

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du Diplôme Master en Agronomie

Spécialité : sécurité agroalimentaire et assurance qualité

Thème

Evaluation de l'effet de l'aromatisation sur
les caractéristiques qualitatives du miel
durant le stockage à court terme

Présenté par

AIT SAID Sylia & YADDADEN Sabrina & YALALI Tinhinane

Soutenu le 17/07/2023

Devant le jury

Président : Mr. SI TAYEN El Hachimi. MCA UMMTO

Promoteur : Mr. DJENANE Djamel. Professeur UMMTO

Examineur : Mr. BENGANA Mohammed. MCA UMMTO

Année universitaire 2022-2023

Remerciements

*Après avoir mené notre projet de fin d'étude avec toute la volonté et les sacrifices nécessaires, on vaudrait exprimer notre plus profonde gratitude à **Monsieur Djenane Djamel**, pour son rôle essentiel en tant que directeur de mémoire. Votre confiance et le privilège que vous nous avez accordés ont été inestimables. Nous tenons également à souligner combien il a été enrichissant de travailler sur un projet aussi intéressant, qui n'aurait pas été possible sans votre implication.*

Vos qualités de disponibilité et de patience ont été d'une valeur inestimable tout au long de notre recherche. Nous sommes également reconnaissantes pour vos précieux conseils et votre accueil chaleureux dans votre laboratoire. Votre soutien moral et scientifique nous a motivés à donner le meilleur de nous-mêmes.

*Nous adressons nos remerciements les plus chaleureux aux membres du jury, qui ont attribué un temps précieux à l'évaluation de notre travail. Nous sommes honorés par la présidence de jury de **Monsieur Si Tayeb El Hachemi**, maître de conférences A à l'Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie. Nous remercions également **Monsieur Bengana Mohamed**, maître de conférences A à l'Université de Mouloud Mammeri, pour son examen minutieux du manuscrit de travail et sa précieuses discussions. Vos recommandations scientifiques attendues sont très appréciées, et nous sommes conscientes du privilège qui représente l'évaluation de notre travail par un jury de qualité tel que le vôtre.*

*Nous tenons également à exprimer notre gratitude particulière envers **Madame Djenane Fatiha** et tout le personnel du laboratoire Isser Délice pour nous avoir aimablement accueillis au sein de leur laboratoire. Votre hospitalité chaleureuse et votre soutien précieux ont gagné à notre réussite.*

Nous remercions également nos collègues de promotion pour leur soutien tout au long de notre parcours. Nous sommes reconnaissants de l'aide précieuse que nous avons reçue de tous nos collègues et amis, qui ont partagé avec nous leurs expériences dans leurs propres mémoires. Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à rendre ce travail possible. Votre soutien a été inestimable.

En conclusion, nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance envers chacun d'entre vous pour votre soutien inestimable et votre apport essentiel à la réussite de notre projet de fin d'études. Sans votre aide, nous n'envisageons pas d'atteindre nos objectifs. Nous vous sommes extrêmement reconnaissantes.

Avec nos sincères remerciements.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À mes parents pour leur amour inconditionnel, leur confiance, leurs efforts et leur soutien tout au long de ces années.

À ma chère sœur Ouarda

À mes chers frères Aissa et Moussa

À mon cher Anis,

Pour ton aide précieuse, ta générosité, ta compagnie agréable et ton soutien moral tout au long de la réalisation de ce travail. Ta présence et ton soutien ont joués un rôle capital, et je t'en suis infiniment reconnaissante. Ton soutien inébranlable m'a donné la force et la motivation nécessaires pour aller de l'avant.

Une spéciale dédicace à mon trinôme, Syla et Sabrina et leurs familles, avec qui j'ai partagée des moments pleins d'émotions et des souvenirs inoubliables.

Tinhinene

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À mes très chers parents, pour leurs sacrifices durant toutes ces années d'études

À mes chers sœurs, Zahia Sabrina Thanina

À mes frères, Oulhadj Ghiles

À mon trinômes, Tinhinane et Sabrina et leurs familles

À tous ce qui mont aider de près et de loin

À tous ceux qui me sont chers

Sylia

Dédicace

À mes parents, mon père, ma mère, mon frère Nacer et mes deux sœurs Naima, Kenza et mes grands-parents,

Pour votre soutien indéfectible tout au long de ces années. Je suis à court de mots pour exprimer toute ma gratitude envers chacun de vous, pour tout ce que vous avez fait pour moi. Votre amour inconditionnel, vos encouragements constants et votre présence bienveillante ont été des piliers essentiels dans ma vie. Je suis profondément reconnaissante de vous avoir comme famille.

À Slimane,

Pour ton aide précieuse, ta générosité, ta compagnie agréable et ton soutien moral tout au long de la réalisation de ce travail. Ta présence et ton soutien ont joué un rôle capital, et je t'en suis infiniment reconnaissante. Ton soutien inébranlable m'a donné la force et la motivation nécessaires pour aller de l'avant.

À mon trinôme, Syla et Tinhinane et leur famille, avec qui j'ai partagée des moments pleins d'émotions et de beaux souvenirs.

À mes amis, Salha et Tinhinene,

Pour votre soutien inconditionnel et votre amitié sincère qui ont été une source constante d'inspiration et de motivation. Je tiens à vous remercier du fond du cœur pour votre présence dans ma vie. Votre amitié m'est précieuse, et je suis reconnaissante de vous avoir à mes côtés.

Avec toute ma gratitude,

Sabrina

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Chapitre 1 généralités sur le miel

1. Définition	3
2. Formation du miel	3
3. Origine du miel	4
3.1. Le nectar.....	4
3.2. Le miellat	4
3.3. Autre origine du miel	4
4. Classification du miel	4
4.1. Miel de nectar	4
4.2. Le miel de miellat	5
5. Composition	5
5.1.Eau et sels minéraux	6
5.2.Les hydrates de carbone	6
5.3.Acides organiques	6
5.4.Les protéines	6
5.5.Les vitamines	7
5.6.Les enzymes	7
5.7.Les pigments	8
5.8.Les lipides	8

Chapitre 2 propriétés du miel

1. Propriétés physicochimiques	9
1.1. Activité de l'eau A_w	9
1.2. Le pH.....	9
1.3. Humidité	9
1.4. La teneur en sucre (Brix).....	9
1.5. La densité et la viscosité	9

1.6. L'indice de réfractométrie	10
1.7. La conductivité électrique	10
1.8. Le pouvoir rotatoire	10
1.9. Indicateur d'âge (HMF)	10
2. Les propriétés organoleptiques.....	11
2.1. La couleur.....	11
2.2. La texture	11
2.3. Le goût et odeur du miel	11
2.4. Fermentation	12
2.5. Cristallisation	13
3. Propriétés nutritionnelles du miel	15
4. Propriétés thérapeutiques	16
4.1. Propriété antivirale	16
4.2 . Propriétés antimicrobiennes	16
4.3 . Activité antifongique	16
4.4 . Propriétés antioxydantes	17

Chapitre 3 réglementation et législation du miel

1. Réglementation.....	18
2. Les critères de la qualité du miel	18
3. Hygiène du miel	20
4. Emballage du miel et modalité d'étiquetage	20
5. Fraudes, détection et mesure de maîtrise.....	20
5.1. Fraudes par adultération	20

5.2. Fraudes par non-conformité	21
5.3. Pratiques non conformes de la récolte et de traitement du miel	23
5.4. Fraudes par contamination	23
6. Contaminant menaçant la qualité du miel	23
6.1 Dangers physiques.....	23
6.2 Dangers chimiques	24
6.2.1 Les acaricides.....	24
6.2.2 Les antibiotiques	25
6.2.3 Résidus de métaux lourds.....	27
6.2.4 Résidus de pesticides.....	27
6.2.5 Les insecticides	27
6.2.6 Pollution tellurique par des spores de clostridium botulinum.....	27
6.2.7 Radioactivité dans le miel	28
6.2.8 Les organismes génétiquement modifiés	28

Chapitre 4 les huiles essentielles

1. Définition des huiles essentielles.....	30
2. Compositions chimiques des huiles essentielles	30
3. Les propriétés majeures des huiles essentielles.....	31
4. Activité antimicrobienne des huiles essentielles	31
5. Mode d'action des huiles essentielles	31
6. Utilisation des huiles essentielles en Industrie agroalimentaire	32
7. Le miel en association	32
8. Aromiel	32
9. Bio-conservation alimentaire par les huiles essentielles	33

Matériel et méthodes

I. L'objectif et lieu de notre travail	34
1. Matériel	34
1.1. Matériel de laboratoire	34
1.2. Matière première	39
1.3. Matières biologiques	39
2. Méthodes	40

2.1 Tests préliminaires.....	40
2.1.1.Revivification de la souche bactérienne	40
2.1.2. Le dénombrement bactérien	41
2.1.3. Évaluation de l'activité antibactérienne	42
2.1.3.1. Méthode de diffusion par disque	42
2.1.3.2. La concentration minimale inhibitrice CMI.....	43
2.2. Étude de paramètres physico-chimiques de miel	44
2.2.1. Mesure du potentiel hydrogène du miel à l'aide d'un pH mètre	45
2.2.2. Humidité	46
2.2.3. Le degré Brix.....	47
2.2.4. L'activité de l'eau A_w	48
2.3. Analyses microbiologiques	49
2.4. Analyse sensorielle de miel	50

Résultats et discussion

1. Résultat de revivification de la pureté de la bactérie.....	52
2. Résultat de dénombrement	52
3. Activité antimicrobienne des HEs testées	53
3.1.Antibiogramme	53
3.2.La concentration minimale inhibitrice CMI	54
4. Analyses physico-chimiques	57
4.1 Humidité.....	59
4.2 Activité de l'eau	60
4.3 Le degré Brix	61
4.4 Le pH	63
5. Analyses microbiologiques	64
6. Analyses sensorielles.....	66
6.1.La couleur	66
6.2.Odeur	67
6.3.Saveur	68
6.4.Aspect général	69
Conclusion.....	70

Reference bibliographique

Résumé

Figure01: Miel.....	3
Figure 02 : Composition moyenne de miel	5
Figure 01: Stimulation de l'évolution du HMF	11
Figure 02: La roue des odeurs et des arômes des miels.	12
Figure 05 : miel fermenté.....	13
Figure 03: Influence du rapport fructose/glucose sur la cristallisation.....	14
Figure 04: Influence du rapport glucose/eau sur la cristallisation.	15
Figure 05: Les différents types de fraudes sur le miel.	22
Figure 09 : Miel de montagne testé	39
Figure 10 : Les 2 flacons d'Huiles essentielles utilisés	40
Figure 11 : Dénombrement de cellules variables ; ensemencement en masse.....	41
Figure 12 : Dénombrement des cellules variables (ensemencement en masse) par la méthode des séries de dilutions de l'échantillon.	42
Figure 13 : Images originales des étapes suivies lors du test d'antibiogramme	43
Figure 14 : Détermination de la sensibilité aux agents antimicrobiens par la méthode des dilutions.....	44
Figure 15 : Mesure du potentiel hydrogène à l'aide d'un ph mètre Hanna pH 211	46
Figure 16 : Méthode de mesure de l'humidité du miel à l'aide d'un dessiccateur	47
Figure 17 : Étapes suivies lors de mesurage de degrés Brix	48
Figure 18 : AW-mètre marque Rotronic pour mesurer l'activité de l'eau du miel	49
Figure 19 : Les étapes suivies lors de la réalisation des analyses microbiologiques	50
Figure 20 : Résultat de la revivification de <i>Staphylococcus aureus</i> MU50	52
Figure 61 : Résultat de dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	53
Figure 22 : Résultat de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle géranium rosat et zeste de citron sur la bactérie testée	54
Figure 23 : Résultat de la CMI sur la gauche huile essentielle zeste de citron, sur la droite huile essentielle géranium rosat	54
Figure 24 : Représentation graphique des valeurs d'humidité (%).	59
Figure 25 : Représentation graphique des valeurs de l'Aw (%).	60
Figure 26 : Représentation graphique des valeurs du degré Brix (%).	62
Figure 27 : Représentation graphique des valeurs du pH.	63
Figure 28 : Résultats de test microbiologiques	64

Figure 29 : Représentation graphique de résultats d'analyse sensorielle sur la couleur de miel.	66
Figure 30 : Représentation graphique de résultats d'analyse sensorielle sur l'odeur de miel.	67
Figure 31 : Représentation graphique de résultats d'analyse sensorielle sur la saveur de miel.	68
Figure 32 : Représentation graphique de résultats d'analyse sensorielle sur l'aspect général de miel.....	69

Tableau 01 : Principales différences entre miel de nectar et miel de miellat (teneur moyenne).	5
Tableau 02 : Vitamines dans le miel, en mg/100g.	7
Tableau 03 : Effet de la teneur en eau sur le risque de fermentation dans le miel	13
Tableau 04 : Les normes de qualité des miels selon le codex Alimentarius et les normes de l'union européen.....	19
Tableau 05 : Les différents types d'acaricides.....	25
Tableau 06 : Les principaux antibiotiques identifiés dans le miel.	26
Tableau 07 : Matériel utilisés.	34
Tableau 08 : Résultat de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle géranium rosat et zeste de citron sur <i>Staphylococcus aureus</i> MU50 (méthode de diffusion sur gélose).	53
Tableau 09 : Concentrations minimales inhibitrices des HEs de zeste de citron et de géranium rosat vis-à-vis de la bactérie testée.	55
Tableau 10 : Résultats de paramètres physico-chimiques de miel témoin et miels aromatisés (les résultats sont rapportés en moyenne \pm écart-type).	58
Tableau 11 : Résultats d'analyse microbiologique de différents échantillons du miel.....	65

AFNOR : Association Française de Normalisation

Aw : Activité de l'eau

BHIB : Brain Heart infusion Broth

°C : Degré Celsius

CMI : Concentration minimale inhibitrice

DLUO : Date limite d'utilisation optimale

E : eau

F : fructose

G : glucose

GC : chromatographie en phase gazeuse

g : gramme

h : heures

H : humidité

HE : huiles essentielles

HMF : Hydroxyméthylfurfural

HPLC : Chromatographie liquide haute performance

Kcl : kilocalorie

Kg : kilogramme

L : litre

mg : milligramme

MH : Muller Hinton

mL : millilitre

mm : millimètre

LMR : limite maximale de résidus

N° : numéro

OGM : organismes génétiquement modifiés

PCR : Réaction en chaîne par polymérase

pH : potentiel hydrogène

UFC : unité format des colonies

µL : microlitre

% : pourcentage

± : plus ou moins

La connaissance et l'utilisation du miel remontent à des périodes très anciennes de l'histoire de l'humanité. Depuis l'Antiquité, le miel est reconnu pour ses propriétés médicinales préventives et curatives, qui ont été longtemps utilisées empiriquement. Dès 2700 avant J.C., des tablettes d'argiles mésopotamiennes mentionnent le miel non seulement comme un aliment, mais aussi comme un médicament. Mille ans plus tard, les papyrus d'Ebers écrit à Thèbes donnent la formule d'un mélange de miel et de pain de Saint Jean, recommandé comme médicament diurétique. Les égyptiens connaissaient bien le miel, qu'ils utilisaient mélangé à de la propolis pour embaumer leurs morts et éviter leur putréfaction. Ils l'utilisaient également pour panser les blessures et soigner les yeux (Clémence 2005).

Ces caractéristiques intrinsèques proviennent de cette combinaison parfaite entre son origine végétale qui lui donnera sa couleur, ses arômes, ses micro-éléments minéraux et son origine animale liée au travail des abeilles qui fournira de nombreux éléments biologiquement actifs (Bruneau 2018).

Compte tenu de la complexité de sa composition chimique, des normes internationales de caractérisation physico-chimique ont été établies par la commission du codex Alimentarius. Ces normes visent à certifier l'origine botanique des miels et à détecter les différentes causes de non-conformité susceptibles d'avoir des effets néfastes sur le consommateur (Achouri *et al.*, 2021).

Autrement dit les caractéristiques physicochimiques (humidité, sucre réducteur, saccharose, cendres, acide libre, teneur en HMF, pH, conductivité électrique et rotation spécifique), sensorielles et microbiologiques sont utilisées pour déterminer la qualité du miel (Belay *et al.*, 2013).

Comme tout produit biologique, le miel subit des modifications dans le temps qui induisent des changements dans sa qualité. Il est donc nécessaire de connaître les principaux facteurs pouvant altérer sa qualité, notamment la température qui est le principal facteur qui dégrade les sucres conduisant ainsi à la formation de HMF (Clément *et al.*, 2011).

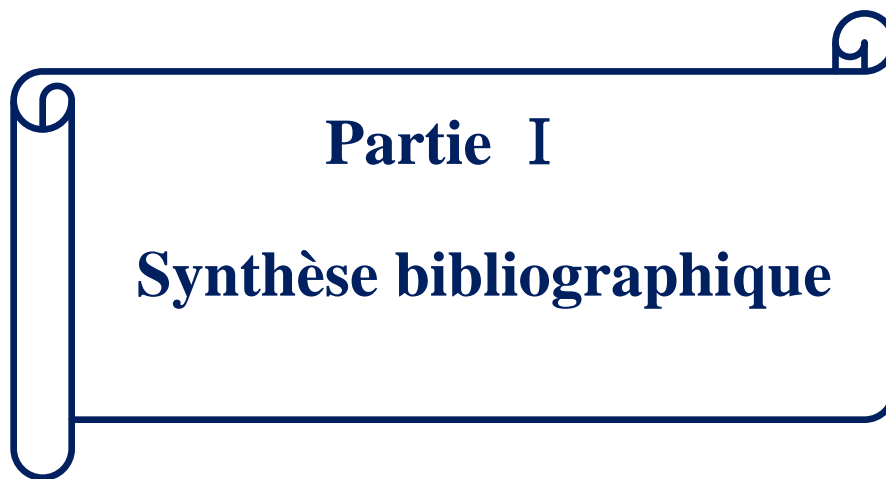
La recherche scientifique dans le domaine de l'api-aromathérapie présente des perspectives prometteuses en vue de développer une nouvelle génération de produits naturels dotés de vertus thérapeutiques intéressantes. L'arômial, qui est un mélange de miel et d'huile essentielle, suscite un intérêt croissant en raison de ses composants synergiques. Cependant, il a été peu étudié jusqu'à présent (Imatra 2021).

Le miel et les huiles essentielles se marient à merveille. Leur alliance donne des remèdes naturels efficaces, très appréciés dans le domaine de la médecine pour traiter divers petits maux du quotidien. Les bienfaits du miel pour la santé sont renforcés par l'ajout d'huiles essentielles. Il est donc recommandé de privilégier ces remèdes (Vaisman 2021).

Cependant, la question soulevée par la présente étude est la suivante : est-ce que l'association des huiles essentielles au miel (miel aromatisé) peut influencer les caractéristiques qualitatives du miel (physicochimique, sensoriel et microbiologique) lors du stockage à court terme ?

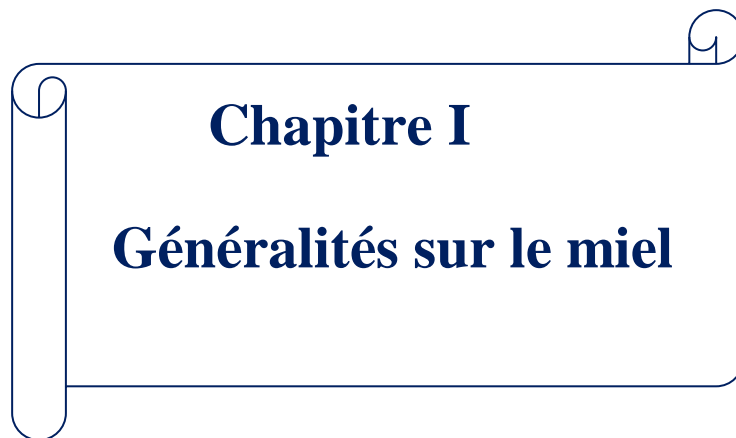
Afin de répondre à cette problématique, cette étude a été divisée en trois parties, décrites ci-dessous :

- La première partie de cette étude sera réservée pour la synthèse des données bibliographiques concernant le miel et sa composition, ses propriétés, la réglementation, législation ainsi les huiles essentielles et leur utilisation en association avec le miel.
- La deuxième partie comportera le matériel et les méthodes d'analyse utilisées.
- La troisième partie regroupera les résultats expérimentaux obtenus et leurs discussions.



Partie I

Synthèse bibliographique



Chapitre I
Généralités sur le miel

1. Définition

Le miel est une substance naturellement sucrée produite par l'abeille italienne à partir du nectar des plantes ou des sécrétions des parties vivantes de plantes ou des excréments des insectes butineurs laissés sur les parties vivantes des plantes, en les combinant par les abeilles avec des substances spécifiques qu'elles produisent elles-mêmes puis sécrétées, déposées, déshydratées, stockées, puis laissées s'affiner et mûrir dans la ruche (Codex Alimentarius 2019).



Figure 1: Miel (passeportsante 2018).

2. Formation du miel

Le processus de transformation du nectar en miel commence une fois que l'abeille butineuse le recueille et le stocke dans sa récolte. De retour dans la ruche l'abeille excrète une petite quantité du liquide stocké dans son jabot en le laissant goutter sur sa langue. Cela augmente la surface d'évaporation et réduit l'humidité du liquide (qui n'est plus du nectar mais pas encore du miel). De nombreuses abeilles effectuent ce processus pour chaque goutte, ce qui prend quelques minutes. À chaque étape, le liquide s'enrichit d'enzymes sécrétées par les abeilles, qui contribuent à la métamorphose. La deuxième étape du processus se déroule dans les cellules. Le liquide, qui ressemble maintenant presque au miel, contient encore beaucoup d'eau. Les abeilles aèrent ensuite les alvéoles pour réduire l'humidité aux alentours de 17 à 19% (chaque miel a des propriétés différentes, mais le taux d'humidité moyen est dans cet ordre). Lorsque le miel est mûr, les abeilles scellent les cellules avec une couche de cire appelée opercule, qui l'isole du milieu extérieur et empêche toute absorption d'humidité, évitant ainsi tout risque de fermentation (Ravazzi 2007).

3. Origine du miel

Selon (Anchling 2000), le miel est créé à partir de sucres qui peuvent être sous forme de nectar ou de miellat.

3.1. Le nectar

Est désigné à partir des glandes nectarifères des fleurs et contient trois sucres principaux, le saccharose, le glucose et le fructose ainsi que des acides organiques, des protéines dont des enzymes, des acides aminés, des substances aromatiques et des composés inorganiques, comme l'explique (Clémence 2005). Selon (Schweitzer 2004) les nectars sont classés selon leur composition en sucres issus de leur source végétale. Il y a des nectars où le saccharose est prédominant, d'autres où les taux de saccharose, de fructose et de glucose sont égaux et enfin, des nectars où le glucose et le fructose sont prédominants.

3.2. Le miellat

Le miellat est un liquide sucré produit par diverses espèces d'insectes qui parasitent de nombreuses plantes, tel que décrit par (Biri 1999). Or, selon (Schweitzer 2004) le miellat contient de nombreux éléments non digestibles pour les abeilles. Les miellats sont reconnaissables à la présence de trisaccharides et des sucres supérieurs, ainsi qu'à leur forte teneur en minéraux, comme le souligne (Schweitzer 2004).

3.3. Autre origine du miel

D'après (Schweitzer 2004) l'abeille peut produire du miel d'autres sources qu'elle pourra trouver dans l'environnement : fruits, canne...etc.

4. Classification du miel

On distingue deux groupes :

4.1. Miel de nectar

- Les miels monofloraux sont majoritairement issus d'une seule espèce végétale et se caractérisent par la prédominance d'un seul type de pollen, comme l'explique Louveaux (1980).
- Les miels multifloraux sont obtenus à partir de la collecte par les abeilles du nectar ou du miellat de plusieurs espèces végétales sans qu'aucune ne prédomine, comme décrit par (Guillon 1996).

4.2. Le miel de miellat

Le miel de miellat présente une coloration plus foncée et un goût plus intense. Il contient également des sucres plus complexes tels que la mélézitose ou l'erlose, qui se forment dans le tube digestif des homoptères. De plus, il est plus concentré en azote, en acides organiques et en minéraux (Rossant 2011).

Les principales différences entre le miel de nectar et le miel de miellat sont récapitulés dans le tableau ci-dessous

Tableau 01 : Principales différences entre miel de nectar et miel de miellat (teneur moyenne) (Clément *et al.*, 2011).

Composants	Miel de miellat	Miel de nectar
Acidité	33,53,9 méq/kg	22,4 méq/kg
pH	4,5	3,9
Minéraux (cendres)	0,58%	0,26%
Fructose + glucose	61,6%	74%
Mélézitose	8,6	0,2
Raffinose	0,84	0,03
Maltose+ Isomaltose	9,6	7,8

5. Composition

La composition du miel dépend de plusieurs facteurs tels que les espèces végétales, le climat, les conditions environnementales et l'implication de l'apiculteur.

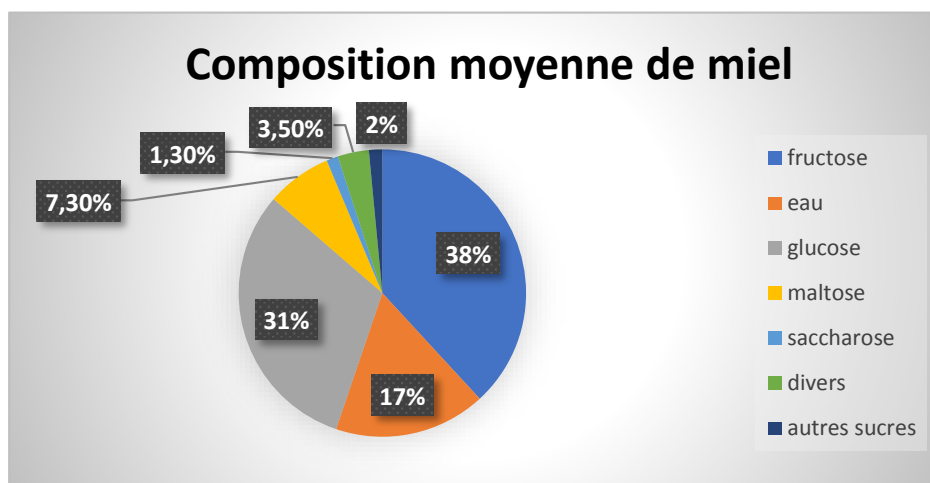


Figure 02 : Composition moyenne de miel (Rossant 2011).

5.1.Eau et sels minéraux

Selon (Rossant 2011), la teneur en eau des miels peut varier de 14 à 25%. Cependant, l'optimum se situe autour de 17%. Un miel trop épais peut être difficile à extraire et à emballer, tandis qu'un miel trop liquide et contenant beaucoup d'eau peut fermenter. Or, selon Bonté *et al.* (2013) les sels minéraux sont présents dans les miels communs à raison d'environ 0,1%, mais ils sont plus abondants dans les miels foncés. Le potassium, le cuivre, le calcium, le sodium, le magnésium, le manganèse, le chlore, le soufre, le silicium, le fer ainsi que plus d'une trentaine d'oligo-aliments se retrouvent dans le miel. Leur concentration varie selon les plantes visitées par les abeilles et le type de sol dans lequel poussent ces plantes.

5.2.Les hydrates de carbone

Les principaux composants du miel sont les glucides, qui représentent en moyenne 87 à 80% de sa composition. Ils sont principalement constitués de sucres, comprenant une quinzaine de types définis par chromatographie, bien qu'ils ne soient pas tous présents simultanément.

Les principaux sucres présents dans le miel sont des monosaccharides, avec en moyenne 31% de glucose et 38% de fructose (ou lévulose). Ces sucres proviennent principalement de l'hydrolyse du saccharose présent dans le nectar ou le miellat, grâce à l'action de l'invertase ou des acides. Parmi les disaccharides, on retrouve le maltose (7,3%) et le saccharose (1,3%), ainsi que des molécules plus rares comme le kojibiose. Les tri- et polysaccharides représentent entre 1,5% et 8% du miel. Parmi eux, on peut citer l'erlose, la raffinose, la mélézitose, le dextrantriose et le mélibiose (Bonté *et al.*, 2013).

5.3.Acides organiques

Les miels contiennent une variété d'acides organiques, mais l'acide gluconique est prédominant, selon les analyses. Les autres acides organiques identifiés dans le miel comprennent les acides acétique, citrique, lactique, malique, oxalique, butyrique, pyroglutamique et succinique. Des traces d'acide formique, d'acide chlorhydrique et d'acide phosphorique ont également été détectées (Balas 2015).

5.4.Les protéines

Les acides aminés et les protéines sont présents en faible concentration dans le miel (0,26%) et la quantité d'azote est négligeable, autour 0,041%. Les principaux composants sont les peptones, les albumines, les globulines et les nucléoprotéines, qui proviennent soit de la plante, soit des sécrétions des abeilles. De plus, de petites quantités d'acides aminés libres

tels que la proline, la trypsine, l'histidine, l'alanine, la glycine ou la méthionine sont également présentes (Bonté *et al.*, 2013).

5.5. Les vitamines

Le miel contient une petite quantité de vitamines, principalement des vitamines B qui proviennent des grains de pollen en suspension. Ces vitamines comprennent la thiamine B1, la riboflavine B2, la pyridoxine B6, l'acide pantothénique B5, l'acide nicotinique B3, la biotine B8 et l'acide folique B9. De plus, la vitamine C se trouve également dans le miel. Les vitamines présentes dans le miel sont mieux conservées lorsque le pH est bas Bonté *et al.*, 2013.

Tableau 02 : Vitamines dans le miel, en mg/100g (Bogdanov *et al.*, 2006).

Vitamines dans le miel	Quantité en mg/100g
Thiamine (B1)	0.00-0.01
Riboflavine (B2)	0.02-0.01
Pyridoxine (B6)	0,01-0,32
Niacine	0,10-0,20
Acide pantothénique	0,02-0,11
Acide ascorbique (Vitamine C)	2,2-2,5
Phyloquinone (Vitamine K)	0,025

5.6. Les enzymes

Les enzymes, composés protéiques présents dans le miel grâce aux abeilles, ils agissent comme des catalyseurs biologiques qui modifient progressivement le miel sur une longue période. Ce processus est très lent et difficile à observer.

La quantité d'enzymes varie considérablement selon l'origine botanique du miel et l'intensité de la récolte de nectar ; leur activité dépend aussi de la température et de l'acidité du miel. À des températures élevées, les enzymes se dégradent plus rapidement. Ainsi, la mesure de l'activité enzymatique permet de vérifier si le miel est altéré. Les analyses ciblent spécifiquement la diastase (amylase) et la sucrase (invertase ou glucosidase), dont les résultats

sont exprimés respectivement par l'indice diastasique et l'indice sucrase. La diastase est plus résistante aux hautes températures que la sucrase qui est pratiquement détruite lors de la pasteurisation. Ainsi, bien que les manipulations effectuées par l'apiculteur lors de l'empotage du miel n'aient normalement pas d'effet néfaste sur ces enzymes, il est important d'éviter un chauffage prolongé à une température supérieure à 40°C ou un chauffage court à des températures trop élevées (Clément *et al.*, 2011).

5.7. Les pigments

La coloration du miel est principalement due aux caroténoïdes et ou flavonoïdes. Les flavonoïdes, qui font partie des polyphénols, ont des propriétés antioxydantes remarquables car ils contribuent à la neutralisation des radicaux libres. La quantité et le type de flavonoïdes varient en fonction de la source florale. En général, les miels plus foncés, comme ceux de tournesol, de sarrasin et de miellat, en sont plus riches. Parmi les flavonoïdes présents dans le miel figurent la pinocembrine, la pinobanskine, la chrysine, la galangine, la quercétine, la lutéoline et le kaempférol (Bonté *et al.*, 2013).

5.8. Les lipides

Le miel contient également des lipides cependant la fraction lipidique du miel est très faible et n'a guère fait l'objet de recherches (Balas 2015).



Chapitre II
Propriétés du miel

1. Propriétés physicochimiques

1.1. Activité de l'eau A_w

Il est important de comprendre que le développement des micro-organismes dépend de la disponibilité en eau. On parle ici de l'eau non liée aux sucres. Cette disponibilité on la mesure par l'activité en eau du miel, qui ne peut dépasser 0,6. Cette mesure est rarement effectuée, et on se contente généralement de mesurer la teneur en eau. Lorsque la teneur en eau est inférieure à 17,5%, tous les miels ont une A_w inférieure à 0,6 ce qui signifie qu'aucun développement de ferments n'est possible (Bruneau 2008).

1.2. Le pH

Le miel de nectar est très acide, avec un pH compris entre 3,5 et 4,5, tandis que les miels de miellat ont un pH supérieur à 4,5. Cette acidité est due à la présence d'acides gluconique qui est un critère de qualité important (Schweitzer 2005). La plupart des miels ont un pH peut varier de 3,5 à 4,6 (Jean 2014).

1.3. Humidité

L'humidité du miel est un facteur déterminant de sa stabilité et de sa résistance à la détérioration par la fermentation (causée par les levures). Plus l'humidité est élevée, plus le miel risque de fermenter rapidement ou de cristalliser de manière incorrecte. Il est important que le taux d'humidité du miel ne dépasse pas 20% (Décret n° 2003-587 du 30 juin 2003 relatif au miel - Légifrance).

1.4. La teneur en sucre (Brix)

Le degré Brix du miel indique la quantité de sucre (en g) contenue dans 100 g de miel refroidi à 20 °C.

1.5. La densité et la viscosité

La densité du miel est le ratio de sa masse volumique la masse volumique d'eau pure. Elle est inversement proportionnelle à la teneur en eau du miel et varie entre 1.39 et 1.44 pour des teneurs en eau entre 13 et 20% à 20 °C. D'autre part, sa viscosité dépend de plusieurs facteurs, notamment la composition chimique, la teneur en eau et la température (Achouri *et al.*, 2021).

1.6. L'indice de réfractométrie

Dans le cas du miel, son indice de réfraction est inversement proportionnel à sa teneur en eau, variant entre 1,5041 et 1,4915 pour une teneur en eau de 13 à 18% (Achouri *et al.*, 2021).

1.7. La conductivité électrique

La conductivité électrique offre un critère fiable permettant de déterminer l'origine botanique du miel. Cette mesure est influencée par la teneur en minéraux et l'acidité du miel : plus ces derniers sont élevés, plus la conductivité est élevée également (Bogdanov, 1999).

1.8. Le pouvoir rotatoire

La composition des différents sucres présents dans le miel détermine l'orientation de la déviation de la lumière polarisée. Dans la plupart des échantillons de miel, la déviation se produit fréquemment vers la gauche, bien que dans certains cas plus rares, elle puisse se produire vers la droite (Clement *et al.*, 2000). Jean-Post (2005), confirme que la majorité des miels ont une polarisation lévogyre, mais il existe également des miels naturellement dextrogyres.

1.9. Indicateur d'âge (HMF)

Contrairement au vin, le miel ne s'améliore pas avec le temps. Pour évaluer la détérioration du miel, les chimistes étudient un produit de dégradation des monosaccharides, en particulier du fructose, appelé hydroxyméthylfurfural (HMF). Ce composé n'est pas présent dans le miel au moment de la récolte par les abeilles, mais il se forme lentement au fil des jours où la température reste inférieure à 20°C, et son évolution est exponentielle avec le temps. La production d'HMF est influencée par l'acidité du milieu et est favorisée par une concertation élevée en fructose. Dans les conditions de stockage optimales, la présence de HMF donne une indication de l'âge du miel. En deux ans, la teneur en HMF du miel de nectar atteint généralement 5 à 15 mg/kg. Le miel de miellat, souvent riche en fructose et plus acide, évolue plus vite et peut atteindre 25 mg/kg. Un chauffage excessif accélère également la production de HMF. Ainsi après pasteurisation, la teneur en HMF du miel frais augmente d'environ 10 mg/kg. Un chauffage prolongé a un effet similaire. Par conséquent, cette molécule peut être considérée comme un bon indicateur de la détérioration du miel. Par ailleurs, une limite de 40 mg/kg a été fixée par la législation pour le miel produit dans les zones tempérées (Clément *et al.*, 2011).

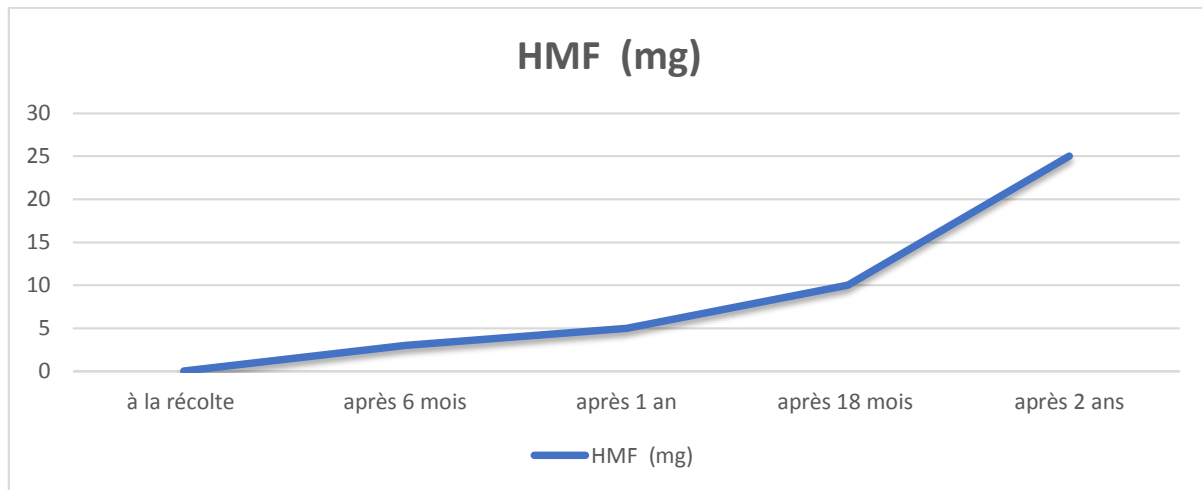


Figure 3 : Stimulation de l'évolution du HMF (Clément et al., 2011).

2. Les propriétés organoleptiques

2.1. La couleur

Le miel peut avoir une variété de couleurs, qui dépend de son origine florale et géographique. Les couleurs peuvent aller du clair comme de l'eau au jaune, ambre, verdâtre, rougeâtre et même presque noir. Selon (Blanc 2010), la couleur est un critère important pour la classification commerciale du miel, car plus le miel est clair, moins il est riche en minéraux, et vice versa.

2.2. La texture

Le miel peut adopter différentes textures, qu'il soit dur ou mou, pâteux ou liquide, cristallisé en fines ou grosse particule. Bien que le miel soit fluide après extraction, il ne reste pas indéfiniment dans cet état (clémence, 2005).

2.3. Le goût et odeur du miel

Le miel peut offrir une grande variété de saveurs et d'arômes selon son origine florale. Le centre apicole de recherche et d'information (CARI) a mené des recherches approfondies sur les saveurs et les arômes du miel, aboutissant à la création d'une roue des odeurs et des arômes spécifiques à cette étude (clémence, 2005).



Figure 5 : Miel fermenté Kast 2014.

Tableau 03 : Effet de la teneur en eau sur le risque de fermentation dans le miel (Schweitzer 2000).

Teneur en eau	Son effet sur le risque de fermentation dans le miel
À moins de 17,1%	Quel que soit leur nombre, les levures ne peuvent se multiplier, la pression osmotique est importante, le miel ne peut donc fermenter.
De 17,1 à 18%	Pas de fermentation si le nombre de levure est inférieur à 1000 par gramme.
De 18,1 à 19%	Pas de fermentation si le nombre de levures est inférieur à 10.
De 19,1 à 20%	Pas de fermentation si le nombre de levures est inférieur à 1.
Au-dessus de 20%	Risque de fermentation dans tous les cas

2.5. Cristallisation

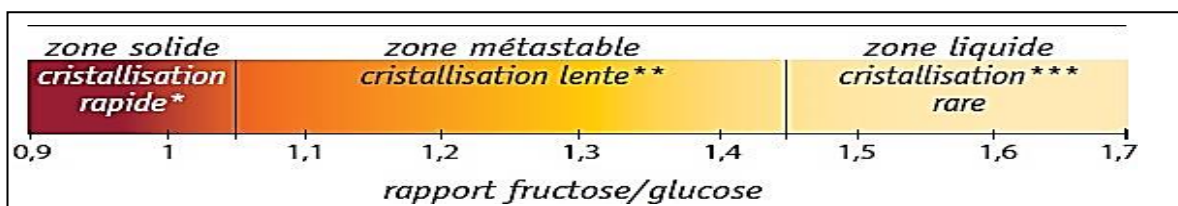
Le miel, lorsqu'il est présent dans la ruche ou juste après la récolte, est généralement sous forme liquide. Cependant, une fois emballé et stocké, il a tendance à se cristalliser.

La cristallisation est un phénomène naturel qui se déroule en 3 étapes :

- a. **La phase de diffusion ou de précristallisation** : les molécules de sucre diffusent et entrent en collision de manière aléatoire, formant des agrégats. Cependant ces agrégats sont instables et disparaissent instantanément.
- b. **La phase de germination** : lorsque les conditions sont optimales, un tout petit cristal appelé graine se forme. Ce germe constitue le point de départ de cristallisation.
- c. **La phase de croissance de la cristallisation** : la croissance cristalline correspond au développement du cristal initial progressivement dans tout le miel.

La cristallisation dépend des facteurs suivants :

- **La teneur en sucre** : le glucose est moins soluble que le fructose. Ainsi, un miel riche en glucose cristallise plus rapidement, tandis qu'un miel riche en fructose cristallise plus lentement. Le rapport entre ces deux sucres est un indicateur de cristallisation. Un rapport F/G inférieur à 1,05 correspond au miel solide, tandis qu'un rapport F/G supérieur à 1,45 indique du miel liquide. La présence de di- et trisaccharides joue également un rôle dans la cristallisation. Par exemple, le miel de miellat contenant plus de 10% de mélézitose cristallise rapidement et se transforme en un miel appelé « miel ciment ».



- * Cristallisation rapide : complète au bout d'un mois. ** Cristallisation lente : 1 à 12 mois ***Cristallisation rare : + de 12 mois

Figure 6 :Influence du rapport fructose/glucose sur la cristallisation (Achouri *et al.*,2021)

- **La teneur en eau** : est également un indicateur fiable de la cristallisation. Un rapport G/E inférieur indique une proportion d'eau plus élevée par rapport à la quantité de glucose présente dans le miel. Les miels avec un rapport G/E supérieur à 2,2 cristallisent rapidement, tandis que ceux avec un rapport inférieur à 1,6 ont tendance à rester liquides. Entre ces deux deuil, il est difficile de prédire la consistance du miel

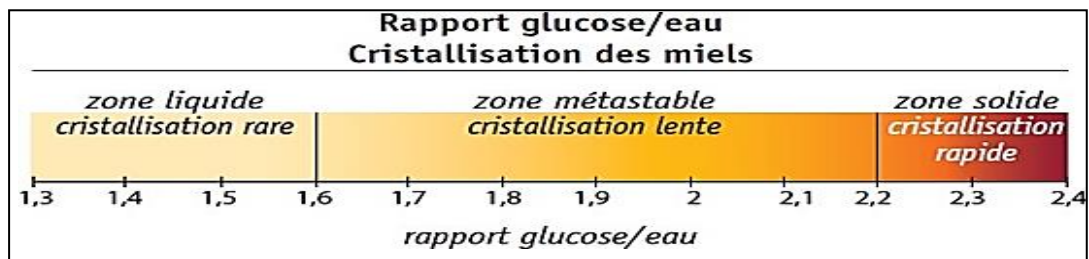


Figure 7 : Influence du rapport glucose/eau sur la cristallisation (Achouri *et al.*, 2021).

- **La température :** joue un rôle essentiel dans la cristallisation du miel. La température idéale pour favoriser ce phénomène se situe généralement entre 10 et 18 °C. À des températures inférieures à 10 °C ou supérieures à 25 °C, la cristallisation du miel est plus lente. Il est recommandé de conserver le miel à une température d'environ 14°C afin de favoriser une cristallisation rapide et homogène.
- **La mise en pot :** lors du rempotage du miel, l'augmentation de la surface de contact favorise également la cristallisation (Achouri *et al.*, 2021).

3. Propriétés nutritionnelles du miel

Le miel est largement reconnu pour sa valeur nutritive. C'est une excellente source d'énergie, fournissant environ 300 kcal pour 100g de miel, et ses sucres sont rapidement utilisés par l'organisme (Rossant 2011). De plus le miel est bénéfique pour la croissance, car il apporte rapidement l'énergie nécessaire, notamment aux enfants dont les besoins nutritionnels sont bien connus. Il a également un effet positif sur la composition du sang en favorisant une meilleure oxygénation. Cependant en raison de la présence d'endospores botuliques, le miel ne doit pas être administré aux enfants de moins d'un an (Rossant 2011).

Pour améliorer son alimentation quotidienne, il est possible de remplacer le sucre par du miel, car il offre non seulement de bonnes propriétés nutritionnelles, mais aussi des vertus thérapeutiques bénéfiques (Clémence 2005).

4. Propriétés thérapeutiques

4.1. Propriété antivirale

Les virus herpès simplex sont responsables des lésions extrêmement douloureuses, que ce soit au niveau des lèvres ou des organes génitaux. L'aciclovir est la principale molécule utilisée en application locale pour traiter ces poussées herpétiques. Une étude clinique a été menée auprès de patients souffrant de poussées récurrentes d'herpès labial et génital. Le miel (d'origine multiflorale) réduit de 35% la durée des poussées de boutons de fièvre. Avec l'utilisation du miel, les douleurs associées aux boutons de fièvre sont soulagées plus rapidement, les croûtes se forment plus rapidement et la cicatrisation est constatée plus tôt par rapport à l'aciclovir. Des résultats similaires ont été observés pour l'herpès génital. De plus, dans deux cas de boutons de fièvre et un cas d'herpès génital, le miel a empêché l'apparition de nouvelles épidémies, tandis que l'aciclovir n'a pas réussi à le faire dans cette étude. L'effet antiviral du miel n'est pas encore entièrement expliqué, mais certains composants présents dans le miel, tels que les flavonoïdes et le cuivre, sont connus pour avoir des effets antiviraux contre le HSV. De plus, le monoxyde d'azote, présent dans de nombreux miels, pourrait également jouer un rôle antiviral (Mehdi 2016).

4.2. Propriétés antimicrobiennes

De nombreuses études ont démontré que le miel présente une activité antibactérienne in vitro. Le miel inhibe la croissance des micro-organismes et des champignons. L'activité antibactérienne du miel, principalement sur les bacilles à Gram positif, est largement documentée. Des activités bactériostatiques et bactéricides ont été mises en évidence sur de nombreuses souches, dont certaines résistantes aux antibiotiques (comme le staphylocoque résistant à la méthicilline). L'effet antimicrobien du miel est dû à différentes substances et dépend de son origine botanique. On ne connaît pas encore précisément tous les composants antibactériens du miel mais quatre facteurs sont largement mis en avant : l'osmolarité, le pH acide, le peroxyde d'hydrogène et le système sans peroxyde (Balas 2015).

4.3. Activité antifongique

Des études ont prouvé que le miel possède la capacité d'éliminer certaines, notamment celles d'origine fongique. Lorsqu'on compare une solution de miel à une solution isotonique de saccharose, on observe une inhibition totale de la croissance de moisissures telles que *Candida albicans*, *Penicillium spp* ... etc. (Rossant 2011).

4.4. Propriétés antioxydantes

Le miel possède des propriétés antioxydantes grâce à la présence de divers agents antioxydants tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques, les caroténoïdes, l'acide ascorbique, les acides organiques, les acides aminés et les protéines (Anso 2012). En règle générale, les miels foncés et ceux ayant une teneur élevée en eau présentent une capacité antioxydante plus élevée que les autres miels. De plus, l'activité antioxydante varie considérablement d'un miel à l'autre et dépend principalement de son origine botanique (Rossant 2011).

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both ending in small circular curls.

Chapitre III

Réglementation et législation du miel

1. Réglementation

En Algérie, il n'existe pas de cadre législatif spécifique régissant la production de miel par les apiculteurs. Cependant, il est important que ces apiculteurs respectent les exigences et les règles légales en ce qui concerne leur produit plus précisément la loi n°09-03 du 29 Safar 1430 correspondant au 25 février 2009 relative à la protection du consommateur et à la répression des fraudes (journal officiel de la république algérienne N°15, 2009). La vente des miels en Algérie se fait généralement sans étiquetage approprié, et la plupart de ces miels ne font pas l'objet d'analyses physico-chimiques. De plus, la détermination de leur origine botanique nécessite des connaissances et une formation spécifique pour les apiculteurs (Amri 2006).

2. Les critères de la qualité du miel

Un miel est considéré comme sain lorsqu'il est extrait dans des conditions d'hygiène appropriées, correctement emballé et capable de conserver ses propriétés d'origine pendant une longue période. Il est préférable qu'il contienne le moins possible, voire aucune, substances polluantes comme les pesticides, les antibiotiques ou les métaux lourds (Codex Alimentarius 2019). La qualité du miel est déterminée par plusieurs paramètres physico-chimiques, notamment l'eau, le sucre, le HMF, l'acidité, les cendres, la densité, la conductivité électrique, l'activité de l'invertase et le niveau de diastase. Le miel à forte teneur en eau, à faible densité et à conductivité électrique élevée a tendance à fermenter facilement et à perdre sa qualité, ce qui réduit sa durée de conservation (Naila *et al.*, 2018). Le miel vendu comme tel ne doit contenir aucun ingrédient alimentaire autre que le miel lui-même. Il doit être exempt de goût, d'arômes ou de contaminations indésirables pouvant résulter de matières étrangères transportées lors de sa transformation ou de son entreposage. Le miel ne doit pas avoir commencé à fermenter ou devenir effervescent, et aucun traitement chimique ne doit être utilisé pour influencer sa cristallisation. Le pollen et les constituants spécifiques au miel ne peuvent être éliminés que s'il est nécessaire d'éliminer les matières inorganiques ou organiques étrangères. Enfin le miel ne doit pas être chauffé ou transformé au point de modifier sa composition essentielle ou d'altérer sa qualité (Codex Alimentarius 2019).

Tableau 04 : Les normes de qualité des miels selon le codex Alimentarius et les normes de l'union européen.

Critères de qualité		Codex	L'UE
Teneur En eau	Général	21 g/100g	21 g/100g
Teneur en sucres réducteurs	Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar	45 g /100 g	60 g /100 g
Teneur en matières insolubles dans l'eau	Général	0,1 g/100 g	0,1 g/100 g
	Miel pressé	0,5 g/100 g	0,5 g/100 g
Teneur en matières minérales (cendres)	Teneur en matières minérales (cendres)	0,6 g/100 g	0,6 g/100 g
	Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar, miel de châtaignier	1,2 g/100 g	1,2 g/100 g
Acidité	Acidité	50 meq/kg	40 meq/kg
Activité diastasique, (Indice diastasique en unités de Schade) Après traitement et mise en pot	Tous les miels du commerce (UE)	8	8
	Général Miels avec une teneur enzymatique naturellement faible	3	3
Teneur en Hydroxyméthylefurfurale	Après traitement et mise en pot (Codex) Tous les miels du commerce (UE)	60 mg/kg	40 mg/kg

3. Hygiène du miel

Le miel vendu aux consommateurs ne doit pas contenir des composants organiques ou inorganiques tels que des insectes, des parties d'insectes, du couvain ou des grains de sable. En outre, il ne doit pas contenir des micro-organismes, de parasites ou de substances provenant de micro-organismes et de plantes qui pourraient constituer une menace pour la santé humaine (*Codex Alimentarius* 2019).

4. Emballage du miel et modalité d'étiquetage

Il est essentiel que les récipients utilisés pour le miel soient étanches à l'eau et à l'air pour empêcher la pénétration d'humidité. Des matériaux tels que le fer-blanc, l'aluminium, l'acier chromé, le plastique et le verre sont bien adaptés à cette fin (Bogdanov 1999).

Selon les dispositions légales, il est obligatoire d'inclure les éléments suivants dans l'étiquetage :

- Origine florale pour les miels monofloraux et multifloraux
- Le poids
- Le nom et l'adresse de l'apiculteur
- Date de récolte
- La date et le numéro du lot de conditionnement
- La date limite d'utilisation ou de consommation (2 ans après le conditionnement du miel) (Brischoux *et al.*, 2013).

5. Fraudes, détection et mesure de maîtrise

Le comité Exécutif d'APIMONDIA a récemment identifié la fraude dans l'industrie du miel comme l'une des deux principaux défis pour la durabilité de l'apiculture mondiale. Selon la base de données sur la fraude alimentaire de la US Pharmacopeia, le miel se classe au troisième rang des aliments les plus falsifiés, après le lait et l'huile d'olive (Bruneau 2018).

Il existe différents types de fraudes qui peuvent être observées dans le miel :

5.1. Fraudes par adultération

Dans ce type de fraude, les fraudeurs utilisent des sucres de composition proche de celle du miel et à moindre coût. Ainsi, diverses falsifications peuvent être trouvées avec des sucres de différentes origines, tels que des sirops invertis de canne à sucre ou de betterave, ainsi que

des sirops d'amidon (Bruneau 2017) .Ces sirops peuvent être ajoutés au miel après la récolte ou pendant la période de production. Ces pratiques erronées ont des conséquences économiques productives pour les producteurs respectant la législation en vigueur (Cotte *et al.* 2003).

La détection du glucose, du fructose et du saccharose permet d'identifier l'ajout de sirop. En plus des méthodes traditionnelles, des méthodes plus récentes et sophistiquées sont utilisées, telles que la chromatographie d'échange d'anions pulsés, qui permet la détection des sirops à haute teneur en fructose et des sirops de maïs. Les méthodes utilisées pour détecter les substances frauduleuses dans le miel comprennent l'analyse électrochimique, les méthodes enzymatiques, la chromatographie sur couche mince, la chromatographie liquide à haute performance...etc. (Naila *et al.*, 2018).

5.2.Fraudes par non-conformité

Il s'agit de non-respect de l'arrêté du 30 juin 2003 régissant l'utilisation de l'appellation « miel » et établissant des normes telles que le taux d'humidité et d'HMF ou la vente de miel vieilli comme étant de l'année, il convient de noter que le règlement est relativement souple : la DLUO est fixée à partir de la date de mise en pots. Il peut également englober la vente de produits portant une étiquette de qualité sans respecter les spécifications requises (Schweitzer 2012).

De plus, l'absence de date de durabilité ou autres indication relative au code de la consommation. La fraude de l'origine botanique, généralement involontaire, se produit lorsque de fausses informations sont fournies sur l'origine florale du miel. Ce dernier doit correspondre aux caractéristiques physico-chimiques, polliniques et organoleptiques de son origine botanique (Itsap 2017).La fraude à l'appellation géographique se produit lorsque le miel est désigné par une appellation ne provient pas entièrement de la zone désignée. Contrairement à l'origine botanique qui bénéficie de caractéristiques spécifiques, l'origine géographique est souvent plus difficile à déterminer, les pollens restent pour le moment les seuls indicateurs d'origine géographique.(Clément *et al.*, 2011).

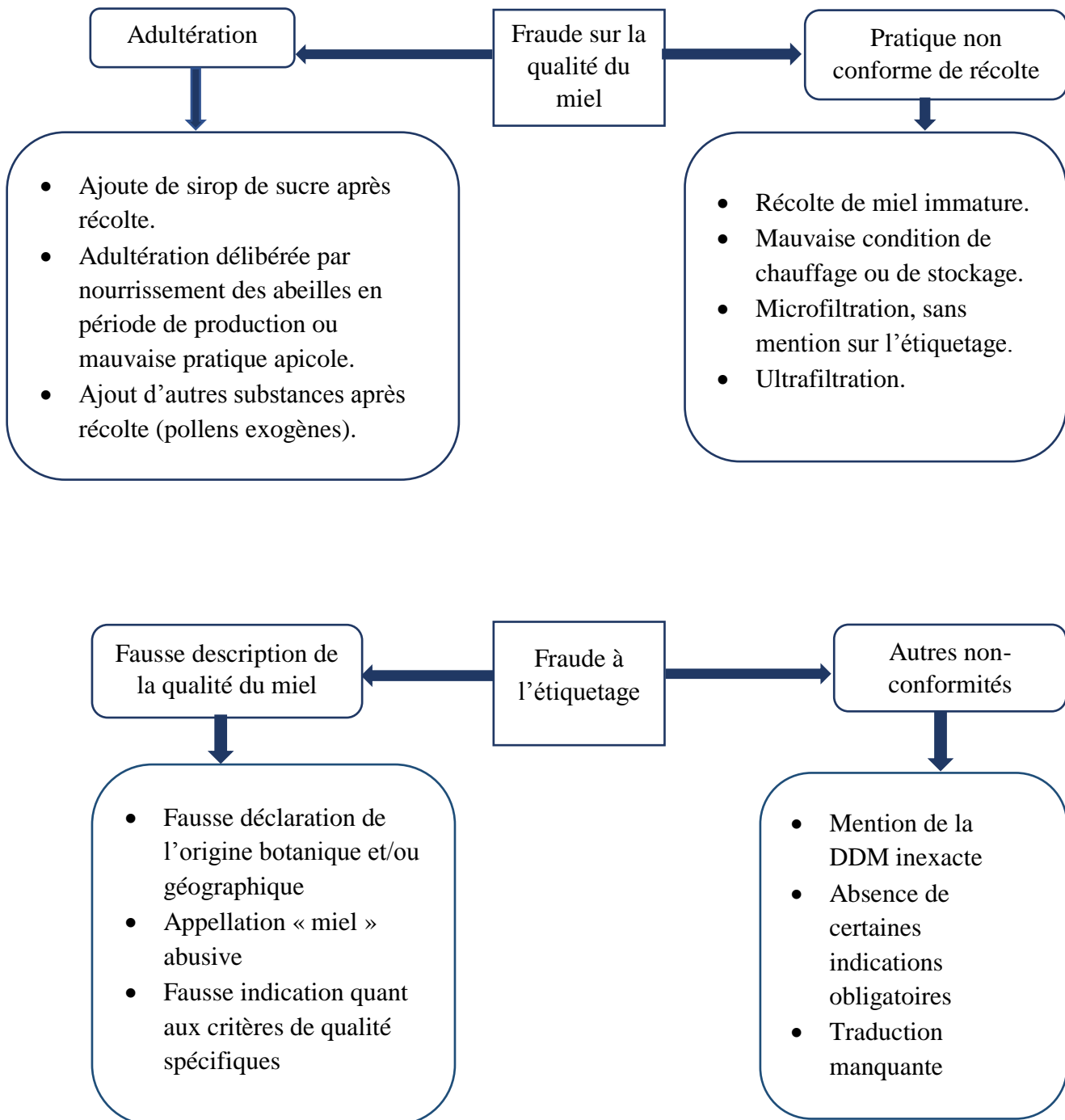


Figure 8 : Les différents types de fraudes sur le miel (Itsap 2017).

5.3. Pratiques non conformes de la récolte et de traitement du miel

Certaines méthodes de récolte et de traitement du miel sont intentionnellement utilisées pour augmenter le volume ou dissimuler des irrégularités. Ces pratiques sont commises comme frauduleuses. Les miels ainsi obtenus ne répondent plus à la définition légale du miel et perdurent en qualité et en durée de conservation. Selon (Itsap 2017), ces miels comprennent :

- Miels définis avant maturité : ils contiennent un excès d'humidité et sont susceptibles de fermenter du fait de la multiplication des levures.
- Miels mal stockés ou trop chauffés : ils peuvent avoir une teneur en HMF et indice diastatique non adaptés aux critères de qualité.
- Miels microfiltrés sans mention sur la mise en garde, voire ultrafiltrés : les miels ayant subi une microfiltration ou une ultrafiltration ne répondent plus à la définition légale du miel.

5.4. Fraudes par contamination

La présence de substances xénobiotiques, qu'elles soient toxiques ou non, interdites ou non, constitue une violation de réglementation en matière de sécurité alimentaire (Schweitzer 2012). Ces contaminants peuvent provenir de différentes sources, y compris l'environnement ou l'apiculteur, tels que les résidus d'acaricides, de métaux lourds, de pesticides, de fongicides et de résidus physiques. Le règlement européen, 2005 a défini des limites maximales de résidus pour les substances utilisées comme traitements phytosanitaires ou vétérinaires, au-delà de ces limites, le produit ne peut plus être consommé.

6. Contaminant menaçant la qualité du miel

6.1. Dangers physiques

Le miel est exposé à divers risques pouvant affecter sa qualité, tels que la présence de cailloux, de poussière, de métal, d'objets tranchants, de morceaux de bois, de fragments de matière, de verre, d'abeilles et de petits animaux, ainsi que de déjections de rongeurs. Ces dangers physiques peuvent résulter d'une contamination et/ou de mauvaises pratiques tout au long du processus, de la récolte à la consommation. Outre les risques de maladies et de blessures dus à la présence de corps étrangers dans le miel, ceux-ci peuvent également altérer les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles du produit. Par conséquent, la présence de fragments de verre, de bois ou de petits objets doit être considérée comme critique lors des

étapes d'empotage (Anses 2012). Pour contrôler et éviter toute contamination liée aux dangers physiques, il est indispensable de prendre certaines mesures.

- Tout d'abord, il est recommandé de ne plus placer les cadres et l'élévateur de cadre directement sur le filtre à miel.
- Il est préférable de travailler dans des locaux propres et d'utiliser du matériel neuf.
- Il est également important de vérifier l'état des contenants et de les nettoyer si nécessaire avant de les utiliser.
- Enfin, il est primordial de sceller hermétiquement les fûts et contenants une fois remplis, afin de préserver leur intégrité (guide de bonne pratique apicole).

6.2. Dangers chimiques

Pour le miel, les dangers chimiques considérés comme pertinents sont les métaux lourds, les produits phytosanitaires, les produits de nettoyage, les produits de traitement de la ruche (antibiotiques, acarides, etc.), les produits antiparasitaires, les répulsifs chimiques, les substances indésirables (rouille, graisse, peinture, substances dégagées par le contenant), (Anses 2012).

6.2.1. Les acaricides

Les produits utilisés pour lutter contre les acariens, notamment le varroa, polluent majoritairement la cire d'abeille, mais ont peu d'impact sur la contamination du miel. Les acaricides non toxiques n'affecteraient pas non plus la qualité du miel (Lequet 2010).

Le tableau ci-dessous renseigne sur les différents types d'acaricides utilisés, leur limite maximale de résidus et la méthode de détection associée.

Tableau 05 : Les différents types d'acaricides (Lequet 2010).

		Caractéristique	LMR	Détections
Acaricides				
De synthèse	Fluvinilate	Il a une durée de persistance prolongée dans la cire.	1 µg /kg	Chromatographie en phase gazeuse
	Comaphos	Produit non autorisé en France	100 µg/kg	Chromatographie en phase gazeuse couplé à la spectrométrie
Naturels	Acides organique (acide formique et acide oxalique)	Substance hydrosoluble qui peut se dissoudre dans le miel et peuvent avoir par conséquent un impact sur la qualité du miel.	Acide formique (139-417mg/kg) Acide oxalique (0,05mg/L)	Chromatographie liquide à haute performance

6.2.2. Les antibiotiques

Les antibiotiques sont les principaux contaminants du miel. Ils peuvent être d'origine naturelle ou synthétique et servir à éliminer les agents pathogènes étrangers. En apiculture, les antibiotiques sont utilisés pour traiter les maladies bactériennes du couvain, comme la loque européenne et la loque américaine, qui sont les plus fréquentes (Lequet 2010). Il n'y a pas de limites maximales de résidus établies pour les antibiotiques dans le miel. Selon l'avis de l'AFSSA (2002), qui porte sur l'évaluation du risque éventuel lié à la présence de résidus de tétracyclines et de streptomycine dans le miel : « aucune LMR n'a été fixée pour les

tétracyclines et la streptomycine dans le cas du miel ». En absence de LMR, des seuils de non-conformité ont été fixés à la limite de quantification de ces substances, soit 15 µg/kg pour les tétracyclines et 10 µg/kg pour la streptomycine. Selon ce texte, lorsque le miel a une concentration en antibiotique supérieure à ces seuils, il ne peut être commercialisé.

Tableau 06 : Les principaux antibiotiques identifiés dans le miel.

Antibiotiques	LMR	Détections
Streptomycine	10µg/kg	Dosage par Chromatographie liquide haute performance (HPLC)
Chloramphénicol	0,3µg/kg	Chromatographie liquide à haute performance
Tétracycline	15µg/kg	ELISA (basé sur la réaction antigènes-anticorps)
Sulfamide	10µg/kg	Chromatographie sur couche mince

Les risques chimiques maîtrisables par l'apiculteur, tels que les acaricides et les antibiotiques, sont maîtrisés par :

- L'utilisation des médicaments autorisés et le respect du mode d'emploi.
- Éviter le traitement des ravageurs en même temps que la production ou le stockage des aliments.
- Il est recommandé d'utiliser du matériel adapté au contact alimentaire, propre et en bon état.
- Il est préférable d'éviter l'utilisation de peintures contenant des substances pesticides dangereuses qui pourraient se retrouver dans les produits de la ruche.
- L'utilisation de répulsifs chimiques ou de carburants polluants est également à proscrire.
- Enfin il est nécessaire de renouveler régulièrement les cires utilisées (guide de bonne pratique apicole).
-

6.2.3. Résidus de métaux lourds

Les métaux lourds provenant de l'industrie et transports sont une source de pollution de l'air, de l'eau et des sols. Si les ruches sont situées à proximité d'une zone contaminée, le miel peut contenir des résidus de ces métaux, comme le plomb et le cadmium (Lequet 2010). Actuellement, la norme établie par la commission du (Codex Alimentarius 2019) stipule que le miel doit être exempt de métaux lourds à des niveaux pouvant présenter un risque pour la santé humaine.

6.2.4. Résidus de pesticides

Les pesticides sont des substances utilisées pour lutter contre les ravageurs des cultures, tels que les champignons, les mauvaises herbes, les insectes et les bactéries. Les pesticides les plus recherchés dans le miel sont les organochlorés, les organophosphorés et les carbamates. La limite maximale de résidus (LMR) de ces pesticides est de 0,01 mg/kg, ce qui correspond à leur seuil de détection.

Deux techniques chromatographiques sont utilisées pour détecter les résidus de pesticides : la chromatographie liquide à haute performance (HPLC) et la chromatographie en phase gazeuse (GC) sur colonne capillaire (Lequet 2010).

6.2.5. Les insecticides

La majorité du miel produit dans le monde est contaminée par des insecticides de la famille des néonicotinoïdes, considérés comme des « tueurs d'abeilles ». Les néonicotinoïdes sont conçus pour lutter contre les insectes ravageurs des cultures tels que les taupins, les oscines, les pucerons, cicadelles...etc. ces insecticides sont absorbés par les plantes, contaminant tous leurs organes, y compris les fleurs, le pollen et le nectar, ce qui affecte les pollinisateurs, comme les abeilles. En conséquence, la chaîne alimentaire est affectée, avec un mélange de substances toxiques, qui impacte les invertébrés terrestres et aquatiques, les vertébrés et la santé humaine. Les néonicotinoïdes nécessitent une autorisation de mise sur le marché même à l'état de traces dans le pollen de miel (Notre-planète 2017).

6.2.6. Pollution tellurique par des spores de clostridium botulinum

Certains agents pathogènes peuvent persister dans le miel, notamment les spores de clostridium botulinum, qui est l'agent causal du botulisme. Ces spores peuvent être présentes dans la poussière et certains sols, et peuvent ensuite se retrouver dans le miel. Selon l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses

2013), le botulisme infantile peut survenir chez les nourrissons de moins de 12 mois après ingestion de spores de *Clostridium botulinum*, en raison de l'immaturation de leur flore intestinale (Anses 2011).

Afin de prévenir ces risques microbiologiques, il est recommandé de suivre certaines consignes :

- Il est préférable d'éviter de placer les hausses, les cadres et l'élevateur de cadre directement sur le sol, mais plutôt de les soulever.
- Il est également important de protéger les hausses pendant le transport et le stockage.
- Il est recommandé d'utiliser du matériel propre afin d'éviter toute contamination et de travailler dans des locaux propres, en portant des vêtements propres et ayant les mains propres.
- Enfin, il est crucial de fermer hermétiquement les contenants (guide de bonne pratique apicole 2018).

6.2.7. Radioactivité dans le miel

La présence de radioactivités dans le miel se mesure en becquerel par kilo (Bq/kg) et peut être d'origine naturelle, comme dans le cas de l'isotope ^{40}K , d'origine accidentelle, suite à la catastrophe de Tchernobyl en 1986, qui a entraîné la présence d'isotopes radioactifs comme le ^{137}Cs dans certains miels. Plusieurs études ont été menées dans différents pays pour mesurer le niveau de radioactivité dans le miel (Borawska *et al.*, 2000).

6.2.8. Les organismes génétiquement modifiés

La présence d'organismes génétiquement modifiés (OGM) dans le miel est une préoccupation majeure car elle peut se produire même involontairement par le pollen du miel contenant du pollen issu d'un OGM ne peut être commercialisée sans autorisation préalable (Le quotidien., 2011). La cour de justice de l'union européenne a précisé que les produits tels que le miel contenant du pollen de variétés de maïs génétiquement modifiés sont considérés comme des denrées alimentaires contenant des ingrédients produits à partir d'OGM et que leur commercialisation est donc soumise à une autorisation préalable (Crousilles 2014). Les apiculteurs doivent désormais étiqueter leur miel comme « avec OGM » si la présence de pollen transgénique dépasse 0,9% du poids total du miel. Cependant, il convient de noter que le miel contient environ 0,5% de pollen, ce qui rend difficile le respect de la limite de 0,9% d'OGM dans le miel. Par conséquent, très peu de miels nécessiteront l'étiquetage avec OGM

(Jean 2014). Par ailleurs, le test quantitatif par PCR est une technique qui peut être utilisée pour détecter tous les types de ses organismes dans les aliments, y compris dans le cas du miel (Chauvin *et al.*, 2012).

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both ending in rounded, scroll-like shapes.

Chapitre IV

Les huiles essentielles et leur utilisation en association avec le miel

1. Définition des huiles essentielles

Une huile essentielle est la fraction volatile et parfumée extraite des végétaux, représentant un concentré authentique de la plante. Elle peut être obtenue à partir de diverses parties végétales telles que les feuilles (par exemple l'eucalyptus), les fleurs (comme la camomille), l'écorce (par exemple la cannelle), le bois (comme le cèdre), le zeste (comme le citron), ainsi que d'autres parties comme les graines, les baies, les fruits ou le bulbe. Les huiles essentielles fournissent à la fois des propriétés aromatiques et des bienfaits des naturels. Elles représentent les extraits végétaux les plus puissants. Toutes les plantes ne contiennent pas d'huiles essentielles, seules celles qualifiées d'aromatiques en présentent. Ces huiles essentielles sont l'essence même de la plante (Festy 2018). Lorsque vous épluchez une orange, une mandarine ou que vous approchez vos narines d'une branche de lavande, l'odeur qui se dégage correspond à l'essence qui deviendra ensuite une huile essentielle grâce à des procédés de distillation ou d'expression mécanique. Cependant, ce parfum ne véhicule pas seulement des odeurs agréables, mais également des molécules chimiques aux puissantes propriétés thérapeutiques. Parmi ces molécules, certaines possèdent des propriétés antiseptiques, d'autres sont antivirales, apaisantes ou cicatrisantes. Il est important de les utiliser avec précaution, car elles sont extrêmement concentrées en principes actifs (Lardry *et al.*, 2007). L'AFNOR (Association Française de Normalisation) a établi une définition précise et officielle de l'huile essentielle, qui stipule qu'elle doit être obtenue à partir de matières premières végétales en séparant la phase aqueuse par des procédés physiques tels que la distillation à la vapeur d'eau, l'expression mécanique de l'épicarpe des agrumes ou la distillation sèche (Festy *et al.*, 2016).

2. Compositions chimiques des huiles essentielles

La complexité de la composition chimique d'une huile essentielle est influencée par de nombreux facteurs. Il est essentiel de connaître avec précision les composants d'une huile essentielle pour évaluer sa qualité, comprendre ses propriétés et anticiper tout risque de toxicité. Les huiles essentielles sont principalement constituées de terpènes volatils, formés à partir de l'assemblage d'unités isopréniques, ainsi que de dérivés aromatiques dérivés du phénylpropane (Couic-Marinier *et al.*, 2013).

3. Les propriétés majeures des huiles essentielles

Les huiles essentielles possèdent des propriétés majeures qui les rendent extrêmement efficaces contre les infections, elles sont anti-infectieuses, antiseptiques et antivirales. Elles constituent une alternative aux antibiotiques et ont prouvé leur efficacité dans le traitement des infections respiratoires. Leurs bienfaits s'étendent à d'autres domaines, car elles ont des propriétés antidouleurs, cicatrisantes, antihémorragiques et digestives. De plus, elles régulent l'immunité et les hormones, elles aident à déstocker les graisses accumulées et à renforcer les vaisseaux sanguins. Chaque huile essentielle a son rôle spécifique et la plupart d'entre elles ont plusieurs activités bénéfiques (Festy 2018).

4. Activité antimicrobienne des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont été reconnues comme les agents antimicrobiens les plus efficaces présents dans ces plantes. Les propriétés microbiologiques des plantes aromatiques et médicinales sont bien documentées. Cependant, la première observation de l'action des huiles essentielles contre les bactéries remonte à 1881, grâce aux travaux de Delacroix (Boyle 1955).

La détermination de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles et de leurs composants actifs est influencée par plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs, on trouve la méthode utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne, le type et la structure moléculaire des composants actifs, la dose ajoutée, le type de microorganismes ciblés et leur éventuelle adaptation aux huiles essentielles (Toure 2015).

5. Mode d'action des huiles essentielles

Le mode d'action des huiles essentielles est principalement déterminé par le type et les caractéristiques des composants actifs, notamment leur propriété hydrophobe qui leur permet de traverser la double couche phospholipidique de la membrane des cellules bactériennes. Cela peut entraîner un changement de conformation de la membrane, perturber le métabolisme chimio-osmotique et provoquer une fuite d'ions (K⁺).

Le mode d'action des huiles essentielles dépend également du type de microorganismes. En général, les bactéries Gram-négatives sont plus résistantes que les bactéries Gram-positives en raison de la structure de leur membrane externe. En effet, la membrane externe des bactéries Gram-négatives est plus riche en lipopolysaccharides et en protéines, ce qui la

rend plus hydrophile et empêche les composants hydrophobes tels que les terpènes de s'y lier (Toure 2015).

6. Utilisation des huiles essentielles en Industrie agroalimentaire

Les huiles essentielles jouent un rôle essentiel dans l'aromatization des aliments. Elles sont responsables de la saveur des condiments tels que le poivre et le gingembre, ainsi que des arômes de la menthe, de l'anis, de l'orange, du thym et du laurier.

À faible dose, certaines huiles essentielles ont un effet bénéfique sur la digestion, ce qui explique leur utilisation dans la production de liqueurs, comme l'essence d'anis ou de badiane.

De nos jours, l'industrie agroalimentaire utilise les huiles essentielles dans les préparations surgelées non seulement pour améliorer le goût, mais aussi pour prévenir le développement de contaminations alimentaires grâce à leur effet antimicrobien (Kibwela 2020).

7. Le miel en association

En plus ses propriétés intrinsèques bactéricides et cicatrisantes, le miel se révèle un excellent moyen de transporter d'autres agents thérapeutiques. En raison de sa pression osmotique favorable, il agit comme un véhicule efficace pour favoriser la pénétration et l'assimilation par l'organisme de substances actives concentrées telles que les huiles essentielles ou la propolis. Lorsque le miel est mélangé avec des huiles essentielles, on parle d'aromiél, et lorsqu'il est mélangé avec la propolis, on parle de propomiél (Koechler 2015).

8. Aromiel

Le terme aromiel fait référence à la combinaison bénéfique entre le miel et une ou plusieurs huiles essentielles. Les huiles essentielles sont des substances volatiles odorantes, non grasses, extraites des plantes aromatiques sous forme liquide par distillation à la vapeur d'eau. Leur composition chimique est le résultat d'un mélange complexe de différentes molécules aromatiques ayant leurs propres caractéristiques (phénols, terpènes, cétones, esters), ce qui présente aux huiles essentielles leurs multiples bienfaits (Domerego 2001).

L'intérêt thérapeutique de l'aromiél repose sur plusieurs mécanismes. En tant que véhicule idéal, le miel facilite l'assimilation des huiles essentielles par l'organisme. En même temps, il réduit les effets indésirables potentiels (toxicité cutanée) qui pourraient être causés

par l'utilisation de certaines huiles essentielles pures sur la peau. L'aromiél permet également d'obtenir des synergies d'action entre plusieurs huiles essentielles en mélange aromatique, ou entre les huiles essentielles et le miel, où les propriétés thérapeutiques de chaque composant se renforcent et s'amplifient mutuellement (Domerego 2001). Les aromiels sont considérés comme des médicaments à part entière et sont donc réservés à usage curatif. Ils peuvent être utilisés à la fois par voie interne et externe. Dans ce dernier cas, la concentration totale en HE ne doit pas dépasser 1%, soit 1g d'huiles essentielles (ou 25gouttes) pour 100g de miel. Pour usage interne, cette concentration peut être augmentée à 5% (Apimondia 2001). Les huiles essentielles choisies pour entrer dans la composition du miel doivent être issues de l'agriculture biologique (Domerego 2001).

9. Bio-conservation alimentaire par les huiles essentielles

La bio-conservation alimentaire est l'utilisation des composés d'origine organique provenant de sources naturelles pour la protection de la qualité des produits alimentaires et la santé des consommateurs. Actuellement les huiles essentielles et leurs composants représentent un outil très intéressant pour augmenter la durée de conservation des produits alimentaires (Caillet et Lacroix, 2007).

Ces substances naturelles sont riches en composés antimicrobiens et antioxydants. Elles pourraient donc servir d'agents de conservation alimentaire (Caillet et Lacroix, 2007).

De nombreux auteurs (Lin *et al.*, 2004 ; Oussalah *et al.*, 2006 ; Caillet et Lacroix, 2007), ont rapporté que les HEs peuvent être ajoutées pratiquement à tous les aliments.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left side and rounded corners on the right side.

Matériel et méthodes

I. L’objectif et lieu de notre travail

Dans le cadre de cette étude, on a entrepris le développement d’une variété de miels comestibles en combinant des substances volatiles extraites de plantes, en particulier les huiles essentielles de citron et géranium rosat. Notre objectif était d’évaluer l’effet antibactérien de ces huiles sur une bactérie pathogène *staphylococcus aureus* et mesurer l’influence de l’ajout de ces aromatisants sur la qualité et les propriétés du miel, y compris l’impact sur la qualité sensorielle, les propriétés physico-chimiques, microbiologique durant le stockage à court terme, en le comparant à un échantillon témoin sans aromates.


Les travaux expérimentaux se sont déroulés au niveau du laboratoire de recherche sur la qualité et la sécurité des viandes dirigé par le Professeur Djenane Djamel de l’université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou et le laboratoire d’analyses au niveau d’ISSER Délice, durant la période allant de mois de Mars jusqu’au mois de Juin 2023.

1. Matériel

1.1. Matériel de laboratoire

L’ensemble du matériel utilisé est regroupé dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Matériel utilisés

Équipement	Marque
Balance de précision (max 1000-d 0,1g) 	Karen
Dessiccateur	Radwag



Appareil de l'activité de l'eau (AW)

Rotronic



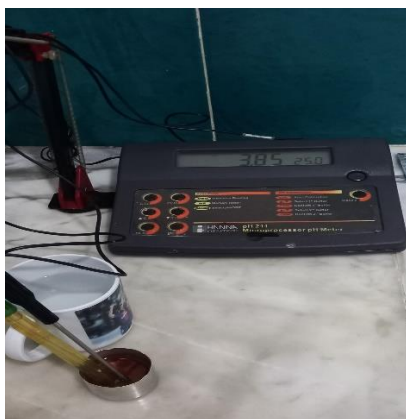
Réfractomètre (le Brix)




Euromex rd645








pH mètre paillasse

Hanna pH 211



<p>Hotte pour la microbiologie</p> 	<p>Bioair</p>
<p>Etuve</p>	<p>Binder</p>
<p>2 Autoclave (pour stériliser les gélose, bouillons nutritifs)</p>	<p>Steristean et Binder</p>
<p>Broyeur (agitateurs des sacs stomachers)</p> 	<p>Bagmixer</p>
<p>Bain marie</p> 	<p>Lauda</p>

Incubateur	Binder
<p data-bbox="363 371 643 405">Agitateur magnétique</p>  <p>The image shows a blue magnetic stirrer with a glass beaker containing a yellow liquid. The stirrer has two blue knobs and a green power button. The brand name 'ARE' is visible on the front panel.</p>	/
<p data-bbox="419 931 587 965">Micropipette</p>  <p>The image shows a hand holding a blue and white micropipette. The pipette has a white tip and a blue handle. The brand name 'Eppendorf' is visible on the handle.</p>	/

Réfrigérateur	/
<p>Plaque chauffante</p> 	Firstline
Verreries	Pipettes pasteur, boîtes pétri, tubes à essais, entonnoirs, erlenmeyer, éprouvette graduée, pipettes graduées.
Milieu de culture	 <p>Gélose nutritive, BHIB, Muller Hinton, sabouraud, eau peptone.</p>
Autres matériels	 <p>Poire à pipette, pince, disque de papier vierge, eau distillée, pipette pasteur, sacs stomachers, bec bensin.</p>

1.1. Matière première

➤ **Le miel**

L'étude actuelle se concentre sur l'analyse d'un échantillon de miel de montagne collecté dans la région de Tizi Ouzou. Les analyses ont été effectuées avec précision au niveau du laboratoire Isser Délice situé dans la wilaya de Boumerdes.



Figure 9 : Miel de montagne testé (image originale).

1.2. Matières biologiques

➤ **La bactérie testée**

L'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles sur le miel a été testée sur une souche bactérienne à Gram positif : *Staphylococcus aureus* (MU50).

Cette souche pure a été fournie par le laboratoire pédagogique de microbiologie de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'UMMTO.

➤ **Les huiles essentielles**

Au cours de notre étude, on a testé deux huiles essentielles commerciales (zeste de citron et géranium rosat). Ces huiles sont issues de la marque PURIFLORE.



Figure 10 : Les 2 flacons d'Huiles essentielles utilisés (image originale).

2. Méthodes

2.1. Tests préliminaires

2.1.1. Revivification de la souche bactérienne

➤ **Le but**

La revivification des souches a pour objectif l'obtention d'une culture jeune et pure (Djadi *et al.*, 2014).

➤ **Protocole**

On a suivi le Protocole adopté par Djadi *et al.* (2014) . Nous avons modifié le protocole pour les besoins de la présente étude.

Préparez le BHIB en suivant les instructions sur la boîte, en mélangeant 37 g dans 1 L d'eau distillée, puis stérilisez le mélange à 121 °C pendant 15 minutes. Ensuite, préparez un tube à essai stérile en y ajoutant 5 mL de BHIB. Utilisez un pipette pasteur pour prélever quelques colonies bactériennes de la souche initiale. Ensemencez les colonies frottées dans le tube préparé. Incubez pendant une heure à 37 °C. Par la suite, préparez la gélose nutritive en mélangeant 28 g dans 1 L d'eau distillée, puis stérilisez le mélange à 121 °C pendant 15 minutes. Versez de la gélose dans des boîtes pétries et laissez-la refroidir et solidifier. À l'aide d'une micropipette, prélevez 10 microlitres de la suspension et versez-la sur la boîte pétrie contenant la gélose solidifiée. Étalez la solution sur toute la surface de la gélose. Ensuite, incubez la boîte pétrie à la température optimale de croissance de la souche bactérienne, généralement à 37 °C pendant 24 heures. Après l'incubation, stockez la boîte de pétri dans un réfrigérateur à 4 °C pour une utilisation ultérieure.

2.1.2. Le dénombrement bactérien

➤ Principe

Il y a deux méthodes majeures pour réaliser le dénombrement bactérien dans un milieu solide : l'ensemencement par étalement et l'ensemencement en masse. Ces méthodes permettent de déterminer le nombre de cellules dans un échantillon capable de former des colonies sur un milieu de culture solide approprié. On appelle également cette méthode de décompte le « comptage sur boîte » (Madigan *et al.*, 2007).

Dans notre cas, nous avons utilisé la technique de l'ensemencement en masse.

➤ Protocole

Dans la méthode de l'ensemencement en masse, un volume précis, généralement entre 0,1 et 1 mL, d'un échantillon correctement dilué est versé dans une boîte de Pétri stérile. Ensuite, le milieu de culture (gélose nutritive) maintenu en surfusion, est ajouté et mélangé avec l'échantillon en faisant tourner doucement la boîte de Pétri sur la surface du plan de travail. Après cela, l'échantillon est incubé à 37 °C pendant 18 à 24 h (Figure 3). Le résultat est exprimé en unités formant des colonies (UFC) (Madigan *et al.*, 2007).

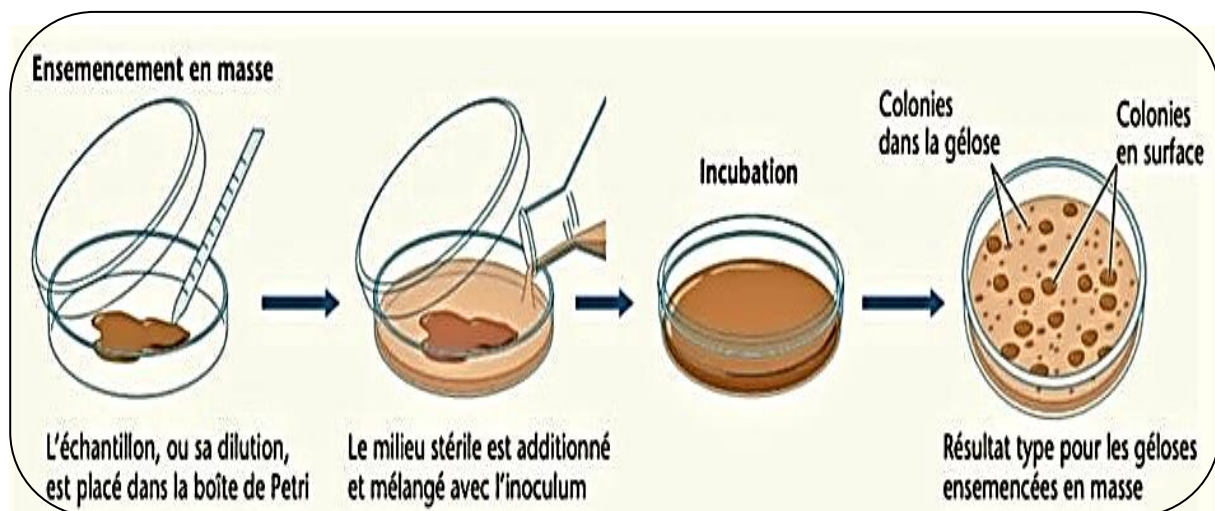


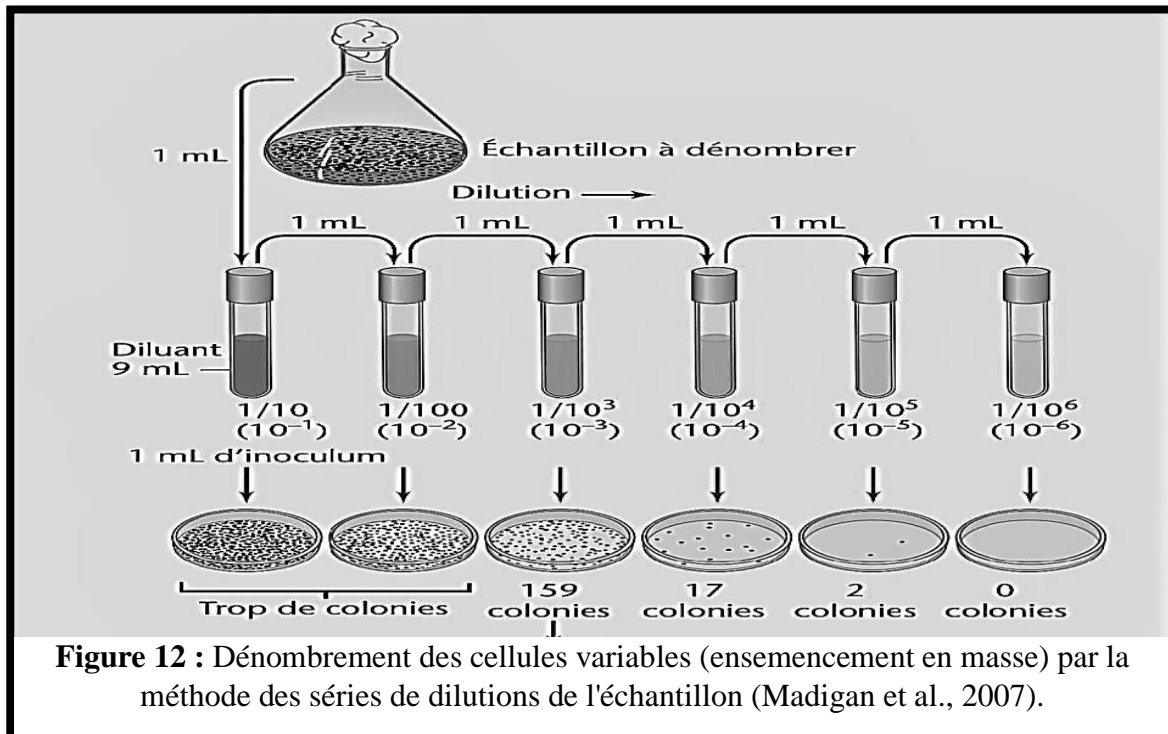
Figure 11 : Dénombrement de cellules variables ; ensemencement en masse (Madigan *et al.*, 2007).

Pour obtenir un nombre de colonies significatif (entre 30 et 300), il est nécessaire de diluer l'échantillon. Étant donné que la concentration de cellules peut varier et n'est pas connue à l'avance, il est nécessaire de réaliser plusieurs dilutions et de les ensemer. Habituellement, ces dilutions sont effectuées en utilisant un rapport de 1 pour 10. Cela signifie que l'on mélange 1 ml d'échantillon avec 9 ml de diluant, jusqu'à obtenir une dilution

pour laquelle le nombre de colonies sera significatif. Cette technique est mentionnée dans la figure ci-dessous.

Dans notre étude nous avons utilisé le BHIB stérile comme milieu de référence.

2.1.3. Évaluation de l'activité antibactérienne



On a procédé à l'évaluation in vitro de l'activité antibactérienne de deux huiles essentielles (zeste de citron, géranium rosat) en utilisant deux techniques. La méthode de diffusion en milieu gélosé par des disques a été employée pour déterminer la sensibilité de *Staphylococcus aureus* (MU50) face aux huiles essentielles. Quant à la méthode des tubes en milieu liquide, elle a été utilisée pour déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI).

2.1.3.1. Méthode de diffusion par disque

- **Principe :** Elle permet d'évaluer l'activité antibactérienne des huiles par la méthode de diffusion en gélose par l'utilisation des disques stériles de papier filtre (6mm de diamètre).
- **Protocole :**

On commence par verser le milieu de culture gélosé Muller Hinton (MH) à une température de 45 °C autour du bec Bunsen, en le répartissant uniformément sur la surface de chaque boîte de Pétri (2 boîtes par huile) avec une quantité de 15 ml par boîte. Ensuite, on

laisse le milieu refroidir et solidifier sur la paillasse. À l'aide d'une pipette Pasteur stérile, on injecte 1 ml de la solution mère (suspension bactérienne) ensemencée sur la gélose de chaque boîte. On dépose des disques stériles au centre de chaque boîte de Pétri en utilisant une pince stérile, puis on applique une légère pression avec la pince pour assurer un contact complet du disque avec la gélose. On procède ensuite à l'injection de 5 microlitres d'huile sur le disque, en répétant l'expérience pour chaque huile. Les boîtes de Pétri sont laissées sur la paillasse pendant 30 minutes, puis elles sont placées dans une étuve à 37 °C pendant 24 heures.



Figure 13 : Images originales des étapes suivies lors du test d'antibiogramme.

2.1.3.2. La concentration minimale inhibitrice CMI

➤ Principe

La CMI se définit comme la plus faible concentration en l'huile essentielle capable d'inhiber la croissance bactérienne à 24h.

➤ Protocole

Pour déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI) d'un composé antimicrobien, on prépare une série de tubes de culture qui sont ensuite inoculés. Chaque tube contient le milieu de culture avec une concentration différente de l'agent antimicrobien. Après incubation, les tubes sont examinés pour observer s'il y a eu croissance ou non, ce qui est déterminé par la turbidité du milieu. La CMI correspond à la plus faible concentration du composé antimicrobien qui empêche complètement la croissance du micro-organisme étudié. Ce procédé simple et efficace est souvent désigné sous le terme de technique par dilution.

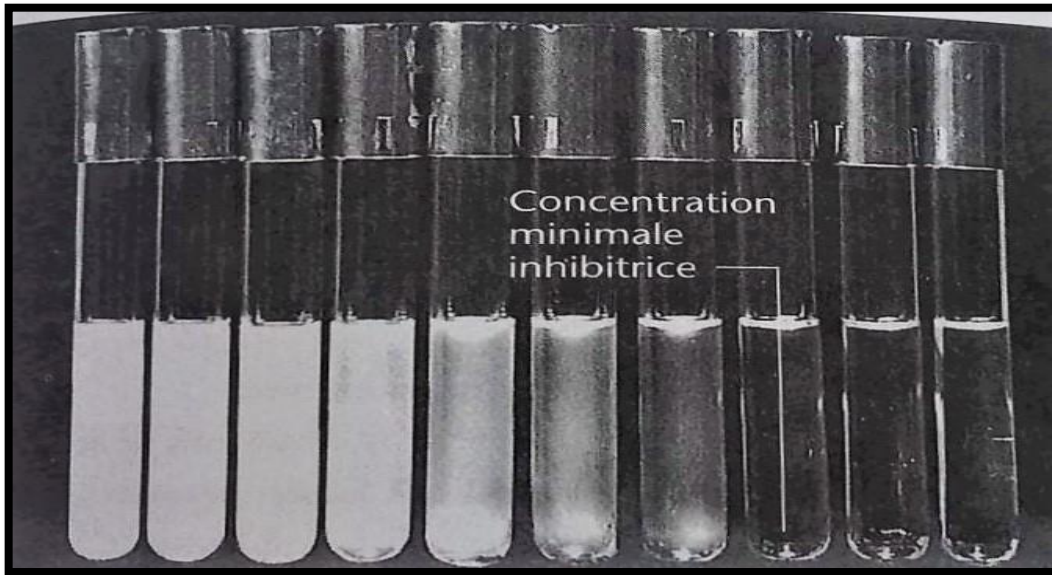


Figure 14 : Détermination de la sensibilité aux agents antimicrobiens par la méthode des dilutions.

2.2. Étude de paramètres physico-chimiques de miel

• Méthode d'aromatisation

Durant notre travail, nous avons mis en pratique une méthode d'aromatisation naturelle en combinant des huiles essentielles et du miel.

Pour cela, nous avons opté pour l'utilisation d'une micropipette afin d'ajouter des concentrations des huiles essentielles de manière précise et contrôlée.

- **Quantité de miel utilisé :** nous avons utilisé 3 lots du miel d'une quantité de 300g chacun.
- **Type commercial du miel :** miel de montagne.
- **Origine du miel :** miel multi florale.
- **Nombre d'échantillons**

Au cours de notre travail, nous avons manipulé trois échantillons, chacun pesant 300g. le premier échantillon, considéré comme un échantillon témoin, composé de miel de montagne pur, le deuxième échantillon a été aromatisé avec 150 microlitres d'huile essentielle de zeste de citron, tandis que le troisième échantillon a été aromatisé avec 150 microlitres d'huile essentielle de géranium rosat.

Pour chaque point d'analyse, nous avons réalisé deux répétitions expérimentales indépendantes. L'analyse microbiologique a nécessité l'utilisation de 10g de chaque échantillon. Les analyses physicochimiques ont requis 80 g de chaque échantillon. Enfin, l'analyse sensorielle, réalisée en un seul essai, a exigé de 30 g de chaque échantillon.

- **Conditions de stockage :** durant notre travail, nous avons entreposé le miel dans le laboratoire en utilisant des flacons en verre soigneusement scellés pour assurer sa préservation optimale à 20 °C pendant 15 jours.

Pendant la période d'analyse, on a évalué quatre caractéristiques physico-chimiques du miel durant le stockage : le pH, l'humidité (teneur en eau), l'activité de l'eau (A_w), le taux de sucre (Brix) en suivant les instructions de Journal Officiel de la République Algérienne N°39.

Après avoir préparé les pots pour notre étude, nous avons entrepris la préparation des quantités requises pour chaque date d'analyse physicochimiques. Pour chaque analyse, nous avons effectué deux essais, ce qui a nécessité la préparation de 80g de chaque échantillon de miel.

Les mesures ont été répétées chaque 5 jours afin d'évaluer l'impact de l'aromatisation sur les caractéristiques physico-chimiques du miel pendant une période de stockage à court terme. Ce processus a été répété tous les 5 jours pendant une durée totale de 15 jours (3 points d'analyses)

2.2.1. Mesure du potentiel hydrogène du miel à l'aide d'un pH mètre

Une quantité de dix grammes (10 g) de miel a été pesée. Ensuite, l'électrode du pH-mètre a été rincée à l'eau distillée et séchée. Ensuite, l'électrode propre et sèche du pH-mètre a été immergée dans le miel. Enfin, la valeur du pH a été directement lue sur l'écran de l'appareil une fois que cette valeur s'est stabilisée.



Figure 15 : Mesure du potentiel hydrogène à l'aide d'un ph mètre Hanna pH 211 (image originale 2023).

2.2.2. Humidité

Pour mesurer l'humidité de miel on a utilisé un dessiccateur RADWAG en suivant les étapes suivantes :

- 5 grammes de miel ont été versés dans une cuvette, puis fermée hermétiquement.
- Laisser l'échantillon dans le dessiccateur jusqu'à ce que le pourcentage de l'humidité apparaisse sur l'écran de dessiccateur.



Figure 16 : Méthode de mesure de l'humidité du miel à l'aide d'un dessiccateur (images originales 2023).

2.2.3. Le degré Brix

Le taux de Brix a été déterminé en utilisant la méthode de la réfractométrie (réfractomètre Euromex rd645). Tout d'abord, le réfractomètre est réglé à zéro en utilisant de l'eau distillée et en l'essuyant soigneusement. Ensuite, une dilution à 50% a été réalisée (15 grammes de miel sont pesés, puis taré la balance et compléter avec l'eau distillée jusqu'à atteindre 15 grammes). Cet échantillon de miel doit être parfaitement homogénéisé à l'aide d'un agitateur magnétique.

Une goutte de l'échantillon est prélevée et déposée sur le prisme. En appuyant sur le bouton de lecture, le taux de sucre peut être directement mesuré et affiché sur l'écran de l'appareil. Cette technique est répétée sur l'ensemble des échantillons.

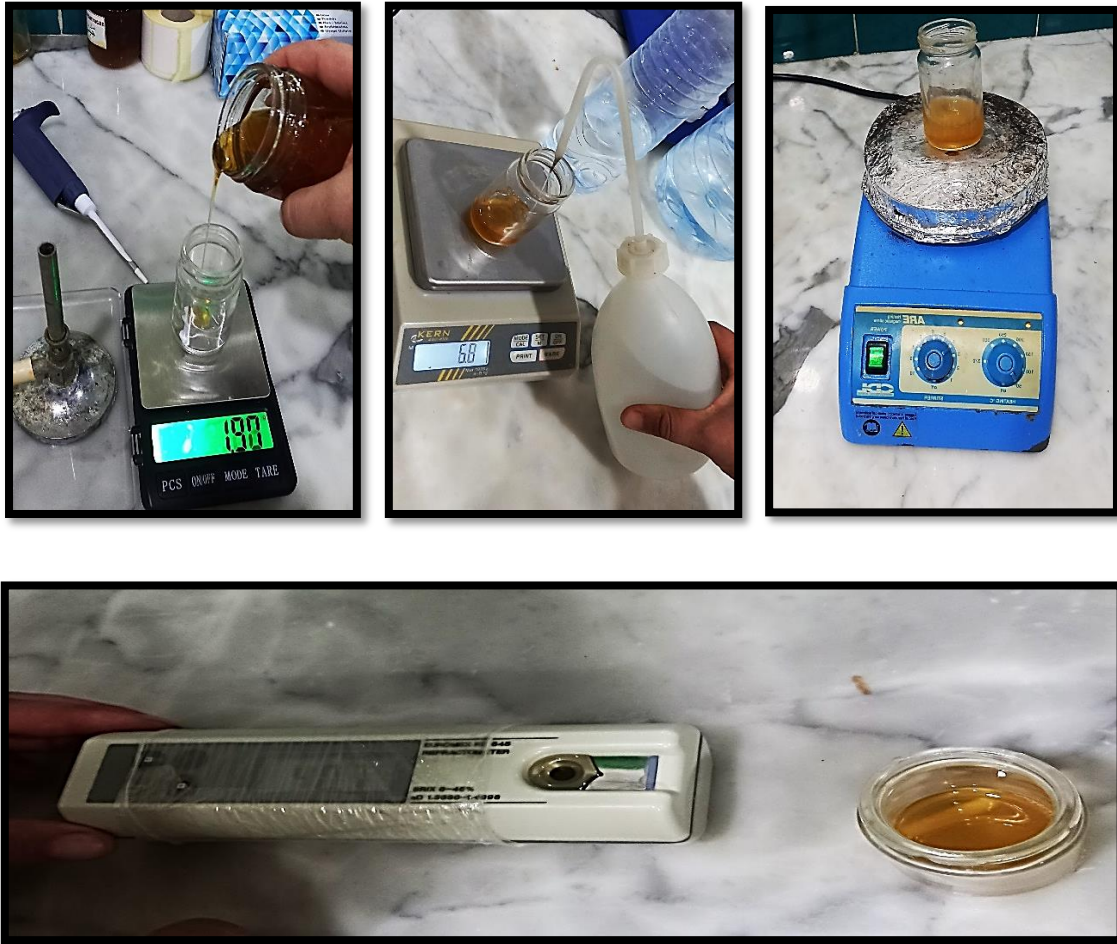


Figure 17 : Étapes suivies lors de mesurage de degrés Brix (images originales 2023).

2.2.4. L'activité de l'eau A_w

L'activité de l'eau est déterminée en utilisant l'appareil Rotronic. Avant de commencer, assurez-vous que l'appareil est correctement configuré et calibré selon les spécifications du fabricant. Préparez l'échantillon de miel et vérifiez que vous avez une quantité suffisante pour remplir la chambre de mesure de l'appareil. Allumez l'appareil et placez l'échantillon de miel à l'intérieur, puis fermez hermétiquement la chambre de mesure. Attendez que l'appareil effectue la mesure de l'activité de l'eau, en tenant compte du fait que le temps nécessaire peut varier (dans notre cas, cela a pris 15 minutes). Une fois la mesure terminée, l'appareil affichera la valeur de l'AW. Pour effectuer une nouvelle mesure, il est essentiel de nettoyer soigneusement la chambre de mesure de l'appareil afin d'éliminer tout résidu de miel.

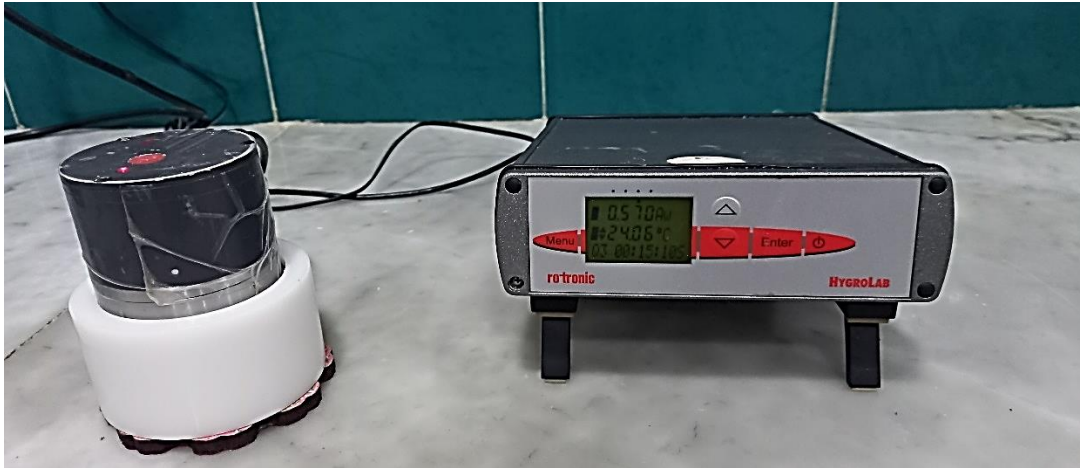


Figure 18 : AW-mètre marque Rotronic pour mesurer l'activité de l'eau du miel (images originales 2023).

2.3. Analyses microbiologiques

La recherche et le compte des micro-organismes ont été axés sur les levures et les moisissures.

➤ Méthode de préparation des milieux de cultures

Les milieux de culture ont été préparés en suivant les instructions fournies par le fabricant.

➤ Le protocole

5 grammes de miel ont été pesés dans un sac stomachers, puis complétés jusqu'à 50 grammes avec l'eau peptone. Ensuite, le mélange a été placé dans un agitateur de sacs stomachers de la marque BAGMIXER afin d'homogénéiser correctement le miel avec l'eau peptone. Par la suite, 1 mL de la solution a été prélevé etensemencé en masse dans une boîte de pétri avec le milieu de culture sabouraud, assurant une répartition uniforme. Après la solidification du milieu, l'incubation a été réalisée pendant 5 jours pour permettre la lecture des résultats.

Nous avons répété la même opération pour chaque échantillon de miel, en effectuant deux essais individuels pour chacun d'entre eux.



Figure 19 : Les étapes suivies lors de la réalisation des analyses microbiologiques (images originales 2023).

2.4. Analyse sensorielle de miel

L'analyse sensorielle est une science multidisciplinaire qui fait appel à des dégustateurs et à leur sens de la vue, du goût, du toucher et de l'ouïe pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité des produits alimentaires ainsi que d'autres produits.

Notre étude se porte sur quatre attributs sensoriels de miel : la couleur, l'odeur, le goût et l'aspect général. Ils ont été déterminés lors d'une séance d'évaluation qui durait environ 1h de temps pour les trois échantillons différents et chaque échantillon est analysé indépendamment de l'autre.

Pour cette analyse un panel de 10 testeurs a été formé. L'analyse a été conduite dans des conditions de laboratoire, à température ambiante et à la lumière du jour.

Au jour zéro 13/06/2023, trois lots de miel sont préparés : un lot témoin, un lot 1 aromatisé à l'huile de citron et un lot 2 aromatisé à l'huile de géranium. À partir de ces trois lots, des échantillons de 10 g sont prélevés pour d'analyse sensorielle réalisé le 18/06/2023.

L'analyse de la couleur a été réalisée par un panel de 10 personnes de divers genres. L'objectif était d'observer les différentes nuances de couleur (incolore, ivoire, beige, jaune, jaune orangé, marron, marron foncé) de l'échantillon de miel. Pour cela, le miel a été distribué dans des boîtes transparentes afin de déterminer précisément sa couleur.

Pendant cette phase, les dégustateurs (les 10 personnes) ont également évalué la saveur du miel en utilisant les catégories suivantes : acide, sucré, piquant, amer. La méthode consistait à prélever une petite quantité de miel avec une cuillère, la garder dans la bouche pendant quelques secondes et à identifier la saveur correspondante. Ils ont également donné leur avis sur l'odeur de chaque échantillon, en utilisant les échelles suivantes : très fort, fort, doux, très doux, aucune odeur.

Après, les dégustateurs ont formulé une évaluation globale des échantillons de miel en utilisant toujours la procédure précédente, puis à indiquer si le produit était cristallisé, liquide ou crémeux.

Ces différences étapes de l'analyse sensorielle ont permis d'obtenir une évaluation complète des caractéristiques visuelles, gustatives, olfactives et globale de chaque échantillon de miel étudié.



Résultats et discussion

1. Résultat de revivification de la pureté de la bactérie

La pureté de la bactérie *Staphylococcus aureus* MU50 a été vérifiée après 24 h d'incubation à 37 °C, en examinant visuellement la turbidité (opacité) du milieu de culture. La présence de croissance bactérienne indique une revivification réussie de la bactérie.

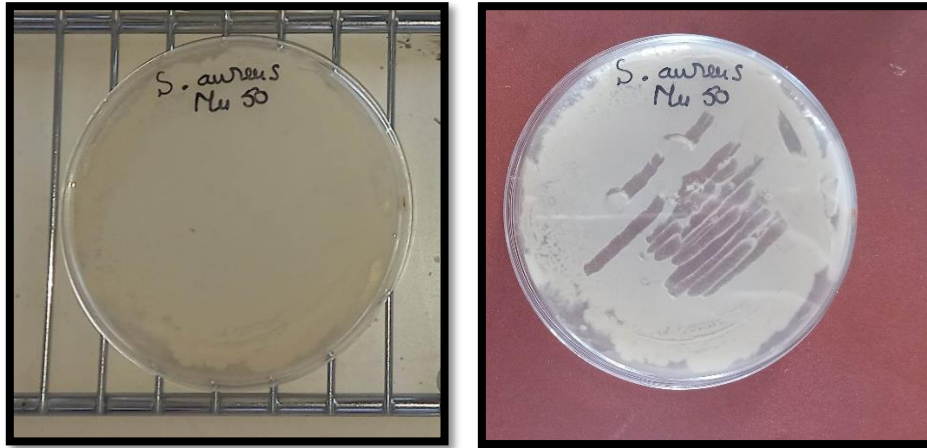


Figure 20 : Résultat de la revivification de *Staphylococcus aureus* MU50 (image originale 2023).

2. Résultat de dénombrement

Après l'incubation ; la boîte de Pétri (suspension - 6) a été observée attentivement et procédée au dénombrement des colonies formées. En tenant en compte des critères spécifiques pour déterminer si une colonie doit être comptée ou non, tels que la taille, la couleur, et la morphologie.

Le dénombrement a été réalisé manuellement en utilisant un compteur de colonies (marqueur pour marquer chaque colonie comptée afin d'éviter les erreurs de double comptage). Ensuite, le nombre de colonie compté a été enregistré.

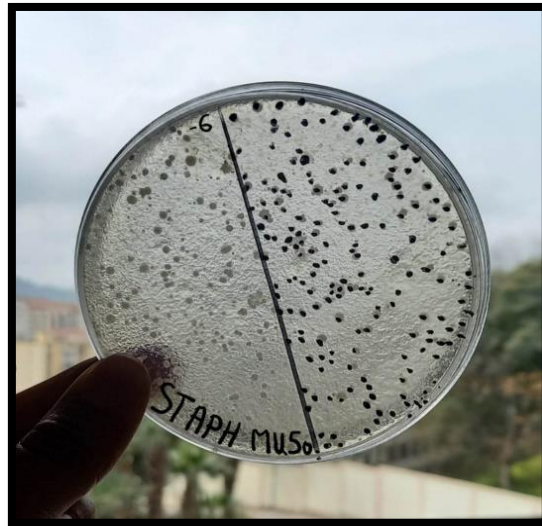


Figure 21 : Résultat de dénombrement de *Staphylococcus aureus* MU50 (image originale 2023).

Le produit du dénombrement total de colonies par son facteur de dilution, divisé par le volume de l'inoculum, donne un résultat de $2,84 \times 10^8$ unités formant des colonies par millilitre (UFC/ml).

3. Activité antimicrobienne des HEs testées

3.1. AntibioGramme

L'activité antibactérienne de l'huile essentielle extraite du zeste de citron et du géranium rosat a été testée in vitro sur une bactérie de référence, plus précisément sur *Staphylococcus aureus* MU50 à gram positif (**Tableau 1**).

Tableau 8 : Résultat de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle géranium rosat et zeste de citron sur *Staphylococcus aureus* MU50 (méthode de diffusion sur gélose).

L'huile essentielle	Diamètres de la zone inhibitrice
Huile essentielle de géranium rosat	30 mm
Huile essentielle zeste de citron	15 mm



Figure 22 : Résultat de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle géranium rosat et zeste de citron sur la bactérie testée (originale 2023).

3.2.La concentration minimale inhibitrice CMI



Figure 23 : Résultat de la CMI sur la gauche huile essentielle zeste de citron, sur la droite huile essentielle géranium rosat (originale 2023).

Le tableau présenté ci-dessous résume toutes les valeurs enregistrées de la CMI lors des tests effectués sur *Staphylococcus aureus* MU50 en utilisant les huiles essentielles de zeste de citron et de géranium rosat.

Tableau 9 : Concentrations minimales inhibitrices des HEs de zeste de citron et de géranium rosat vis-à-vis de la bactérie testée.

Bactérie	Valeurs de la CMI	
	HE zeste de citron	HE géranium
<i>Staphylococcus aureus</i> MU50	40 µL	30 µL

L'activité antimicrobienne des huiles testées a été démontrée par la sensibilité de la bactérie à ces différentes huiles, mesurée par la méthode de diffusion sur gélose (par disques) et la détermination de la concentration minimale inhibitrice.

Les tests in vitro sur l'activité antibactérienne des huiles essentielles de géranium rosat et de zeste de citron vis-à-vis à *Staphylococcus aureus* ont révélé un effet antibactérien remarquable. Des zones d'inhibition ont été observées et des concentrations minimales inhibitrices ont été déterminées.

Selon nos résultats, il a été constaté que l'huile essentielle de géranium rosat présente une activité antibactérienne significative contre *Staphylococcus aureus*. Le diamètre d'inhibition obtenu vis-à-vis cette bactérie est de 30mm.

Cette forte activité antibactérienne de l'HE de géranium rosat a été confirmée par la méthode de macrodillution, qui a révélé une CMI de 30 µL pour *Staphylococcus aureus*. Les HEs de nombreuses espèces du genre *Pelargonium* (géranium rosat) sont connues pour leurs propriétés antibactériennes.

Dans une étude antérieure réalisée par Ghannadi et *al.* (2012), il a été rapporté que toutes les souches bactériennes testées étaient sensibles à l'HE de *Pelargonium graveolens* d'Iran, avec des diamètres d'inhibition de 9,5 mm pour *Escherichia coli*, 25,3 mm pour *Pseudomonas aeruginosa*, 42 mm pour *Staphylococcus aureus*, 16,5 mm pour *Bacillus subtilis* et de 9 mm pour *Salmonella enteritidis*. En revanche, *Listeria monocytogenes* s'est révélée résistante à l'HE.

Ces résultats mettent en évidence l'efficacité de l'HE de géranium rosat en tant qu'agent antibactérien, en particulier contre *staphylococcus aureus*. Cependant, il est important de

noter que les résultats pouvant varier en fonction des souches bactériennes spécifiques et de l'origine géographique de l'HE.

L'huile essentielle de zeste de citron a démontré son pouvoir inhibiteur sur la croissance de la bactérie testée de *Staphylococcus aureus* avec un diamètre d'inhibition de 15mm et une CMI de 40 µL.

Les valeurs de CMI se concordent d'une manière générale avec celle des diamètres d'inhibition, la bactérie sensible à l'huile essentielle avec une zone d'inhibition importante présente les plus petites concentrations minimales inhibitrices.

Des études antérieures, notamment celle menée par (Costa., et *al.*, 2014) ont révélé que cette huile essentielle présentait une zone d'inhibition particulièrement élevée contre *Bacillus subtilis*, suivie de *Staphylococcus aureus*.

Ces résultats rejoignent les observations faites par (Aibinu et *al.*, 2007) qui ont constaté une sensibilité marquée de chaque souche bactérienne à l'huile essentielle Citron, avec une activité étendue contre les bactéries gram-positives. Des zones d'inhibition nettes ont été observées contre la majorité des souches bactériennes testées.

L'activité antibactérienne de l'huile essentielle de zeste de citron pourrait s'expliquer par son effet inhibiteur sur la synthèse cellulaire, principalement en raison de ces caractéristiques hydrophobes. Les composés hydrophobes présents dans l'HE, tels que les terpènes et les limonoïdes, ont une affinité pour les membranes cellulaires des bactéries. Cette interaction peut perturber l'intégrité structurelle et la mort de la cellule bactérienne.

L'hydrophobicité de l'HE de Citron lui permet de diffuser facilement à travers la membrane cellulaire des bactéries, facilitant ainsi son action antimicrobienne. Les interactions entre les composés actifs de l'HE et les constituants de la membrane cellulaire peuvent affecter plusieurs processus cellulaires essentiels, tels que la respiration, la synthèse protéique et la régulation de l'homéostasie ionique.

Ces découvertes mettent en évidence le potentiel de l'HE de zeste de citron en tant qu'agent antimicrobien, en particulier contre les bactéries gram-positives telles que *Bacillus subtilis* et *Staphylococcus aureus*.

D'après les résultats obtenus, il apparaît que les deux HEs inhibent la croissance des bactéries avec des degrés de sensibilités différents. Cette sensibilité est attribuée

principalement à l'activité antibactérienne des molécules lipophiles capables de pénétrer la double couche phospholipidique, entraînant alors un changement de conformation et un mauvais fonctionnement de la membrane cellulaire (Calsamiglia et *al.*, 2007).

4. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques sont basées sur la détermination de taux d'humidité, l'activité de l'eau, le degré Brix ainsi que la mesure du potentiel hydrogène (pH).

Les résultats issus de l'évaluation de la qualité physico-chimiques du miel témoin et le miel aromatisé présentés dans le tableau ci-dessous.

Résultats et discussions

Tableau 10 : Résultats de paramètres physico-chimiques de miel témoin et miels aromatisés (les résultats sont rapportés en moyenne \pm écart-type).

Dates	13/06/2023			18/06/2023			25/06/2023		
Échantillons	Témoin	Miel à l'huile de géranium	Miel à l'huile de citron	Témoin	Miel à l'huile de géranium	Miel à l'huile de citron	Témoin	Miel à l'huile de géranium	Miel à l'huile de citron
Humidité	12,46% \pm 0,01	12,58% \pm 0,01	13,46% \pm 0,02	12,47% \pm 0,01	12,62% \pm 0,02	13,83% \pm 0,01	12,47% \pm 0,01	11,90% \pm 0,04	13,40% \pm 0,03
Activité de l'eau	0,56 \pm 0,0002	0,562 \pm 0,001	0,59 \pm 0,01	0,56 \pm 0,001	0,57 \pm 0,001	0,562 \pm 0,002	0,56 \pm 0,03	0,593 \pm 0,003	0,593 \pm 0,001
Degré Brix	82,3 \pm 0,1	83,1 \pm 0,02	82,87 \pm 0,01	82,35 \pm 0,05	81,2 \pm 0,1	81,6 \pm 0,1	82,35 \pm 0,01	82 \pm 0,1	81,4 \pm 0,1
pH	3,86 \pm 0,01	3,89 \pm 0,01	3,80 \pm 0,01	3,87 \pm 0,007	3,94 \pm 0,007	3,85 \pm 0,01	3,87 \pm 0,02	3,72 \pm 0,02	4,03 \pm 0,03

Au cours de notre étude expérimentale, le miel utilisé pour préparer les échantillons aromatisés présentait des caractéristiques correspondant à celle d'un miel de bonne qualité, conformément aux normes réglementaires

En analysant les résultats des mesures pour les différents types de miel on a observé que :

4.1 Humidité

La teneur en humidité est l'un des paramètres les plus importants du miel ; le Codex Alimentarius (2001) a fixé une limite de 20% dans le cas du miel, car à des niveaux supérieurs à 20%, les processus de fermentations sont accélérés pendant le stockage. Dans notre cas la teneur en humidité du miel témoin varie entre $12,46 \pm 0,01$ et $12,47 \pm 0,01$. Tandis que le miel aromatisé à l'huile de géranium a une humidité située entre $11,90 \pm 0,04$ jusqu'à $12,62 \pm 0,02$. Par contre le miel aromatisé à l'huile de citron présente une forte teneur en humidité variante entre $13,83 \pm 0,01$ et $13,40 \pm 0,03$. Tous nos échantillons respectent le seuil fixé par le *Codex Alimentarius* (2001).

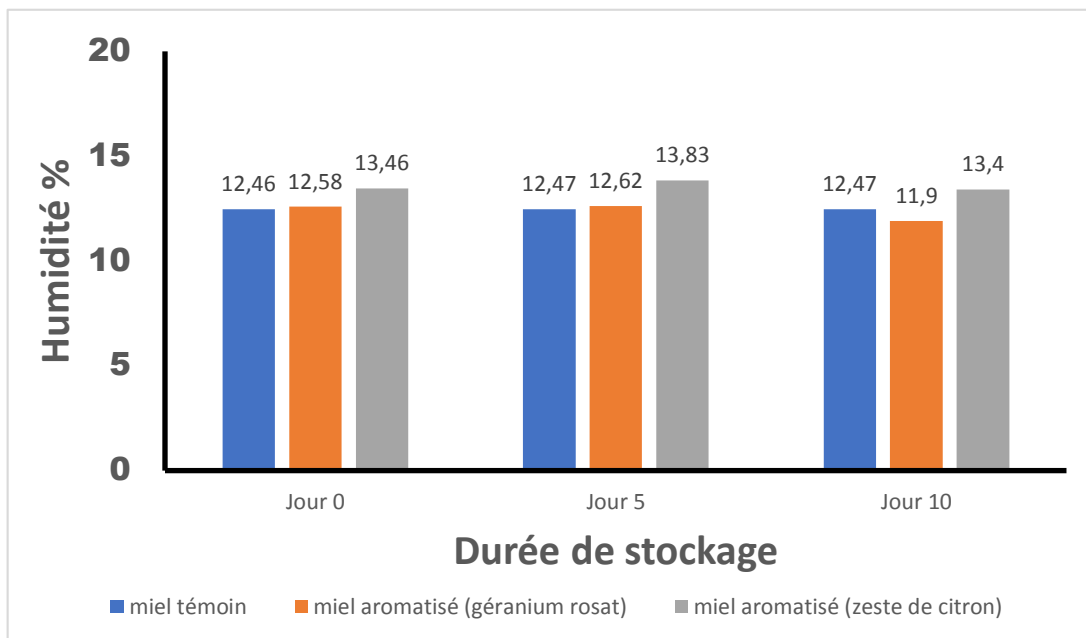


Figure 24 : Représentation graphique des valeurs d'humidité (%).

Différentes organisations d'apiculture en Allemagne, en Belgique, en Autriche, en Italie et en Suisse ont recommandé un taux d'humidité maximale de 18 à 18.5% (Ahmed *et al.*, 2016).

Alors le risque de fermentation est très faible dans nos échantillons, ce qui confirme que nos échantillons peuvent être conservé sans risques d'altération sur le plan physicochimique.

4.2 Activité de l'eau

On remarque que les valeurs des teneurs en eau obtenues de nos échantillons de miel témoin varient entre $0,56 \pm 0,001$ jusqu'à $0,56 \pm 0,03$. Cependant l'activité de l'eau du miel aromatisé à l'huile de citron varie entre $0,56 \pm 0,002$ et $0,59 \pm 0,01$, tandis que le miel aromatisé de géranium rosat représente un niveau de la teneur en eau entre $0,56 \pm 0,001$ et $0,59 \pm 0,003$. Cette légère variation était évidemment liée à la source florale de nectar (Adenekan *et al.*, 2010).

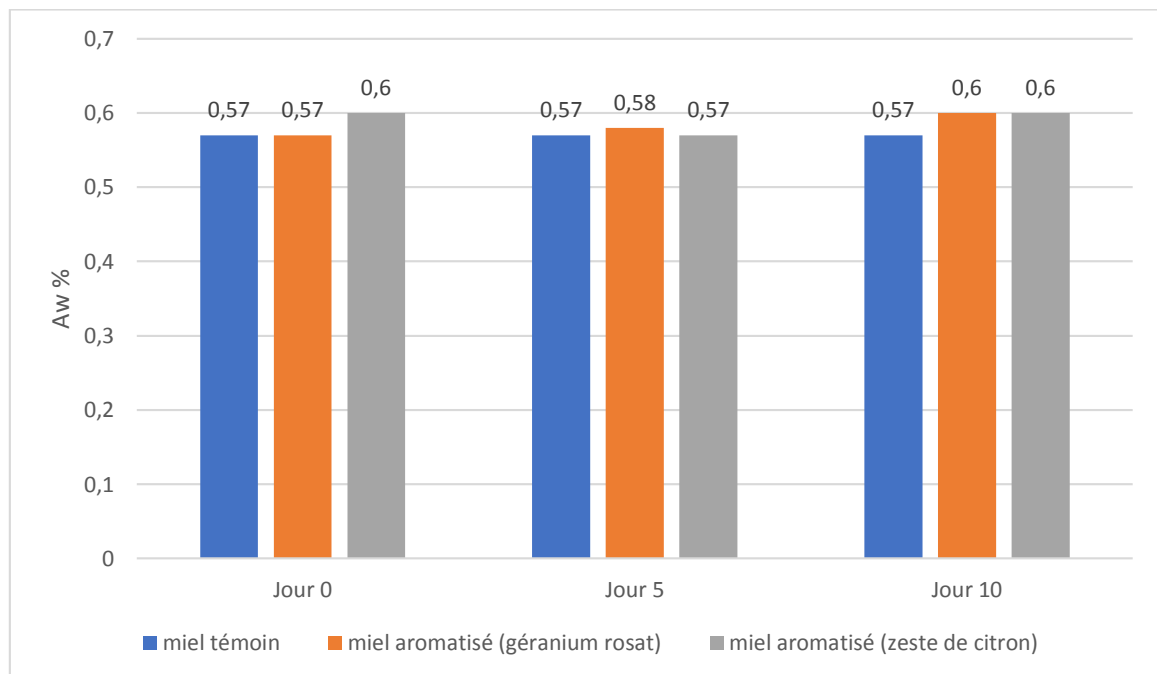


Figure 25 : Représentation graphique des valeurs de l'Aw (%).

Compte tenu de ce fait, on peut conclure que l'activité de l'eau de miel est influencée principalement par les concentrations de fructose, de glucose et dans une certaine mesure, par la teneur en saccharose (Oroian *et al.*, 2017).

L'activité de l'eau est influencée par la concentration molaire des espèces solubles présentes dans le miel. Les substances qui ont une masse moléculaire élevée ou qui sont présentes en petites quantités telles que les composés azotés (protéines, enzymes, acide aminés), acides organiques, vitamines, composés aromatiques ou minéraux ne contribuent pas à la grandeur de l'activité de l'eau (Oroian *et al.*, 2017).

La teneur en eau est néanmoins peut être le critère de qualité le plus important pour le miel. Une teneur basse, si possible inférieur à 17 – 18%, garantit la bonne conservation du miel (Bachofen et Martin, 2008).

4.3 Le degré Brix

Le miel est principalement constitué de glucides qui sont exprimés par le degré de Brix (Conti *et al.*, 2014). Le Brix est étroitement lié à la quantité de sucre existante dans le miel, ce qui en fait un marqueur essentiel de la falsification (Habib *et al.*, 2014).

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

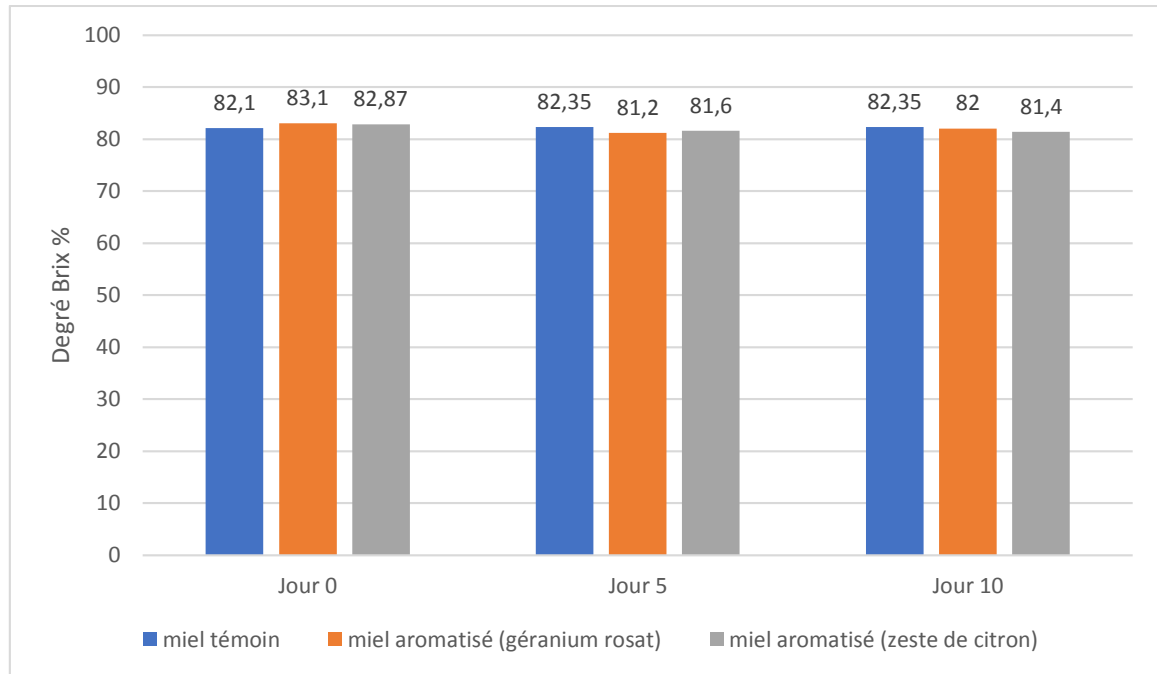


Figure 26 : Représentation graphique des valeurs du degré Brix (%).

Le Brix des échantillons analysés varie entre $82,3 \pm 0,3$ jusqu'à $82,35 \pm 0,05$ pour le témoin, et $81,2 \pm 0,1$ jusqu'à $83,1 \pm 0,02$ pour le miel à l'huile de géranium tandis que le Brix de miel aromatisé à l'huile de citron varie entre $81,06 \pm 0,1$ jusqu'à $82,87 \pm 0,01$.

L'analyse des résultats démontrent que les échantillons (miel témoin) et (miel aromatisé à l'huile de citron) et (miel aromatisé à l'huile de géranium rosat), présentent des valeurs pratiquement identiques, ce qui suggère que l'ajout d'huiles essentielles au miel n'a pas d'effet néfaste sur sa qualité. Au contraire, ces huiles essentielles favorisent une conservation optimale du miel et préserve ses caractéristiques nutritionnelles.

Une explication possible de ces résultats réside dans les propriétés des huiles essentielles utilisées pour l'aromatisation. En effet, ces huiles possèdent une activité antimicrobienne, antifongique et antioxydante bien connue dans la littérature scientifique. Ces propriétés bénéfiques peuvent contribuer à maintenir la qualité du miel en inhibant la croissance des micro-organismes indésirables, en évitant la détérioration due à des agents pathogènes et en protégeant contre l'oxydation.

Ainsi, l'incorporation d'huiles essentielles dans le miel non seulement ne nuit pas à sa qualité, mais elle offre également des avantages supplémentaires en termes de conservation et de préservation de ses caractéristiques nutritionnelles.

Selon les normes recommandées par le Codex Alimentarius (2001), les valeurs de degré de Brix est supérieur à 65%. Donc nous pouvons dire que tous nos échantillons de miel sont conformes aux normes de qualité préconisées.

4.4 Le pH

Ce paramètre est important lors de l'extraction et du stockage du miel, car il influence la stabilité, la texture et la durée de conservation (Kadri *et al.*, 2017), il peut être utilisé pour montrer une contamination microbienne (Pita-Calvo *et al.*, 2017).

La détermination du pH dans les échantillons de miel est importante pour confirmer son authenticité, car une addition de sucre dans le miel augmente considérablement les valeurs de pH (Oliveira *et al.*, 2017).

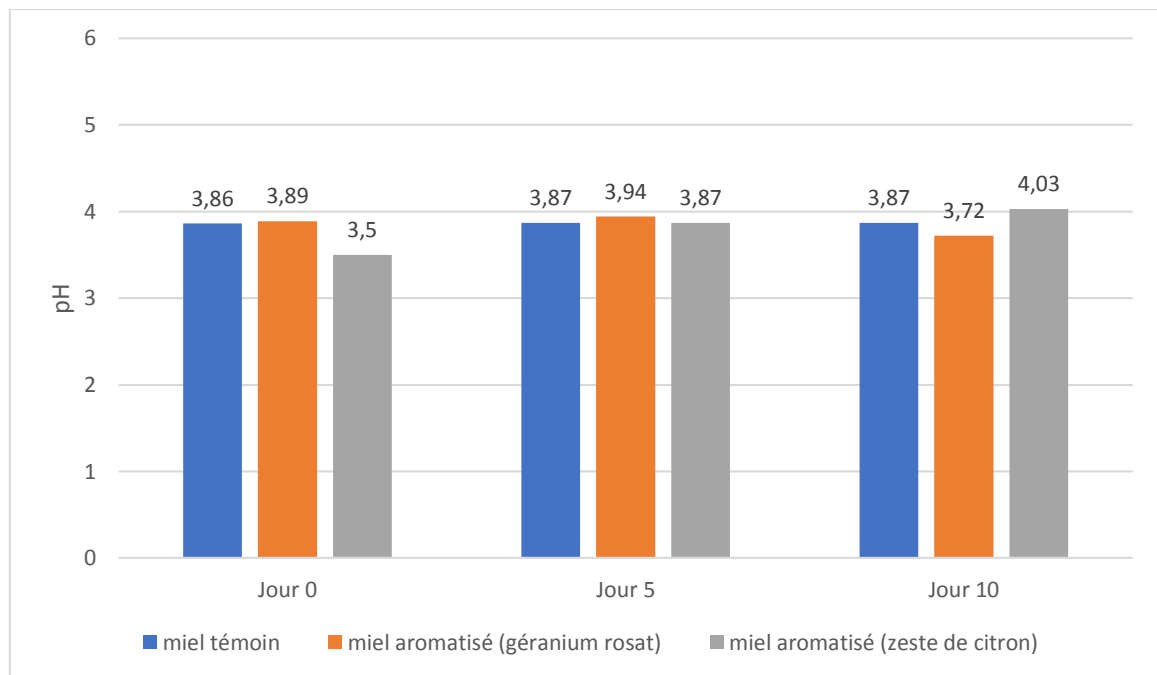


Figure 27 : Représentation graphique des valeurs du pH.

Les résultats de l'analyse révèlent que le pH du miel témoin ainsi que des miels aromatisés présente des valeurs comparables, se situant entre $3,86 \pm 0,01$ et $3,87 \pm 0,02$ pour le témoin par contre celui de miel à l'huile de géranium varie entre $3,72 \pm 0,02$ jusqu'à $3,94 \pm 0,007$ tandis que le pH de miel à l'huile de citron varie entre $3,80 \pm 0,01$ jusqu'à $4,03 \pm 0,03$.

Dans notre étude, les valeurs de pH relativement proches entre le miel témoin et les miels aromatisés indiquent que l'incorporation d'arômes n'a pas entraîné de changements importants dans la composition chimique du miel. Cela suggère également que les procédés d'aromatisation utilisés n'ont pas altéré l'équilibre acide-base du miel.

Tous les échantillons du miel étudiés sont acides, donc nos résultats sont conformes à ceux trouvés par Cenet *et al.* (2017) qui ont annoncé que les miels ont un pH compris entre 3.80 et 4.24.

Nos résultats sont conformes avec ceux représenté par Bogdanov *et al.* (2017) qui ont signalé que les miels issus de nectar ont un pH compris entre 3.5 et 4.6 par contre ceux provenant des miellats sont compris entre 5 et 6.5.

5. Analyses microbiologiques

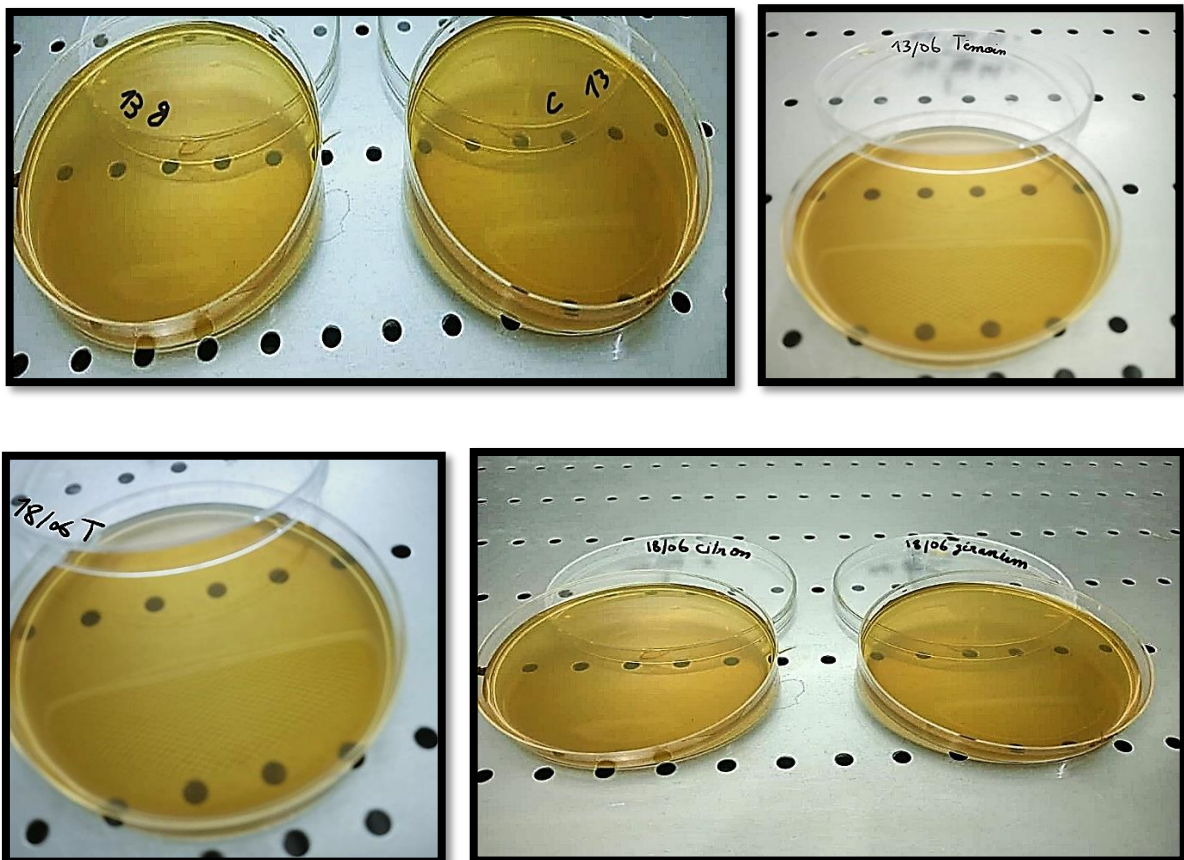


Figure 28 : Résultats de test microbiologiques (original 2023).

Tableau 11 : Résultats d'analyse microbiologique de différents échantillons du miel.

Type d'échantillon	Contamination microbienne par levures et moisissures (Préparation le 13/06/2023) (Lecture le 18/06/2023)	Contamination microbienne par levures et moisissures (Préparation le 18/06/2023) (Lecture le 25/06/2023)
Témoin non aromatisé	Aucune contamination détectée pour tous les échantillons	
Miel aromatisé à l'huile de géranium		
Miel aromatisé à l'huile de citron		

Les résultats d'analyse microbiologique pour les échantillons témoin (non aromatisés) et aromatisés (géranium et zeste de citron) sont identiques entre les dates de lecture d'analyses du 18/06/2023 et du 25/06/2023. Aucune contamination microbienne par les levures et moisissures n'a été détectée tout au long de cette période.

D'après les résultats obtenus, et Selon le Journal Officielle du 08 Choual 1438-02 Juillet 2017 et selon l'Arrêté Interministériel du 02 Muharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires, les germes les plus importantes dans les analyses microbiologiques sont les levures et moisissures.

Le tableau N°4, montre que tous les échantillons de miels, ont un nombre zéro de levures et de moisissures (UFC/g = 0).

En tenant compte des analyses effectuées sur l'ensemble des échantillons (miel témoin et aromatisés), les résultats sont négatifs pour tous les échantillons, et cela peut s'expliquer par sa teneur en eau qui ne dépasse pas 21%, malgré leurs acidités, et on peut dire que les miels sont capables de se stocker pendant une longue durée sans risque de fermentation rapide.

Le miel est une denrée présentant peu de risque microbiologique, du fait que les colonies d'abeilles et l'intérieur de la ruche ne sont généralement pas contaminés par les germes pathogènes.

Les germes pathogènes de l'abeille sont très spécifiques et ne peuvent en aucun cas être transmis aux êtres humains. D'après White et Subbers (1963), les abeilles sont de bonnes

nettoyeuses et en conditions normales, réalisent une élimination permanente des germes et des parasites.

Le miel est un aliment bactériostatique du fait de sa grande teneur en eau, son pH faible et la présence de substances à activité antibactérienne (Bogdanov *et al.*, 1987 ; Schweitzer 2000).

6. Analyses sensorielles

Les évaluateurs constitués de 10 personnes ont réalisé une analyse sensorielle des trois échantillons de miel en utilisant une fiche de dégustation élaborée selon un protocole précis. Chaque évaluateur a dégusté individuellement les différents échantillons de miel et a décrit aussi précisément que possible leurs couleurs, odeurs, saveurs, et leurs aspects généraux.

La couleur :

Lors de la dégustation, tous les dégustateurs ont remarqué de manière unanime que la couleur du miel était marronne, avec une fréquence d'observation de 100%. Cela signifie que chaque dégustateur a rapporté la même couleur pour le miel, ce qui démontre une totale cohérence dans leurs évaluations.

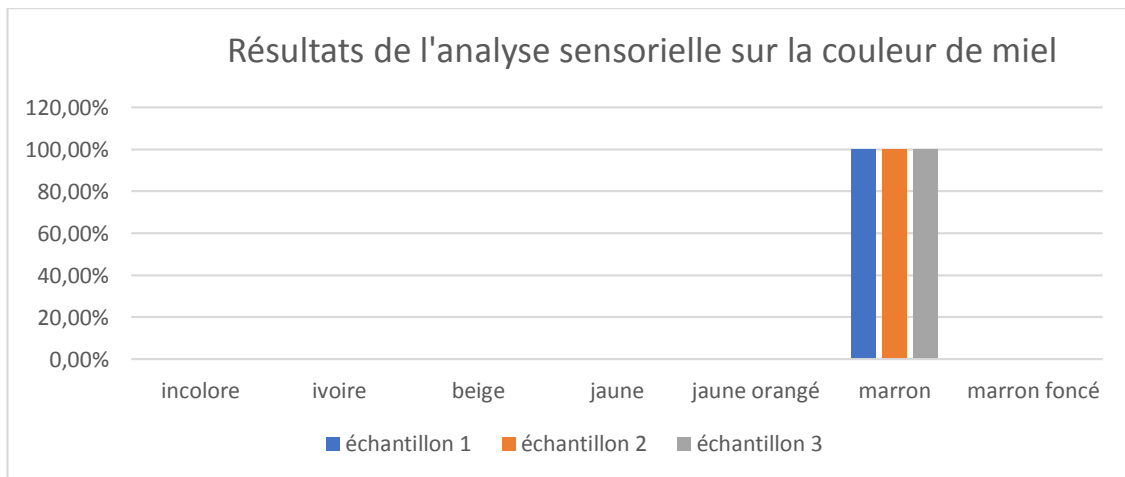


Figure 29 : Représentation graphique de résultats d'analyse sensorielle sur la couleur de miel.

La classification de la couleur du miel est très importante pour les activités commerciales (El Sohaimy *et al.*, 2015). La couleur provient de matières pigmentaires diverses du nectar (Hooper, 1980). La couleur du miel dépend aussi de la teneur en éléments

minérales, autrement dit plus le taux de matières minérales est élevé plus la couleur est foncée (Louveaux, 1968).

Cela confirme que notre miel qui est de couleur marron est riche en minéraux et en pollen est le plus préféré par le consommateur.

Odeur :

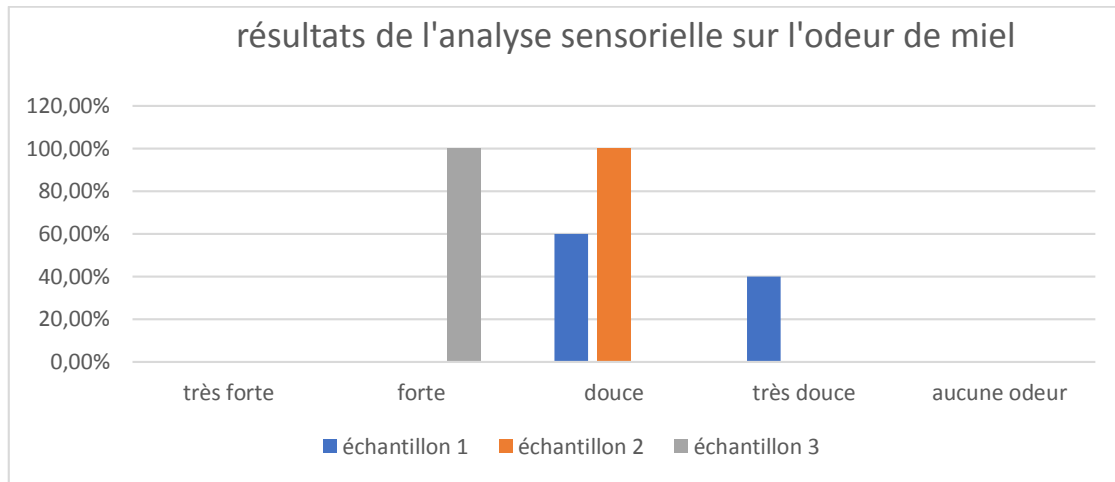


Figure 30 : Représentation graphique de résultats d'analyse sensorielle sur l'odeur de miel.

En ce qui concerne l'odeur, les résultats obtenus montrent que 60% des dégustateurs ont perçu l'échantillon N°1 comme ayant une odeur douce, tandis que 40% ont décrit cette odeur comme très douce pour le même échantillon. Quant à l'échantillon N°2, 100% des dégustateurs ont indiqué qu'il avait une odeur douce. En revanche, l'échantillon N°3 a été unanimement identifié comme ayant une odeur forte, avec un pourcentage de 100%.

L'odeur du miel est variable (Blanc, 2010), considérer comme deuxième élément pour déguster pleinement un miel est d'en capter les effluves dès l'ouverture du pot. Les odeurs varient considérablement mais s'évaporent très rapidement. Elles sont végétales, puissantes ou non, florale ou fruitées, fines, vulgaires (Guerzou et *al.*, 2002).

L'odeur du miel aromatisé dépend de la composition aromatique de chaque huile essentielle, ainsi que leur concentration.

Saveur :

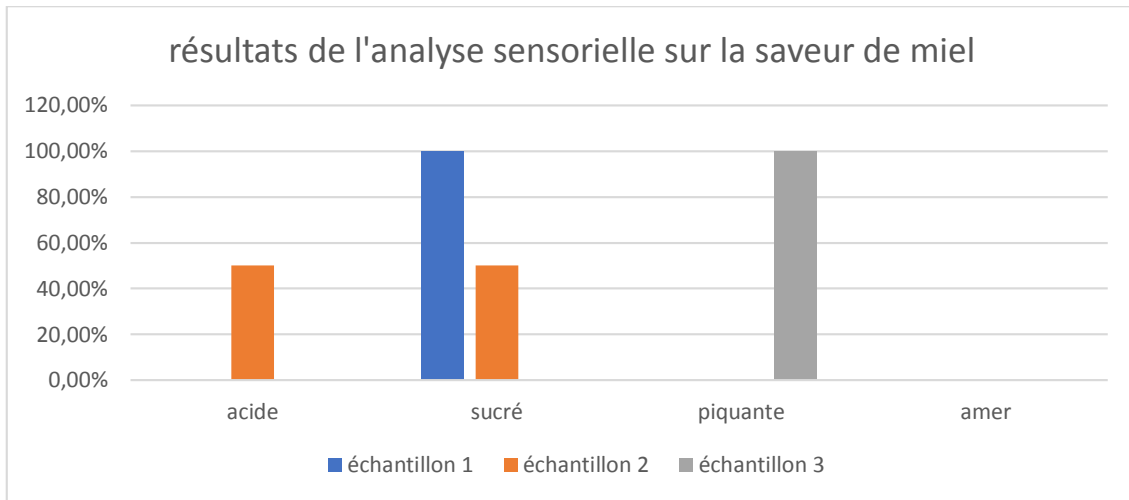


Figure 31 : Représentation graphique de résultats d’analyse sensorielle sur la saveur de miel.

Quant à la saveur, tous les dégustateurs ont perçu l’échantillon N°1 comme ayant une saveur sucrée. Pour l’échantillon N°2, la moitié des dégustateurs c’est-à-dire 50%, ont indiqué qu’il avait une saveur acide, tandis que l’autre moitié a mentionné une saveur sucrée. En revanche, pour l’échantillon N°3, il a été identifié comme ayant une saveur piquante, avec un pourcentage de 100%.

Il s’agit des arômes, de la saveur (acide, sucre, salée, amère) et de la flaveur par voie retro nasale. Ils sont végétaux, floraux, empyreumatiques, fins puissants ou persistants, exogènes. L’arrière-gout peut être amer ou acide et laisse-en fin de bouche de tanin, de rance, de fumée (Mokkedem, 1997).

Le gout spécifique de chaque variété de miel est dû aux caractères aromatiques de la fleur dominante butinée (Mahouachi, 2008).

L’arôme du miel dépend de sa composition en fraction volatile, qui est influencée par l’origine florale et la composition du nectar (Glory et al., 2007).

La saveur du miel aromatisé dépend de manière significative des huiles essentielles utilisées pour son aromatisation ainsi que de leur concentration respective. Chaque HE possède ses propres caractéristiques aromatiques distinctes, qui peuvent influencer significativement la saveur finale du miel aromatisé.

Aspect général :

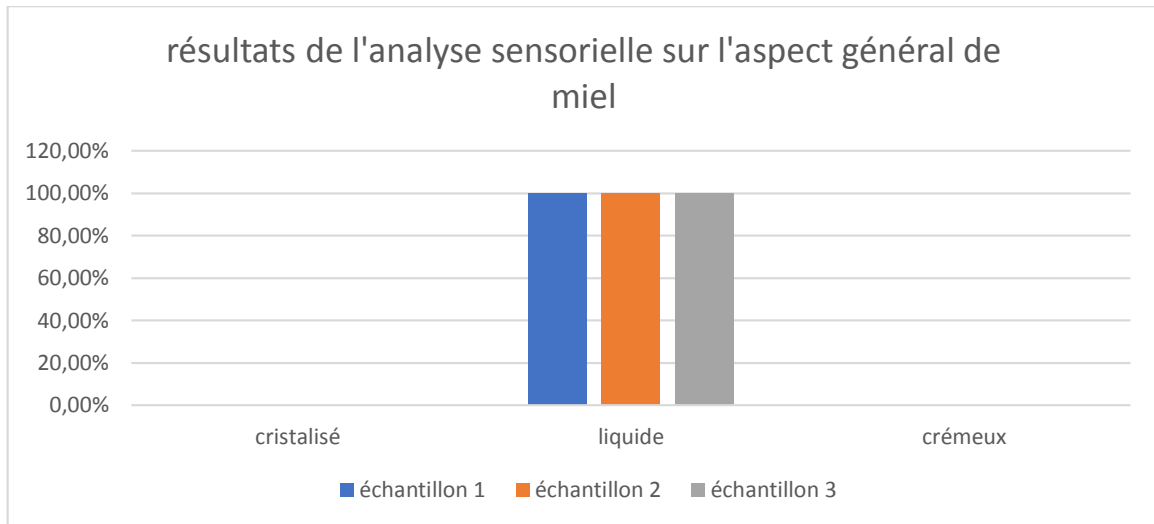
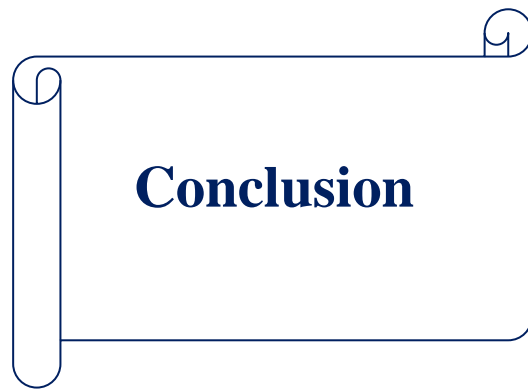


Figure 32 : Représentation graphique de résultats d’analyse sensorielle sur l’aspect général de miel.

Concernant l’aspect général, les résultats ont révélé que 100% des dégustateurs ont perçu l’échantillon N°1, N°2, N°3 comme ayant un aspect liquide.

Le miel est parfaitement fluide au moment de son extraction, ne reste cependant pas dans cet état de façon indéfinie (White et *al.*, 1962).

Le pourcentage relatif de deux sucres majeurs glucose et fructose est la principale raison qui conduit à la cristallisation du miel, et déterminé s’il cristallise rapidement ou lentement. Ce qui cristallise c’est le glucose, de fait de sa solubilité inférieure. Le fructose est plus soluble dans l’eau que le glucose qui reste fluide (Phillips, 1929 ; Kodounis, 1962 ; Begdanov, 1993). Lorsque le glucose cristallise, il se sépare de l’eau et se présente sous la forme de minuscules cristaux (Begdanov 1993). Vis-à-vis le consommateur, un miel granule est généralement peu apprécié (Assil et *al.*, 1991). D’après cette conclusion on peut déduire, que les trois échantillons du miel leur sucre dominant c’est le fructose.



Le miel pur est largement reconnu comme étant bénéfique pour la santé et considéré comme un symbole de qualité. Afin de préserver cette qualité, il est essentiel de mettre en avant la rigueur lors du contrôle de la production, en considérant ces étapes non pas comme des actes isolés, mais comme un processus continu. Ce processus débute dès le fonctionnement de la ruche, se poursuit avec la récolte et la sélection minutieuse des meilleurs produits, pour ensuite arriver à l'étape cruciale du conditionnement.

L'aromatisation du miel est généralement réalisée en utilisant des huiles essentielles telles que le zeste de citron et géranium rosat. Ces ingrédients sont très appréciés des consommateurs, car ils permettent aux apiculteurs de diversifier leur gamme de produits et d'offrir des miels à forte valeur ajoutée qui se vendent plus facilement.

L'objectif de notre étude était d'évaluer l'impact de l'aromatisation sur les caractéristiques qualitatives du miel au cours d'une période de stockage à court terme, en le comparant à un échantillon témoin. Les résultats obtenus nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

Les analyses physico-chimiques du miel aromatisé, incluant le pH, le degré de Brix, l'activité de l'eau et l'humidité, démontrent que l'incorporation des huiles essentielles n'a pas influencé ces paramètres. Ainsi, le miel a conservé ses qualités tout au long de la période de stockage de 15 jours. Parmi les huiles essentielles aromatiques, il semble que le géranium rosat présente une activité antibactérienne plus élevée que le zeste de citron, comme le relève l'antibiogramme. En ce qui concerne les caractéristiques microbiologiques, les résultats indiquent que le miel aromatisé analysé maintient une qualité microbiologique satisfaisante, probablement grâce aux propriétés antimicrobiennes du miel lui-même ainsi que les huiles essentielles. L'évaluation sensorielle des miels aromatisés a relevé que les deux échantillons étaient acceptables, mais leur classification différait en termes de goût et de couleur distincts.

Ces conclusions soulignent l'importance de la qualité et de la stabilité du miel aromatisé, tant sur le plan physicochimique que microbiologique, pendant la période de stockage. De plus, elles mettent en évidence les différences sensorielles entre les différentes variétés aromatisées, ce qui peut guider les producteurs dans le choix des huiles essentielles en fonction des préférences des consommateurs. Ces résultats encouragent la prise en compte de l'aromatisation comme un processus important dans la production de miel de haute qualité.

A

Achouri, M. Y. ; Selka, M. A. ; SIDI Yakoub, M. N. (2021). Méthodes physiques utilisées dans la caractérisation et le contrôle de qualité des miels. *Revue générale*. Disponible en ligne : <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/436/4/1/191077>

AFSSA. (2002). Avis de l'agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation du risque sanitaire des aliments relatifs à l'évaluation du risque éventuel lié à la présence de résidus de tétracyclines et de streptomycine dans le miel. [Brochure]. Paris : Maisons-Alfort. Disponible en ligne : <https://www.anses.fr/fr/system/files/RCCP2002sa0126.pdf>

Amri, A. (2006). Évaluation physico-chimique et détermination de l'origine botanique de quelques variétés de miel produites à l'Est d'Algérie. [Mémoire de magistère]. Annaba : université Badji Mokhtar. Disponible en ligne : <https://dspace.univ-annaba.dz/server/api/core/bitstreams/fc19f651-b293-49b8-bb7f-4e11f92234e6/content>

Anchling, F. (2000). Juin, sommet du développement des colonies. Disponible en ligne : <https://www.apiservices.biz/fr/articles/classes-par-popularite/280-juin-sommet-du-developpement-des-colonies-mais-quid-de-la-premiere-recolte>

Anses. (2011). Caractéristiques et sources des Clostridium botulinum et des Clostridium neurotoxigènes. Disponible en ligne : <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2010SA0234Fi.pdf>

Anses. (2012). Avis de l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail concernant une étude initiale du guide de bonnes pratiques d'hygiène 'Apiculture' relatif à l'hygiène de production de miel, de gelée royale et de pollen [Brochure]. Paris : Maisons-Alfort. Disponible en ligne : <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2011sa0170>

Anses. (2013). Pas de miel pour les enfants de moins d'un an. Disponible en ligne : <https://www.anses.fr/fr/content/pas-de-miel-pour-les-enfants-de-moins-d%E2%80%99un>

Anso, J. (2012). Du Miel à Volonté. Dure à avaler. Disponible en ligne : https://www.dur-aval.com/wp-content/uploads/2012/06/Guide_Miel_DuraAvaler.pdf

Apimondia. (2001). La médecine par les abeilles traité d'Apithérapie = The medicine from the bees : treatise of Apitherapy = La medicina por las abejas : tratado de Apiterapia. Ver. 1.0. Brussels: Standing Commission of Apitherapy-Apimondia.

B

Balas, F. (2015). Les propriétés thérapeutiques du miel et leurs domaines d'application en médecine général. [Thèse Doctorat]. Nice : Université de Nice Sophia-Antipolis Faculté de Médecine de Nice. 2015. Disponible en ligne : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01293955/document> (Consulté le 15 juin 2023).

Belay, A.; Solomon, W. K.; Geremew, B.; Adgaba, N.; Melaku, S. (2013). Physicochemical Properties of the Harena Forest Honey, Bale, Ethiopia. *Food Chemistry*. 141 (4) : 3386-92. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.035>

Biri, M. (1999). Le grand livre des abeilles, L'apiculture moderne. Paris ; De Vecchi.

Blanc, M. (2010). Propriétés et usage médical des produits de la ruche. [Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie]. Limoges : Faculté de Médecine et de Pharmacie : Université de Limoges. Disponible en ligne: [file:///C:/Users/TRISTAR/Downloads/P20103340%20\(11\).pdf](file:///C:/Users/TRISTAR/Downloads/P20103340%20(11).pdf) (Consulté le 10/06/2023).

Bogdanov, S. (1999). Stockage, Cristallisation et Liquéfaction du miel. Disponible en ligne : <https://docplayer.fr/16437586-Stockage-cristallisation-et-liquefaction-du-miel.html>

Bogdanov, S.; Lullman, C.; Martin, P. (1999). Qualité du miel et norme internationale relative au miel. Rapport de la Commission Internationale du miel. *Bee world*.80, 61-69.

Bogdanov, S.; Gallmann, P.; Stangaci, S. (2006). ALP forum 2006, N° 41f PRODUITS APICOLES ET SANTÉ. Disponible en ligne : <https://docplayer.fr/25656526-Alp-forum-2006-no-41f-produits-apicoles-et-sante.html>

Bonté, F.; Desmoulière, A. (2013). Le miel : origine et composition. *Actualités Pharmaceutiques*. 52 (531) : 18-21. Disponible en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.actpha.2013.10.004> (Consulté le 06/05/2023).

Borawska, M. H.; Kapala, J.; Hukalowicz, K.; Markiewicz, R. (2000). Radioactivity of Honeybee Honey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 64 (5) : 617-21. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1007/s001280000048>

Boyle, W. (1955) Spices and essential oils as preservatives. *The American Perfumer and Essential Oil Review*, 66, 25-28
[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=902045](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=902045)

Brischoux, S.; Desmoulière, A.; Faucher, Y.; Pautard, G.; Sparsa, A. (2013). Le miel : qualité, produits et utilisation. *Actualités Pharmaceutiques*. 52 (531) : 26-31. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1016/j.actpha.2013.10.006> (consulté 15/06/2023).

Bruneau, E. (2008). Humidité du miel, attention. *Abeilles & Cie*. Disponible en ligne: https://www.cari.be/IMG/pdf/122_lhumiditedumiel.pdf (Consulté 05/03/2023).

Bruneau, E. (2017). Miel Miels Adultérés ou fraudés. *Abeilles & Cie*. 178 ;28-29. Disponible en ligne : https://www.cari.be/IMG/pdf/178_miel.pdf (Consulté 12/06/2023).

Bruneau, E. (2018). Le miel, un produit naturel. *Abeille & Cie*, N°187. Disponible en ligne : https://www.cari.be/IMG/pdf/187_marche.pdf (Consulté le 11 juin 2023).

C

Chauvin, C.; Colomb, F. (2012). Détection d'OGM dans un aliment - Séries ST2S, STL biotechnologies. Disponible en ligne : <https://sms-bse-bgb.ac-normandie.fr/Detection-d-OGM-dans-un-aliment>

Ciafardini, G.; Zullo, B. A.; Péca, G. (2004). Présence de micro-organismes dans l'huile d'olive extra vierge aromatisée. Disponible en ligne: https://www.researchgate.net/publication/228730075_Presence_of_microorganisms_in_flavored_extra_virgin_olive_oil (Consulté le 04/05/2023).

Clémence, H. (2005). Le miel : De la source à la thérapeutique [thèse pour le Diplôme d'état de Docteur en Pharmacie]. Nancy : Université Henri Poincaré- Nancy 1. Disponible en ligne : http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2005_HOYET_CLEMENCE.pdf (Consulté 12 juin 2023).

Clément, H. (2011). *Le traité rustica de l'apiculture*. 3^e éd. Paris : Rustica éditions.

Codex Alimentarius (2001). Disponible en ligne: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh->

[proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012e.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012e.pdf)

Codex Alimentarius. (2019). Norme pour le miel. Disponible en ligne : [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012f.pdf)

[proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012f.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012f.pdf)

Cotte, J. F.; Casabianca, H.; Chardon, S.; Lheritier, J.; Grenier-Loustalot, M. F. (2003). Application of Carbohydrate Analysis to Verify Honey Authenticity. *Journal of Chromatography A*. 1021 (1-2) : 145-55. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2003.09.005> (Consulté 16/06/2023).

Couic-Marinier, F.; Lobstein, A. (2013). Composition chimique des huiles essentielles. *Actualités Pharmaceutiques*. 52 (525) : 22-25. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1016/j.actpha.2013.02.006> (Consulté 20/06/2013).

Crousilles, A. (2014). Usages, propriétés antibactériennes et physico-chimie de miels marocains. [Doctorat]. Montpellier : Université Montpellier 1. Disponible en ligne: https://www.academia.edu/5640875/Th%C3%A8se_exercice_pharmacie_Usages_propri%C3%A9t%C3%A9s_antibact%C3%A9riennes_et_physico_chimie_de_miels_marocains_ (Consulté le 17 juin 2023).

D

Djadi, A.; Ait-Amar, H.; et Bouzid, M. (2014). ETUDE DE LA REACTIVITE MICROBIOLOGIQUE ET DE L'EFFET TOXIQUE SUR CARASSIUS AURATUS DU GLUTARALDEHYDE. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.19044/esj.2014.v10n21p%25p> (Consulté en ligne le 03/05/2023).

Djenane, D. (2015). Chemical Profile, Antibacterial and Antioxidant Activity of Algerian Citrus Essential Oils and Their Application in Sardina Pilchardus. *Foods (Basel, Switzerland)* 4 (2) : 208-28. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.3390/foods4020208> (Consulté le 24/06/2023).

Domerego, R. (2011). CES ABEILLES QUI NOUS GUERISSENT. 1ère édition. Paris : JC Lattès.2001.

Doukani, K.; Tabak, S.; Derriche, A.; Hacini, Z. (2014). Étude physico-chimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Écologie Environnement* 10, 37-49.

Décret n° 2003-587 du 30 juin 2003 relatif au miel - Légifrance. Disponible en ligne : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000045515417/2022-07-01/>

F

Festy, D. (2018). *Ma bible des huiles essentielles*. Paris : Leduc. Disponible en ligne : [file:///C:/Users/TRISTAR/Downloads/Ma_bible_des_huiles_essentielles_NE%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/TRISTAR/Downloads/Ma_bible_des_huiles_essentielles_NE%20(1).pdf)

Festy, D.; Pacchioni, I. (2016). *Guide de poche d'aromathérapie*. Paris : Leduc. Disponible en ligne : file:///C:/Users/TRISTAR/Downloads/Guide_de_poche_d_aromath_rapie_NE.pdf

Fléché, C.; Clément, M.; Zeggane, S.; et Faucon, P. (1997). Contamination des produits de la ruche et risques pour la santé humaine: situation en France. Disponible en ligne : <https://docplayer.fr/17533725-Contamination-des-produits-de-la-ruche-et-risques-pour-la-sante-humaine-situation-en-france.html> (Consulté le 12/05/2023).

G

Gonnet, M. (1982). *Le miel. Composition, propriétés, conservation ;2.ed.* OPIDA. Disponible en ligne : <https://hal.inrae.fr/hal-02854175>

Guide de bonne pratique apicole. (2018). *Composition et contaminants du miel*. Disponible en ligne : <https://duddal.org/files/original/b39ad87c9f603e76bd1a88d50b0ba1e1fd1ad016.pdf> (Consulté le 17 juin 2023).

Guillon, N. (1996). Étude de l'activité antibactérienne du miel. [Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie], Limoges. Faculté de pharmacie Limoges. Disponible en ligne : <http://aurore.unilim.fr/ori-oai-search/notice/view/unilim-ori-69980> (Consulté le 17/07/2023).

I

Itsap, C. (2017). Les Différents Types de Fraudes Sur Le Miel. *ITSAP* (blog). Disponible en ligne : <http://blog-itsap.fr/les-differents-types-de-fraudes-sur-le-miel/> (Consulté le 12/05/2023).

Imatara, H. (2021). *Aromiels du Maroc et de Palestine : Caractérisation physicochimique, phytochimique et propriétés pharmacologiques*. [Thèse]. ARAB AMERICAN UNIVERSITY.

Disponible en ligne : https://www.researchgate.net/publication/348621640_aromiels_du_Maroc_et_de_Palestestine_Caracterisation_physicochimique_phytochimique_et_proprietes_pharmacologiques2021 (Consulté 20/06/2023).

J

Jean, N. (2014). Perspectives d'avenir en Apithérapie à l'officine. [Thèse Pour le Diplôme d'État de Docteur en Pharmacie]. Angers : Université Angers. Disponible en ligne : <https://dune.univ-angers.fr/fichiers/20072055/2014PPHA3325/fichier/3325F.pdf> (Consulté le 16/06/2023).

Journal officiel de la république algérienne loi n°09-03 du 25 février 2009 relative à la protection du consommateur et à la répression des fraudes. Disponible en ligne : <https://wipolex-res.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/fr/dz/dz068fr.pdf> (Consulté le 17 juin 2023).

K

Kabera, J.; Mugiraneza, J. P.; Chalchat J. C.; Ugirinshuti, V. (2013). Chemical Composition and Antimicrobial Effet of the Essential oil of Pelargonium graveolens (geranium rosat) Grown in Butare (Rwanda) Towards Formulation of Plant-based Antibiotics, *Journal of Recherche en microbiologie*, Vol. 3 n° 2, 2013, p87-91. doi: 10.5923/j.microbiology.20130302.05. (Consulté le 09/05/2023).

Kibwela, N.; Mpiana, N. (2020). Définition des huiles essentielles et composition chimique. Disponible en ligne : <https://wikimemoires.net/2021/01/definition-des-huiles-essentielles-et-composition-chimique/> (Consulté le 02/07/2023).

Koehler, S. (2015). Le miel dans la cicatrisation des plaies : un nouveau médicament ? [Thèse pour obtenir le diplôme d'état de docteur en pharmacie]. Lorraine : université de Lorraine. Disponible en ligne : <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01733645/document> (Consulté le 12 juin 2023).

L

Lardry, J. M.; Valérie, H. (2007). L'aromathérapie et les huiles essentielles. *Kinésithérapie, la Revue*.7 (61) : 14-17. Disponible en ligne : [https://doi.org/10.1016/S1779-0123\(07\)70308-X](https://doi.org/10.1016/S1779-0123(07)70308-X) (Consulté le 20/06/2023).

Le quotidien. (2011). Du miel contenant du pollen issu d'un OGM ne peut être commercialisé sans autorisation préalable. *Le Quotidien*. Disponible en ligne : <https://www.lexbase.fr/article-juridique/4776687->

brevesdumielcontenantdupollenissudunogmnepeutetrecommercialisesansautorisationpreal
(Consulté le 04/06/2023).

Lequet, L. (2010). DU NECTAR A UN MIEL DE QUALITE : CONTROLES ANALYTIQUES DU MIEL ET CONSEILS PRATIQUES A L'INTENTION DE L'APICULTEUR AMATEUR. [Thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire]. LYON : UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD -ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON. Disponible en ligne : <file:///C:/Users/TRISTAR/Downloads/2010lyon085.pdf>

M

Madigan, M.; John, M. (2007). *Biologie des micro-organismes*. 11^e éd. Paris : nouveaux horizons.

Mehdi, Y. (2016). Caractérisation physicochimique, palynologique et effets antibactérien, antioxydant et immunomodulateur des miels de la région ouest d'Algérie. [Thèse Doctorat]. SIDI BEL ABBES : Université DJILLALI LIABES. Disponible en ligne : https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://rdoc.univ-sba.dz/bitstream/123456789/1810/3/DS_Sbio_MEHDI_Yamina.pdf (Consulté le 16/06/2023).

MESBAHI, N. (2012). Modification Des Paramètres Physico-chimiques Et Organoleptiques Des Huiles D'olive Aromatisées Au Cours De Leurs Conservation. Mémoire de fin d'étude, UNIVERSITE SAAD DAHLAB, BLIDA. Disponible en ligne : <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://bucket.theses-algerie.com/files/repositories-dz/2365826066781617.pdf> (Consulté le 11/05/2023).

Morse, R. and Hooper, T. (1985). *The Illustrated Encyclopedia of Beekeeping*. E.P. Dutton, Inc. New York, USA.

N

Naila, A.; Weeds, Z.; Ajit, A.; Flint, S.; et Sulaiman, A. (2018). Approches classiques et nouvelles de l'analyse du miel et de la détection des adultérants. Contrôle alimentaire. Disponible en ligne : https://www.researchgate.net/publication/324600437_Naila_A_Flint_S_H_Sulaiman_A_Ajit

_A_Weeds_Z_2018_Classical_and_novel_approaches_to_the_analysis_of_honey_and_detection_of_adulterants_Food_Control_90_152-165 (Consulté 16/06/2023).

Notre-planète. (2017). Trois quarts du miel est contaminé par des pesticides. Disponible en ligne : <https://www.notre-planete.info/actualites/72-miel-contamination-pesticides-neonicotinoides> (Consulté le 12/06/2023).

P

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

R

Ravazzi, G. (2007). *Abeilles et apiculture*. 2ème édition. Paris : Vecchi S.A; P91-92.

Rossant, A. (2011). Le miel : un composé complexe aux propriétés surprenantes = Honey, a complex compound with surprising properties. [Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie]. Limoges : faculté de pharmacie. Disponible en ligne : <http://aurore.unilim.fr/ori-oai-search/notice/view/unilim-ori-40637>

Roy, S. D.; Ratnali, B.; Chakraborty, J.; Goswami, R.; Runa, L.; et Akhtara Ahmed, S. (2012). Pharmacognostic, Phytochemical, Physicochemical Property and Antimicrobial Activity Studies of Lemon Peel Oil. Disponible en ligne : <https://www.scholarsresearchlibrary.com/articles/pharmacognostic-phytochemical-physicochemical-property-andantimicrobial-activity-studies-of-lemon-peel-oil.pdf>

S

Schweitzer, P. (2000). Journée de l'Abeille à Sombernon 2014. Disponible en ligne : <https://www.apiservices.biz/fr/articles/classes-par-dates-mise-en-ligne/283-journee-de-l-abeille-a-sombernon>

Schweitzer, P. (2004). Nectar, miellat, pollen et environnement. Disponible en ligne : <https://www.apiservices.biz/fr/articles/classes-par-popularite/375-nectar-miellat-pollen-et-environnement-2004>

Schweitzer, P (2005). Un miel étrange. Disponible en ligne : <https://www.apiservices.biz/fr/articles/classes-par-popularite/1201-un-miel-etrange-2005>

Schweitzer, P. (2012). L'adultération des miels & les OGM dans le miel. Disponible en ligne : https://www.adage.adafrance.org/downloads/documents%20ressources/conference_adulteration_des_miels__ogm_drschweitzer_2012.pdf

Snowdon, J. A.; et Cliver, D. O. (1996). Microorganisms in Honey. *International Journal of Food Microbiology* 31 (1-3): 1-26. Disponible en ligne : [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(96\)00970-1](https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)00970-1) (Consulté le 12/05/2023).

T

Toure, D. (2015). ETUDES CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE DES HUILES ESSENTIELLES DE QUATRE PLANTES AROMATIQUES MEDICINALES DE CÔTE D'IVOIRE. [Thèse pour l'obtention du Titre de Docteur de L'Université Félix HOUPHOUËT- BOIGNY En Biologie Humaine Tropical]. UNIVERSITE FELIX HOUPHOUËT-BOIGNY. Disponible en ligne : <https://theses.hal.science/tel-01222964/document> (Consulté le 22/06/2023).

V

Vaisman, S. (2021). Aromiels : comment utiliser ces remèdes qui mêlent apithérapie et aromathérapie ? Disponible en ligne: <https://www.femmeactuelle.fr/sante/medecine-douce/aromiels-comment-utiliser-ces-remedes-qui-melent-apitherapie-et-aromatherapie-2112741> .

Résumé

Notre étude consiste en premier lieu à prouver l'effet antibactérien des huiles essentielles de géranium et zeste de citron sur une bactérie pathogène *Staphylococcus aureus* et mesurer l'influence de l'ajout d'aromatisants sur la qualité et les propriétés du miel, y compris l'impact sur la qualité sensorielle, les propriétés physico-chimiques, microbiologiques durant le stockage à court terme, en le comparant à un échantillon témoin sans aromates. L'humidité, l'activité de l'eau, le degré Brix ainsi que le pH sont des critères qualitatifs sur lesquels est basée notre recherche, l'étude de ces paramètres a été suivie d'une analyse microbiologique pour chaque échantillon pour assurer le suivi de développement des levures et moisissures dans les échantillons avant et après l'aromatisation. Une évaluation sensorielle a également été réalisée pour désigner les échantillons de miel les plus appréciés par les consommateurs, les résultats obtenus montrent que l'ajout des huiles essentielles induit un changement relativement mineures et non significatives des paramètres physico-chimiques mentionnés ci-dessus avec une absence totale de levures et moisissures et que les dégustateurs ont une préférence pour le miel témoin et le miel aromatisé à l'huile essentielle de citron.

Mots clés : Miel ; Analyse physicochimique ; Huile essentielle ; Analyse microbiologique ; Analyse sensorielle.

Abstract

The aim of our study is firstly to demonstrate the antibacterial effect of essential oils of geranium and lemon zest on the pathogenic bacterium *Staphylococcus aureus*, and secondly to measure the influence of the addition of aromatizers on the quality and properties of honey, including the impact on sensory quality, physico-chemical and microbiological properties during short-term storage, by comparing it with a control sample without aromatizers. Moisture, water activity, Brix level and pH are the qualitative criteria on which our research is based, and the study of these parameters was followed by a microbiological analysis for each sample to monitor the development of yeasts and molds in the samples before and after aromatization. A sensory evaluation was also carried out to identify the honey samples most appreciated by consumers. The results obtained show that the addition of essential oils induces a relatively minor and insignificant change in the above-mentioned physico-chemical parameters, with a total absence of yeasts and moulds, and that tasters have a preference for control honey and honey flavoured with lemon essential oil.

Key words: Honey; Physicochemical analysis; Essential oil; Microbiological analysis; Sensory analysis.

الملخص

الهدف من دراستنا هو أولاً إثبات التأثير المضاد للبكتيريا للزيوت الأساسية لإبرة الراعي وقشر الليمون على البكتيريا المسببة للأمراض المكورات العنقودية الذهبية، وثانياً قياس تأثير إضافة النكهات على جودة وخصائص العسل، بما في ذلك تأثيرها على الجودة الحسية والخصائص الفيزيائية والكيميائية والمكروبيولوجية أثناء التخزين قصير المدى، بمقارنتها بعينة تحكم بدون مواد عطرية. الرطوبة والنشاط المائي ومستوى السكر ودرجة الحموضة هي المعايير النوعية التي يعتمد عليها بحثنا، وتبع دراسة هذه المعلمات تحليل ميكروبيولوجي لكل عينة لرصد تطور الخمائر والعفن في العينات قبل وبعد النكهة. كما تم إجراء تقييم حسي لتحديد عينات العسل الأكثر تقديراً من قبل المستهلكين. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن إضافة الزيوت الأساسية يؤدي إلى تغيير طفيف وغير مهم نسبياً في المعلمات الفيزيائية والكيميائية المذكورة أعلاه، مع الغياب التام للخمائر والقوالب، وأن المتذوقين يفضلون التحكم بالعسل والعسل بنكهة الليمون. زيت اساسي.

الكلمات الأساسية: عسل؛ تحليل فيزيائي كيميائي زيت اساسي؛ التحليل الميكروبيولوجي؛ التحليل الحسي.