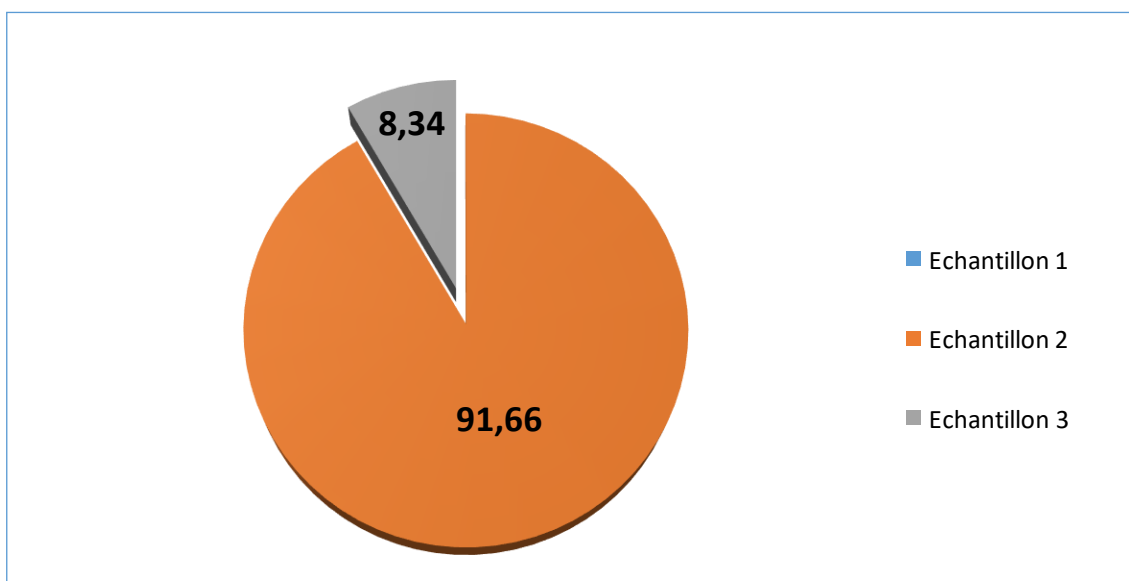


Figure 20: Proportion des personnes relatives sur l'échantillon préféré.

IV-2 Discussion des Résultats

1. Évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles

1.1. Évaluation qualitative et quantitative de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles

La bactérie *Bacillus cereus* est sensible aux différentes concentrations des huiles essentielles, cette sensibilité est déterminée selon le diamètre du halo d'inhibition obtenu par méthode de diffusion sur gélose par disques, comme le tableau ci-dessous montre.

Tableau VII : Récapitulatif des diamètres d'inhibitions en mm et des CMI en µl/ml.

Huiles essentielle	HE d'eucalyptus		HE de zeste du citron	
Diamètre d'inhibition en mm	20	30	35	30
CMI en µl/ml	25		35	

On constate d'après ce tableau que l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de zeste de citron est importante, ce qui nous amène à dire que la bactérie *Bacillus cereus* est extrêmement sensible vis-à-vis l'huile essentielle de zeste de citron.

Des résultats similaires ont été rapportés dans l'étude (Algérienne) de (Himed et al., 2016) où l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de zeste de citron a été testée sur des souches à Gram positif (*Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus* ATCC 29213) et aussi sur des souches à Gram négatif (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853...); et *Bacillus cereus* a montré une sensibilité vis-à-vis l'huile essentielle de zeste de citron plus importante que celle des souches à Gram négatif. Cela est dû à la structure des bactéries Gram négatif qui comporte une membrane lipopolysaccharidique qui est considérée comme une barrière aux composés hydrophobe. (Inouye S et al., 2001). L'étude de (Himed L., 2018) sur l'activité biologique de l'huile essentielle de citron testée sur *Bacillus cereus* et d'autres bactéries, montre des résultats comparables aux nôtres : HE de citron possède un effet

inhibiteur à l'état pur sur la croissance bactérienne avec des diamètres qui varient entre 14mm et 16mm.

D'après les résultats de CMI, on voit qu'à partir d'une concentration de 35µl/ml de l'huile essentielle de zeste de citron la croissance de la souche *Bacillus cereus* est totalement inhibée. En conséquence, la CMI de l'huile essentielle de zeste de citron sur la croissance in vitro de *Bacillus cereus* est 0,8 %.

Himed (2018), a déterminé des CMI des huiles essentielles de citron extraites avec des différentes méthodes, vis-à-vis *Bacillus cereus* et d'autres souches, et les résultats varient entre 200 et 300 µg/ml.

Ces résultats ne sont pas similaires avec les nôtres, ceci est peut-être attribué à la composition chimique de notre huile, et même à la méthode de son extraction.

On constate aussi que l'huile essentielle d'eucalyptus a un effet inhibiteur sur la croissance de *Bacillus cereus*, ce qui veut dire que ce dernier est sensible vis-à-vis cette huile essentielle. Nos résultats concordent avec ceux de l'étude de (**Adouani et al., 2021**), dont ils ont testé l'effet de l'huile essentielle d'eucalyptus brute sur *Bacillus cereus*, et le résultat était positif ; un halo de 11 mm avait été apparu. L'étude de (**AidetKh et al., 2015**) dont l'effet de HE d'eucalyptus brute était testé sur une souche à Gram positif (*Staphylococcus aureus*), et un halo de 32 mm est apparu.

D'après le tableau ci-dessus il est clair qu'à partir d'une concentration de 25µl/ml (0,6 %) de l'huile essentielle d'eucalyptus la croissance de *Bacillus cereus* est complètement inhibée. **AidetKh et al (2015)** ont déterminé la CMI de l'HE d'eucalyptus vis-à-vis des souches à Gram positif et à Gram négatif ; le résultat était positif pour les deux souches et la CMI de cette huile sur la croissance des souches à Gram positif est de 1 %, et de 2 % pour les souches à Gram négatif.

Oussalah et al(2007) ont établi des CMI de vingt-huit huiles essentielles vis-à-vis des souches à Gram positif ; ils ont observé que vingt-six de ces HEs y compris l'HE d'eucalyptus présentaient une CMI ≤ 0.4 % vis-à-vis de la bactérie cible.

D'après les résultats de tableau ci-dessus les huiles essentielles testées ont révélé une activité antimicrobienne importante. Cette activité est liée sans doute à l'ensemble de leurs constituants. (**Mizuki et al., 1990**) ont signalé que l'activité antimicrobienne d'une huile essentielle est reliée essentiellement à ses composés majoritaires, mais sans négliger l'effet synergique des constituants mineurs. **Tajkarimi et al (2010)** ont attribué cette activité aux monoterpènes et sesquiterpènes. Selon (**Griffin et al., 1999**), l'activité antimicrobienne des

terpènes est due essentiellement à leur interaction avec la membrane cellulaire. Ceci a pour conséquence une expansion de la membrane et une augmentation de sa fluidité, permettant ainsi un efflux plus au moins important des composants intra-cytoplasmiques, la mort microbienne s'en suit (**Sikkema et al., 1995**).

Des études antérieures ont démontré que la majorité des HE testées pour leurs propriétés antibactériennes ont un effet plus prononcé contre les Gram positif. La résistance des Gram négatif est attribuée à leur membrane externe hydrophile qui peut bloquer la pénétration de composés hydrophobes dans la membrane cellulaire cible (**Wan, 1998**).

Cette activité antibactérienne des HEs pourrait être expliquée par l'interaction moléculaire des groupements fonctionnels des composants des HEs (Limonène, β -pinène de HE de zeste de citron ; l'Eucalyptol, Alpha-pinène de HE d'eucalyptus et d'autres composants) avec la paroi des bactéries ce qui provoque de profondes lésions. On peut conclure donc que cette activité peut être le résultat d'un effet synergique entre plusieurs composés de ces HEs (**Felice, 2004**).

2. Analyse physico-chimique des échantillons de miel

2.1 Taux d'humidité :

La teneur en humidité est un critère de qualité principalement utilisé pour évaluer la maturité du miel et pour fournir des informations sur la stabilité du produit contre la fermentation pendant le stockage.

La teneur en humidité la plus faible était 12,5% et la plus élevée 14% ; ce miel est provient de la région de Tizi-Ouzou qui est caractérisée par un climat chaud et sec pendant cette période, ce là confirme que le risque de fermentation est très faible dans nos échantillons.

Les résultats obtenus pour ces échantillons sont semblables à ceux obtenues par (**Tornuk et al., 2013**) leurs résultats varient entre 8,99 et 17,40 %, (**Doukani et al., 2014**) ont mesuré l'humidité de quelques types de miels Algériens et leurs résultats oscillent entre 13,4 et 17,2 % et (**Habib et al., 2014**) ont mesuré l'humidité de 5 types de miels et les résultats étaient de 13,63 à 20,60 %. L'étude de (**Amrouche et al., 2003**) sur des miels algériens, a révélée un taux d'humidité qui varie entre 15 et 22,6 % avec une moyenne de 17,68 %.

La variation de la teneur en eau est due à plusieurs facteurs : le climat, l'origine florale, la force des colonies d'abeilles et aux conditions hygrométriques du rucher (**Nandaa et al., 2003 ; Bogdanov et al., 2004 ; Ozcan et al., 2006**).

Nos résultats (12,5% à 14%) sont inférieurs à la limite maximale (20 %) fixée par le conseil de l'Union Européenne (2002) et le Codex Alimentaire (2001), ça indique un bon stockage et un bon degré de maturité de miel étudié.

2.2 Degré de Brix :

Selon les normes du Codex Alimentaire, 2001 et le projet de l'Union européen, 2002, la teneur en sucre du miel ne doit pas dépasser une valeur de 82,5 % pour les miels du nectar et entre 60 à 81 % pour le miel de miellat.

Nos résultats (80 à 82%) ne dépassent pas la limite maximale recommandée par le Codex Alimentaire, 2001. Si le degré Brix d'un miel dépasse la valeur fixée par le Codex Alimentarius ceci peut être justifié par une fraude d'ajout du sirop de sucre.

Les résultats obtenus sont proches de ceux des miels de centre d'Algérie, 80.17 à 84.73 % rapportés par (Zerrouk et al., 2011). Sont aussi similaires avec les résultats de (Chaouche y et al., 2018) qui ont fait une étude sur les miels locaux et importés et leurs résultats varient entre 80 à 84 %. (Bourbia et al., 2020) ont trouvé un degré Brix de 3 types de miels qui varie entre 80 et 83,5 %.

2.3 Le pH

Les résultats obtenus montrent que les miels analysés sont des miels du nectar, étant donné que les miels de miellat ont généralement un pH plus élevé (Bogdanov et al., 1995 ; Downey et al., 2005). Selon (Cavia et al., 2007) tous les miels sont acides, avec des valeurs de pH généralement comprises entre 3,2 et 5,5. 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 obtenues sont similaires avec ceux de (Nair, 2013) qui oscillent entre 3,58 et 5,7, pour les miels d'Algérie ; et avec ceux obtenues par (Makhloufi et al., 2007) pour 66 miels de différentes régions algériennes, et le pH varie entre 3,40 et 6,23. Tous les miels présentent un pH acide mais qui peut considérablement varier d'un miel à l'autre. Une plage de fluctuation du pH allant de 2,25 à 5,5 est obtenue par (Terrab et al., 2002) et (Achouri et al., 2015). Le pH de 15 échantillons de miels analysés oscille entre 3,75 et 5,44 avec une moyenne de 4,29 pour les miels locaux et 4,27 pour les miels importés, résultats obtenus par (Chaouche et al., 2018).

Le pH dépend de la richesse du miel en acides organiques, tels que les acides gluconiques, pyruviques, maliques et citriques, et en éléments minéraux (Cavia et al., 2007).

2.4 L'activité de l'eau (Aw) :

Les valeurs aw du miel varient entre 0,55 et 0,75, et les miels dont l'aw est $< 0,60$ peuvent être du point de vue microbiologique qualifiés et stables, bien que l'activité de l'eau soit un facteur de qualité important elle n'est que rarement déterminé, les chercheurs s'intéressent sur le taux d'humidité (**Bogdanov et al., 2003**).

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par (**Oroian et al., 2017**) avec une aw allant de 0.48 à 0.6 %, et ceux obtenus par (**Adenekan et al., 2010**) oscillent entre 0.41 et 0.56%. L'influence de la composition du miel sur la valeur aw a été étudiée pour la première fois dans les travaux de (**Ruegg et al., 1981**). On constate que l'aromatization de miel avec des huiles essentielles n'a pas apporté des influences sur ces caractéristiques physico-chimiques. Les seuls changements étaient l'odeur, car les HEs ont une odeur forte et prononcée ; et aussi le changement de couleur qui est peut-être dû aux teintures de ces huiles car elles sont légèrement colorées.

2-Analyses microbiologiques

Les levures souvent rencontrées dans le miel, qui est un produit de forte concentration en sucre et de faible teneur en eau, sont des levures osmophiles (**Gonnet, 1982**). Ces levures osmophiles sont probablement de bons indicateurs de la qualité microbiologique du miel (**Nasser, 2004**).

Le nombre varie de $1,8 \times 10^2$ UFC/g à $2,6 \times 10^2$ UFC/g dans l'échantillon 1, et entre $0,6 \times 10^2$ UFC/g à $0,7 \times 10^2$ UFC/g dans l'échantillon 2, quant au 3^{ème} échantillon (témoin) ne présente aucune levure et aucune moisissure, cela peut s'expliquer que les miels naturels sont capables de se stocker pendant une longue durée sans risque de la fermentation rapide, une étude similaire en Côte d'Ivoire par (**Bakary C et al., 2019**) a indiqué que les miels naturels analysés sont dépourvus de levures et moisissures excepté le miel du commerce avec un taux de contamination de 2×10^2 UFC/g.

Selon **LE JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE N°39 2017**(ANNEXE II) la charge des levures et moisissures dans les miels est de l'ordre de 10^2 UFC/g à 10^3 UFC/g, et nos résultats sont dans la norme algérienne.

Le nombre des levures et des moisissures varie entre 15 et 280×10^3 UFC/g de pollen produit par les apiculteurs en Algérie (**Adjlane et al., 2017**). **Tysset et al., (1970)** estiment que le miel n'est plus commercialisable s'il contient plus de 1000 spores de levure UFC/g. Ces auteurs

rapportent qu'un tel miel puisse être utilisé dans des produits nécessitant une chaleur élevée (par exemple, la fabrication des bonbons).

Des chercheurs français ayant étudié 175 échantillons de miel ont trouvé un intervalle de 0 à 2500 UFC/g de levures et moisissures en moyenne 90 UFC/g (**Tyssetet al., 1981**).

Piana et al.,(1991), en analysant 50 échantillons de miel d'Italie, ont enregistré un nombre compris entre 1 et 3500 UFC/g dans 34 échantillons, (**Róžańska, 2011**) a obtenu un nombre de levures et moisissures compris entre moins de 50 jusqu'à 3.3×10^3 UFC/g, et jusqu'à 8×10^4 UFC/g de miel de citron.

La présence de levures dans nos échantillons de miel n'implique pas automatiquement un risque pour la santé ou une détérioration de la qualité puisque nos résultats sont conformes à la norme spécifiée et on est dans les limites acceptables pour la présence de levures dans notre miel.

Ces résultats qu'on a trouvés peuvent être expliqués par :

- Pots de miels aromatisés contaminés.
- Contamination au cours des manipulations microbiologiques.
- Contamination des huiles essentielles par l'homme notamment pendant ou après l'extraction ou par l'air et la poussière.

CONCLUSION

Le miel est un composé biologique très complexe, d'une grande diversité, lui conférant une multitude de propriétés : nutritionnel, thérapeutique et antimicrobienne très intéressante à exploiter au profit de la médecine curative et préventive.

L'Algérie possède une diversité végétale et des conditions climatiques favorables pour les abeilles ce qui lui donne l'avantage d'avoir un miel de bonne qualité et de différents vertus nutritionnels et thérapeutiques.

Les consommateurs sont toujours à la recherche des produits innovants en terme de couleur, d'arôme et de flaveur.

Le développement continu de nouveaux aliments fonctionnels est la réponse de la science et de l'industrie à la sensibilisation accrue des consommateurs à la santé et au rôle des aliments dans l'amélioration de la qualité de vie.

Nous rappelons que les principaux objectifs visés de ce travail sont d'évaluer, dans un premier temps l'activité antimicrobienne des huiles essentielles, celle de citron et celle d'eucalyptus. Dans un deuxième temps, appliquer ces huiles essentielles dans le miel, l'évaluer qualitativement et gustativement, et suivre sa stabilité qualitative.

Les principaux résultats obtenus montrent que les huiles essentielles ont une activité antimicrobienne sur la souche *Bacillus cereus* (Gram+), ils sont comparables à ceux des standards testés.

Les résultats des analyses microbiologiques montrent l'absence des moisissures et présence des levures à des concentrations basses selon le **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE**, et ceci nous permet de dire que notre miel présente une bonne qualité sanitaire.

D'après les résultats de l'évaluation qualitative et gustative des miels aromatisés, on a constaté que les huiles essentielles n'ont pas modifié les principales caractéristiques physico-chimiques du miel ; elles ont apporté un nouveau goût, et d'ailleurs d'après les dégustateurs le miel aromatisé avec l'huile essentielle de zeste de citron est meilleur que le miel nature (non aromatisé).

Concernant les différentes perspectives de ce travail, il serait intéressant d'exploiter les activités antibactériennes et antifongiques révélées de ces huiles essentielles dans le domaine de l'industrie agroalimentaire, d'étudier les interactions entre les composés des huiles

essentielles et la matrice alimentaire et d'évaluer le coût pour une éventuelle application industrielle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abderahim. (1983). Comportement des trois espèces d'Eucalyptus introduite à Bainem. Thèse d'étude (D.E.S).U.S.T.H.B. Alger. 87.

Adenekan MO, Amusa NA, Lawal AO, Okpeze VE. (2010).Physico-chemical and microbiological properties of honey samples obtained from Ibadan. *Published online January 2010*:6.

Adjlane N., Hadj Ali L.M. ,Benamara M., Bounadi O , Haddad N. (2017).Qualité microbiologique du pollen produit par les apiculteurs et commercialise en Algérie. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* Vol 11, N°1, 31-39.

ADOUANI Leila, MERGHADI Ichrak (2021) Étude des activités biologiques des extraits et l'huile essentielle d'Eucalyptus globulus. [Mémoire] : Université LARBI BEN MHIDI D'OUM EI BOUAGHI.

Ahmad A, Azim MK, Mesaik MA, Khan RA. (2008). Natural honey modulates physiological glyceic response compared to stimulated honey and D-glucose. *J Food Sci.* 73(7):165-7.

AidetKhaldia, FilaliFaiza. (2015).L'effet antibactérien de l'huile essentielle d'Eucalyptus globulus sur le développement des bactéries isolées du lait mammiteux. [Mémoire] : Université Ibn Khaldoun de Tiaret.

Amri A. (2016). Contribution à l'étude approfondie de Quelques miels produits en Algérie : Aspect physico-chimique et botanique. Thèse de doctorat en Biochimie., 40- 65.

Amrouche, L., et Kessi, L. (2003). Etude de la qualité physico-chimique de quelques miels. [Mémoire] d'Ingénieur, U.S.T.H.B. ALGER, 49.

Anso J (2012). Du miel à volonté . 1,23

Antoine Y.B. (2016). Contamination du lait cru et de l'attiéké vendus le marchés informels à Abidjan (Côte d'Ivoire) par les groupes *Bacillus cereus* et analyse de risques. Thèse en vues de l'obtention de doctorat de l'université NanguiAbrogua. 358.

Asma Farhat. (2018).Vapo-Diffusion assistée par Micro-ondes : Conception, Optimisation et Application. Thèse en vues de l'obtention de doctorat de l'UNIVERSITE D'AVIGNON ET DES PAYS DE VAUCLUSE. 136.

Assie B. (2004). Le miel comme agent cicatrisant [Mémoire].Toulouse : Université Toulouse III.

- Avril JL, Fauchère JL. (2004).** Bactériologie générale et médicale. Paris: *EditionsEllipses*; 368.
- BACHA. H. C ; (2005).** Le miel entre le coran et la science. *La revue Al-iaajazAlilmi* : N°15. 6-11.
- Bakary C, Massé D, Ibrahim K, Guichard BL. (2019).**Qualité Microbiologique, Propriétés Physicochimiques et Profil Sensoriel de Miels de la Région du Worodougou, Côte d'Ivoire. *ESJ*. 2019;15(30).
- Bakkali F., Averbek S., Averbek D., Idaomar M. (2008).** Biological effects of essential oilsA review. *Food ChemToxicol*. 46: 446-475.
- Balas Fanny. (2015).** Les propriétés thérapeutiques du miel et leurs domaines d'application en médecine générale : revue de littérature ; thèse pour obtenir le diplôme d'état de docteur en médecine.
- 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 spectrometry coupled to chemometrics. *Journal of Agricultural. Food Chemistry*, 54: 7235–7241.
- Beneteaud E, (2011).** Les techniques d'extraction, Comité français du parfum.
- Beneteaud, E. (2011).** « Les techniques d'extraction », Comité Français du Parfum
- Bessas A. (2008).** Dosage biochimique des composés phénoliques dans les dattes et le miel récoltés dans le sud algérien [Thèse]. Sidi Bel Abbes : Université DjillaliLiabes.
- Blanc M. (2010).** Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat, Univ. Limoges, 142.
- Bogdanov S. (1997)**Harmonised methods of the European Honey Commission.*Apidologie*. 1- 59.
- Bogdanov S. (2011).** Bee Product Science, 51.,www.bee-hexagon.net
- Bogdanov S. (2016).**Honey composition. Bee Product Science
- Bogdanov S., Beiri K., FigarM. ,Figueiredo V., Iff D., KanzingA.Stochli H et Zurcher K. (1995).**Miel : définitionet directives pour l'analyse et l'appréciation. In << Livre Suisse des denrées alimentaires>>. *Ed. OCFIM* : 1-26

- BOGDANOV S., BIERI K., GREMAUD G., IFF D., KANZIG A., SEILER K., STOCKLI H. et ZURCHER K. (2003)** - Produits Apicoles. 23 A Miel, 1-37
- Bogdanov S., Ruok. ET Oddol. (2004)**. Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys. *Apidologie*, 35, 4-17
- Bonté F. Desmoulière A. (2013)**. Le miel : origine et composition. Actualités pharmaceutiques Volume 52, n° 531, 18-21.
- Bossi B. (2009)**. Journal Belty. BOSSI N°01/2009.
- Bourbia .Mémoire Algérien. (2020)** : BOURBIA Mohamed, HAMITOUCHE Lina & LITAMINE Lynda ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE DU MIEL [Mémoire]. Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou; 2020
- Bousbia, N. (2011)**. Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Thèse en co- tutelle présentée pour obtenir de garde de docteur en sciences. Université D'Avignon et des pays de Vaucluse & école nationale supérieure agronomique El Harrach –Alger : 26
- Bradbear N. (2005)**. Apiculture et moyens d'existence durables. Organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 64.
- Bruneau E. (2002)**. Les produits de la ruche. Le traité rustica de l'apiculture. Rusticaéditions . 354-384
- Bruneton J. (1993)**. Pharmacognosie, phytochimie. Plantes médicinales. Edition Technique et documentation, 3ème Edition Lavoisier, Paris. 488.
- Bruneton. (1999)**. Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales, 2^{ème} Ed. Lavoisier, Paris
- Candiracci M., Piatti e., Dominguez b M., Garcia A D., Morgado B., Gutierrez J., Parrado J. et Castano A. (2012)**. Antifungal activity of the honey flavonoid extract against *Candida albicans*. *Journal of agricultural and Food Chemistry* 131 (2), 493-499.
- 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
- Chauhan A, Pandey V, Chacko KM et Khanoal RK. (2010)**. Antibacterial activity of raw and processed honey. *Electronic journal of biology*. 2010; 5(3) :58-66.

- Chauvin R. (1987).** Le miel In « la ruche et l'homme ». *Edition Calmann-Lévy*.45 47.
- Chemat, F.; Rombaut, N.; Meullemiestre, A.; Turk, M.; Perino, S.; Fabiano-Tixier, A.-S.; Abert-Vian, M.(2017).**Review of Green Food Processing Techniques.Preservation, Transformation, and Extraction.*Innov.Food Sci. Emerg.Technol.* 41, 357–377 *Review of Green Food Processing techniques.*
- Codex Alimentarius. (2001).** Codex stan 12-1981, Rev.1 (1987), Rev.2
- Codex norme** pour le miel CODEX STAN 12-1981.
- Descottes B. (2009).** Cicatrisation par le miel, l'expérience de 25 ans. *Phytothérapie*, 2, vol 7 (2) :112-116
- Directive européenne** 2001/110 CE, appelée « directive Miel », transcrite dans le droit français par le décret n°2003-587 du 30 juin 2003.
- Djenane .D. (2015).**Chemical profile, antibacterial and antioxidant activity of Algerian Citrus essential oils and their application in Sardinapilchardus.*Foods* 2015,4, 208-228; doi:10.3390/foods4020208
- DjenaneD.Ouelhadj A, Ait Salem L. (2017).** Activité antibactérienne de l'huile essentielle de Pelargonium x asperum et son potentiel synergique avec la nisine. *Phytothérapie.*
- Donnadieu Yannick. (2001).** Miel [en ligne]. Disponible sur :www.01sante.com.
- Downey, G. (2005).**Learning Capoeira: Lessons in cunning from an Afro-Brazilian art.Oxford: Oxford UniversityPress.
- Elhaïb A. (2011).** Valorisation de terpenesnatureles issus de plantes marocaines par transformations catalytiques : école doctorale science de matière (SDM). Thèse du doctorat. Université de Toulouse. 195
- FAO, Apimondiaet IZSLT. (2021).**Manuelvisual des bonnes pratiques apicoles a l'usage des petits apiculteurs d'Afrique .TECA-Tevhnologies et pratiques pour les petits producteurs agricoles nos. Rome. Disponiblesur :<https://doi.org/10.4060/cb4576fr>.
- Felice , S ., Francesco, A., Nelly, B., Maurezio et Werner, H. (2004) .**Composition and antimicrobial activity of the essential oil of Achilleafalcata L. 291 -294.
- Fettal N et Khenfer A., 1997.** Les produits de la ruche ; 1-22.

Foudil-Cherif Y, Yassaa N, Meklati BY. (2010). Biogenic Emission and Essential Oils of Some Eucalyptus Species: A Comparison Study. In: Dincer I, Hepbasli A, Midilli A, Karakoc TH, eds. *Global WarmingbGreen Energy and Technology*. 357-365.

Fratellone PM, Tsimis F, Fratellone G. (2016). Apitherapy products for medicinal use. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*.12-22.

Garneau François-Xavier. (2006). Le matériel végétal et les huiles essentielles. Thèse pour obtenir le diplôme d'État.UNIVERSITÉ de Chicoutimi (Québec).

GattefosseM (1928). Aromatherapy [Aromatherapie “ les huiles esentieles hormones vegetables”].

Gonnet M. (1982).Le miel, composition, propriétés, conservation. INRA station expérimentale d'apiculture.

Griffin, S.G., Wyllie, S.G., Markham, J.L., Leach, D.N. (1999). The role of structure and molecular properties of terpenoids in determining their antimicrobial activity.*FlavourFrag. J.* 14, 322–332.

Guarch C, Le CozeG.(2008). Le miel. Cuisine, santé et beauté. *Editions Cabédita, Yens sur Morges*, 72.

Guerriat. (2000). Etre performant en Apiculture. » Edition Rucher du Tilleul. apicoles. 415.

Hammer K. A., Carson C. F., Riley T. V. (1999). Antimicrobialactivity of essential oils and other plant extracts. *Journal of AppliedMicrobiology*,,985-990.

Hesham, H.A.R., Abdurahman, H.N. etRosli, M.Y. (2016). Techniques For Extraction of Essential Oils From Plants: A Review. *Australian journal of basic and applied sciences*, 10(16): 117-127.

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

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

Iagunez rivera. (2006). Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffe par induction thermomagnétique directe. Thèse de l'institut national polytechnique de Toulouse, France.

Inouye, S., Yamaguchi, H., Takizawa, T. (2001). Screening of the antibacterial effects of a variety of essential oils on respiratory tract pathogens, using a modified dilution assay method. *J. Infect. Chemother.* 251–254.

JACQUELINE S. (2009). Les Huiles Essentielles, Université de La Réunion.

Jean-Prost P., Medori PA. (2005). Apiculture : connaître l'abeille, conduire le rucher : Editions Tec & Doc. Paris - 7e édition revue et complétée, par Yves Le Conte, 698 p.

Jones R. (2009). Honey and healing through the ages. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science.* 1-5.

Karimi E., Oskoueian E., Hawa Z.J. (2012). Phenolic compounds characterization and biological activities of citrus aurantium bloom molecules; 14: 1203-1218.

Kerdudo A., Dingas A., Fernandez X. and Faure C. (2014). Encapsulation of rutin and naringenin in multilamellar vesicles for optimum antioxidant activity. *Food Chemistry.* 12-19.

Kwakman P.H.S, Tevelde A.A., De Boer L. Speijer D., Vandenbroucke grauls, C.M.J.E, Sebastian A. J., Zaat. (2010). «How honey kills bacteria». *FASEB.J*, vol. 24., 2576-258.

Labiod, R. (2016). Valorisation des huiles essentielles et des extraits de *Satureja calamintha nepeta* : activité antibactérienne, activité antioxydante et activité fongicide. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar-Annaba, Algérie

Labiod. (2016). Valorisation des huiles essentielles et des extraits de *Satureja calamintha nepeta* : activité antibactérienne, activité antioxydant et activité fongicide. Thèse de Doctorat, Univ Badji Mokhtar-Annaba

Lachman, J., Orsak, M., Hejtmankova, A. & Kovarova, E. (2010). Evolution of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. *Food Science and Technology*, 1(43) : 52- 58.

Lequet L. (2010). Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Du nectar à un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur

amateur [Thèse]. Lyon : Université Claude-Bernard - Lyon I

Lobstein A, Marinier F. (2016). Huile essentielle de Citron. *Actualités Pharmaceutiques*. 55-56, 57-60

Louiza HIMED ép. MERNIZ (2018) Évaluation des activités biologiques des huiles essentielles du citron (*Citrus limon*): encapsulation et application comme agent conservateur à la margarine allégée. [Thèse de Doctorat en Sciences] : UNIVERSITE FRERES MENTOURI CONSTANTINE 1.

Louiza HIMED, Salah MERNIZ , Malika BARKAT (2016) Evaluation des activités antioxydante et antibactérienne de l'huile essentielle de *Citrus limon* (variété Lisbon) extraite par hydrodistillation. *Algerian Journal of Natural Products*. 252-260.

Louveaux J. (1959). La technologie du miel. Les Annales de l'Abeille, INRA éditions 2, (4), 343- 354

Louveaux J. (1968). Composition, propriétés et technologie du miel. Traité de biologie de l'abeille. Editions *Masson et Cie*, Paris, Tome 3, 277-324

Louveaux J. (1985)., Les abeilles et leur élevage. Edition opida.165-181.

Lucchesi M.E., Chemat F., Smadja J. (2004).An original solvent free microwave extraction of essential oil from spices.*Flavour and Fragrance Journal*, 19, 134-138

MAGALON G ET VANWIJCK R, (2003). Guide des plaies : du pansement à la chirurgie ED :*Johnlibbey E urotxt Paris* .104

Mathilde B. (2017), l'apithérapie. Thèse pour le Diplôme d'état de Docteur en pharmacie, université Picardie Jules verne, 123.

Mayer Florence. (2012). Utilisation thérapeutique des huiles essentielles : étude de cas en maison de retraite. Thèse pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie ; université de Lorraine; 22.

Mayer, F. (2012).utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Etude de cas en maison de retraite. [Thèse] Université de Lorraine.

Meda A, Lamien CE, Marco R, Millogo J, OG Nacoulmaa. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoïde and prolinecontents in Burkina Fasanhoney, as well as their radical scavengingactivity. *FoodChemistry*, vol. 91 (3) : 571-577.

METRO A. (1970). Les eucalyptus dans le monde méditerranéen. Ed.masson et cie.Paris, 513

Mizuki, E., Akao, T., Saruwatari, T. (1990).Inhibitory effect of Citrus unshu peel on anaerobic digestion.Biol. Wastes 33, 161–168.

Nair S. (2014). Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels Algériens. Thèse de Doctorat en Biologie. Université d’Oran. 202.

Nair, Samira. (2013). Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels algériens .thèse doctorat en biologie. UNIVERSITÉ D'ORAN. 235.

Nasser Laila A. (2004). Isolation and characterization of fungi contaminating packaged honey commonly consumed in saudi Arabia. Ass. Univ. Bull. Environ. Res. Vol. 7 No. 1, March. 1-7

Naves Y.R. (1976) : Parfums, Cosmétiques, savons, Vol. 58, 105. Cité in GARNERO J., 1996 : Huiles essentielles. Techniques de l'ingénieur K345,1-45

Nzeyumwami. (2004) Caractérisation des huiles essentielles de trois plantes aromatique :hyptisSpicigeria , plucheaOvalis et laggeraAurita DEA.(Université de lome-Togo)

Opdyke D.L.J.,2002Eucalyptus oil . 107.

Oroian, M etSorina, R.S. (2017).Honey authentication based on physicochemical parameters and phenolic compounds. Faculty of Food Engineering, Stefan cel Mare University of Suceava, Romania Elsevier.*Computers and Electronics in Agriculture*, 138: 148-156.

Ouchemoukh S., Amessis-Ouchemoukh N., Gómez-Romero M., Aboudf.,Guiseppe, A., Fernández-Gutiérrez A., Segura-Carretero A., Louailech H (2016).Characterisation of phenolic compounds in Algerian honeys by RP-HPLC coupled to electrospray time-of-flight mass spectrometry. *LWT - Food Science and Technology*.S0023-6438(16)30774-5DOI : 10.1016

Oussalah ,M., Caillet ,S., Saucier ,L., Lacroix, M. (2007).Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: Escherichia coli, Salmonella Typhimurium, Staphylococcus aureus and Listeria monocytogenes, *Meat Science*, 236-244.

Patrice B., Frank D. (2014). Manuel pratique d'aromathérapie au quotidien, *édition DésIris*, paris 2014

Piana M. L, Poda G, Cesaroni D, Cuetti L, Bucci, M.A et Gotti P (1991). Research on microbial characteristics of honey samples of Udine province. Riv. Sot. Ital. Sci. Aliment. 20, 293-301

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. Lebensm.-Wiss.u.-Technol. 36, 679-684.

Racham., Faille C., Kallasy M., Gohar M. (2016). *Bacillus cereus* Biofilms same, only different, Frontiers in microbiology, 2016 Jul 7;7:1054

Ramful D., Tarnus E., Aruoma O. I., Bourdon E., Bahorun T. (2011). Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps; *Food Research International*; 44: 2088-2099

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

Rima Y, Smail M, Sadok TH. (2018). Laboratoire Science Alimentaire Université Saad Dahlab Blida. https://www.researchgate.net/publication/363278781_PosterSISA2018

Romano B. (2009). Le chemin du miel. L'école à la ferme, AGRIDEA, 4.

Róžańska H (2011). Microbiological quality of polish honey. Bull Vet Inst Pulawy 55, 443- 445

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

Schweitzer P. (2004). Le monde des miellats. Revue l'abeille de France N°908. Laboratoire d'analyse et d'Ecologie Apicole. 02.

Sesta G, Piana L, Persanooddo L, Lusco L, BELLIGOLI P. (2008). Methyl anthranilate in Citrus honey Analytical method and suitability as a chemical marker. *Hal Science*, 14

Shambaugh P, Worthington V, Herbert JH. (1990). Differential effects of honey, sucrose, and fructose on blood sugar levels. National institutes of Health . *J Manipulative Physiol Ther.* 1991 Jan; 14(1): 91-2.

Siddiqui , I. &Shaukat ,S. (2003).Suppression of root-knot disease by *Pseudomonas fluorescens* CHA0 in tomato: importance of bacterial secondary metabolite, 2,4-diacetylpholoroglucinol. *Soil Biol. Biochem.*, 35, 1615-1623.

Sikkema J., De Bont J.A.M., Poolman B. (1995). Mechanism of membrane toxicity of hydrocarbons.*Microbiol. Rev.*, 59, 201–22

Soto Mendivil et al. (2006). Chemical composition and fungicidal activity of the essential oil of *Thymus vulgaris* against *Alternariacitri*.*E-Gnosis*. 4: 1- 7

Stenfors A.T., Fagerrlund A., Granum E. (2008) From Soil to gut : *Bacillus cereus* ans its food poisoning toxins3 *FEMS microbiology review* 32 (4) : 479-606

Tabouret T. (1979). Rôle de l'activité de l'eau dans la cristallisation du miel.

Tajkarimi M. M., Ibrahim S. A., et Cliver D. O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food.*Food Control*, 21, 1199–1218.

Tornuk, F., Karaman,S., Ozturk, I. Toker, O.S., Tastemur, B., Sagdic, O., Dogan, M. et Kayacier ,A. (2013). Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *IndustrialCrops and Products*, 46: 124-13.

Toutchkov H. (2009). Le miel et les miracles de l'apithérapie, developpement durable.www.Developpementdurable.com

Tysset, C. et Rousseau, M. (1981). Le problème du microbisme et de l'hygiène des miels du commerce, *Rev. Med. vet.*132, 591-600.

Tysset, C., Brisou, J., Durand, C. and Malaussene, J. (1970). Contribution to the study of intestinal microbial infection of healthy honey bees (*Apismellijkra*): inventory of bacterial populations by negative gram. *Ass.Diplom.Microbial.Fat. Pharm. Univ. Nancy Bull.* 116, 41-53

Viel C., Doré J.C. (2003).Histoire et emplois du miel, de l'hydromel et des produits de la ruche. Dans : *Revue d'histoire de la pharmacie,Société d'histoire de la pharmacie.* 7-20

Wan, J., Wilcock, A., Coventry, M.J. (1998). The effect of essential oils of basil of the growth *Aeromonashydrophila* and *Pseudomonas fluorescens*.*J. Appl. Microbiol.*, 84: 152-158.

Yaiche A., Khali M. (2014). « Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques ». Afrique Science. 127- 136

Yakoubi M., Belboukhari N.(2012). Isolement et identification des produits majoritaires des huiles essentielles de trois plantes : *LauneaArborescens*, *LauneaNudicaulis* et *warioniasaharae*. Researchgate. June ; 140.

Younes Chaouche L, Bounsiar N.(2018). Contrôle qualité des miels locaux [Mémoire]. Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

ZerroukS , 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. 243 – 248

Figure 1 : <https://www.merveillesdabeilles.biz/recolte-de-la-propolis/>[consulter le 05 juillet 2023]

Figure 2 : <https://tpeabeilles.home.blog/annexes/>[consulter le 4 avril 2023]

Figure 3 : <https://coteruche.com/blog/p-comment-bien-realiser-la-recolte-du-miel->
[consulter le 05 juillet 2023]

LES ANNEXES :

Annexe I : Résultats de la revivification et de dénombrement



A : Revivification de la souche *Bacillus cereus* (ATCC 14579)

B: La boîte de pétri de dénombrement à partir de la dilution 10^{-7}

Annexe II : Journal Officiel de République Algérienne N°39

15- Autres denrées alimentaires (suite)					
Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc/g)	
		n	c	m	M
Mayonnaise non stabilisée	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 ⁴	10 ⁵
	Levures et moisissures	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
Mayonnaise stabilisée et autres sauces condimentaires	Levures et moisissures	5	2	10	10 ²
	<i>Escherichia coli</i>	5	2	4	40
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
Miel	Levures et moisissures	5	1	10 ²	10 ³
Vinaigre	Germes aérobies à 30 °C	5	1	30	10 ²

Annexe III : La grille de l'évaluation sensorielle de miel

Nom :

prénom :

âge :

Evaluation sensorielle du miel

Couleur	Incolore	Ivoire	Beige	Jaune	Jaune orangé	Marron	Marron foncé
Echantillon 1							
Echantillon 2							
Echantillon 3							

Odeur	Insupportable	Désagréable	Douce	Très douce	Aucune odeur
Echantillon 1					
Echantillon 2					
Echantillon 3					

Saveur	Acide	Sucré	Froid	Piquante	Amer
Echantillon 1					
Echantillon 2					
Echantillon 3					

Aspect générale	Très désagréable	Désagréable	Neutre	Agréable	Très agréable
Echantillon 1					
Echantillon 2					
Echantillon 3					

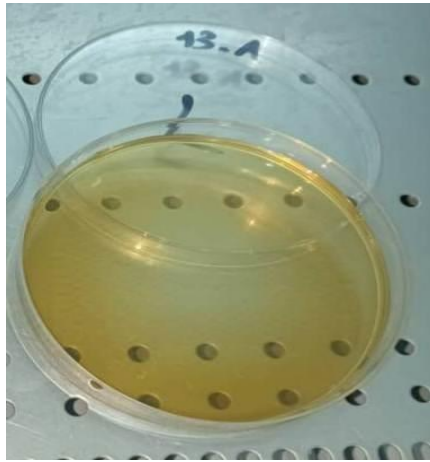
Quel échantillon préférez-vous ?

Echantillon 1

Echantillon 2

Echantillon 3

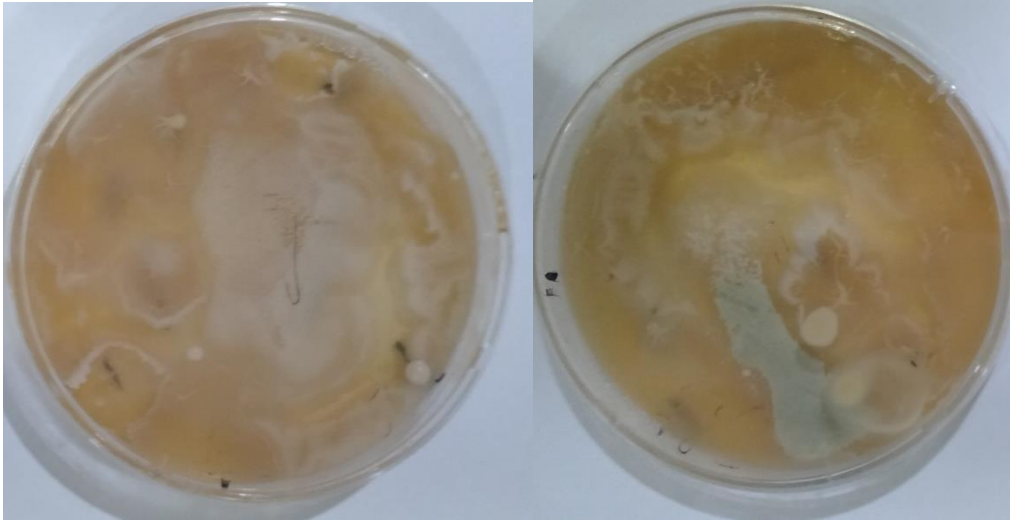
Annexe IV : Résultat de l'analyse microbiologique de miel nature (sans modification).



Annexe V : Résultats de l'analyse microbiologique de miel aromatisé avec HE d'eucalyptus.



Annexe VI : Résultats de l'analyse microbiologique de miel aromatisé avec HE de zeste de citron.



Annexe VIII : Matériels utilisés



Dessiccateur



Le milieu de culture Sabouraud



Le réfractomètre



pH mètre



Appareil de mesure de l'activité de l'eau Aw



La balance



La hotte



L'incubateur

Résumé :

Ce travail présente une étude approfondie sur l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'eucalyptus et de zeste de citron, et puis l'aromatisation du miel par les deux huiles.

L'objectif principal de cette recherche était d'évaluer qualitativement et gustativement les effets de cette aromatisation sur le miel.

Pour atteindre cet objectif, des échantillons de miel ont été préparés en ajoutant une concentration de 0,05 % des deux huiles essentielles et un miel témoin sans arôme, des analyses sensorielles ont été effectuées pour évaluer les caractéristiques organoleptique des miels, telles que la couleur, l'odeur, la saveur, l'aspect générale et quel échantillon préféré.

De plus, des analyses physico-chimiques ont été réalisées pour déterminer les changements éventuels dans les paramètres de qualité des trois miels, et au final un teste microbiologique est réalisé sur les levures et les moisissures dans les 3 échantillons de miels

Les résultats ont révélé que l'aromatisation avec l'huile essentielle d'eucalyptus et de zeste de citron conférait aux miels des changements important sur les caractéristiques analysés selon les dégustateurs. De plus, les analyses physico-chimiques ont démontré une stabilité satisfaisante des paramètres de qualité des miels aromatisés, tels que l'humidité, l'activité de l'eau, le pH et Degrés Brix.

Quant à l'analyse microbiologique nous avons enregistré la présence des levures dans les miels aromatisés et absence des moisissures, et pour le miel naturel, aucun germe n'était identifier.

Cette étude met en évidence la faisabilité et l'intérêt de l'aromatisation du miel avec l'huile essentielle d'eucalyptus et de zeste de citron, les résultats suggèrent que cette pratique peut offrir une diversification des produits alimentaires et une expérience sensorielle enrichie pour les consommateurs.

Mots-clés : miel, aromatisation, huiles essentielles, eucalyptus, zeste de citron, CMI

Abstract :

This work presents an in-depth study of the antibacterial activity of eucalyptus and lemon zest essential oil, and then the aromatization of honey by both oils.

The main objective of this research was to evaluate qualitatively and gustatively the effect of this flavouring on honey. To achieve this objective, honey samples were prepared by adding a concentration of 0.05%.

of the two essential oils and a control honey without aroma, sensory analyses were carried out to assess the organoleptic characteristics of honeys, such as color, smell, flavor, general appearance and which sample preferred . In addition, physico-chemical analyses were carried out to determine possible changes in the quality parameters of the three honeys, and in the end a microbiological test is carried out on the yeasts and moulds in the 3 honeys samples.

The results showed that flavouring with eucalyptus and lemon zest essential oil gave the honeys significant changes in the characteristics analysed by the tasters. In addition, the physico-chemical analyses demonstrated satisfactory stability of the quality parameters of flavoured honeys, such as moisture, water activity, pH and Brix degrees.

As for the microbiological analysis we recorded the presence of yeast in flavoured honeys and absence of molds, and natural honey no trace of both germs.

In conclusion, this study highlights the feasibility and the interest of flavouring honey with essential oil of eucalyptus and lemon zest, the results suggest that this practice can offer diversification of beekeeping products and an enhanced sensory experience for consumer

Keywords: honey, flavouring, essential oils, eucalyptus, lemon zeste, MIC

الملخص :

هذا العمل يقدم دراسة متعمقة للنشاط المضاد للبكتيريا لزيت الأوكالبتوس وقشر الليمون العطري، ثم تعطير العسل بكلا الزيتين كان الهدف الرئيسي من هذا البحث هو التقييم النوعي والعاطفي لتأثيرات هذه النكهة على العسل لتحقيق هذا الهدف، تم تحضير عينات العسل عن طريق إضافة تركيز 0.05% من الزيوت الأساسية وعسل التحكم بدون رائحة، وتم إجراء تحليلات حسية لتقييم الخصائص العضوية للعسل، مثل اللون والرائحة والنكهة والمظهر العام وأي عينة تفضل. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء تحليلات فيزيائية كيميائية لتحديد التغييرات المحتملة في بارامترات الجودة للعسل الثلاثة، وفي النهاية يتم إجراء اختبار ميكروبيولوجي على الخمائر والقوالب في عينات العسل الثلاثة أظهرت النتائج أن النكهة مع زيت الأوكالبتوس وقشر الليمون العطري أعطت العسل تغييرات كبيرة في الخصائص التي حلها المتذوقون. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت التحليلات الفيزيائية الكيميائية استقرارًا مرضيًا لبارامترات جودة العسل المنكه، مثل الرطوبة والنشاط المائي ودرجة الحموضة ودرجات بريكس أما بالنسبة للتحليل الميكروبيولوجي، فقد سجلنا وجود الخمائر في العسل المنكه وغياب القوالب، والعسل الطبيعي لا يوجد أثر لكلتا الجراثيم في الختام، تسلط هذه الدراسة الضوء على جدوى واهتمام نكهة العسل بالزيت الأساسي من الأوكالبتوس وقشر الليمون، وتشير النتائج إلى أن هذه الممارسة يمكن أن توفر تنوعًا في منتجات تربية النحل وتجربة حسية معززة للمستهلكين الكلمات الرئيسية: العسل، النكهة، الزيوت الأساسية، الأوكالبتوس، قشر الليمون، الحد الأدنى للتركيز المثبط