République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt

Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme

De Master académique en

Filière : **Sciences Biologiques**

Spécialité : **Biochimie Appliquée**

Présenté par : ***Mr*** **LARKAM Youcef**

Mr **DERBAL Rachid**

Thème

Étude de la qualité de différents types de miel appartenant à différentes origines botaniques

Soutenu le, juin 2024

Devant le Jury

Melle. LAABAS Saadia	Président	M.C.A	Univ-Tissemsilt
Mr. CHAHBAR Mohamed	Encadreur	M.C.A	Univ-Tissemsilt
Melle HENNI Asma	Co-encadreur	Doctorante	Univ-Tissemsilt
Melle. SETTI AHMED Kheira	Examinateur	M.C.B	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2023-2024.

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt

Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme

De Master académique en

Filière : **sciences biologiques**

Spécialité : **Biochimie Appliquée**

Présenté par : ***Mr*** **LARKAM Youcef**

Mr **DERBAL Rachid**

Thème

Étude de la qualité de différents types de miel appartenant à différentes origines botaniques

Soutenu le, juin 2024

Devant le Jury

Melle. LAABAS Saadia	Président	M.C.A	Univ-Tissemsilt
Mr. CHAHBAR Mohamed	Encadreur	M.C.A	Univ-Tissemsilt
Melle HENNI Asma	Co-encadreur	Doctorante	Univ-Tissemsilt
Melle. SETTI AHMED Kheira	Examinateur	M.C.B	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2023-2024.

Remerciements

Ce modeste mémoire est le résultat d'un long travail de recherche. En préambule, Nous remercient Dieu qui nous avons donnés la force et la patience pour terminer ce travail. Si ce mémoire a abouti, c'est grâce à l'appui de différentes personnes. Le mémoire est une belle expérience, enrichissante, parfois dure, avec toutes les circonstances actuelles mais surtout captivante et qui nous a fait avancer. A l'issue de ce travail, nous adressons nos vifs remerciements à :

À notre promoteur **Mr CHAHBAR Mohamed** Maitre Conférence A qui nous a orientées pour réaliser ce travail et pour sa grande patience et surtout sa disponibilité et ses conseils avisés.

À notre Co-promotrice **Mlle HENNI Asma** pour son aide durant notre travail et ses conseils précieuse, ses remarques pertinentes et ses aides généreuses tout au cours de la rédaction de notre mémoire.

Je remercie chaleureusement les membres du jury qui me font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Melle LAABAS Saadia, maitre de conférences A pour m'avoir honorée en acceptant de présider le jury de soutenance de notre mémoire de fin d'études.

Melle SETTI AHMED Kheira, maitre de conférences B pour avoir accepté de juger notre travail.

Enfin, un grand merci à tous les membres du laboratoire de université de Tissemsilt.

Dédicace

Avant tous nous remercieront notre Dieu qui nous a donnés la volonté de continuer

Nos études et faire ce modeste travail.

À nos très chers parents, aucun terme et aucune langue ne pourra exprimer nos amours et sentiments envers vous. Dieu seul capable de vous récompenser pour tout ce Que vous avez fait pour nous.

À nos encadrants, s'il y a vraiment quelqu'un à remercier, ce seront Mr. Mohamed CHAHBAR et Mlle Asma HENNI. Merci pour vos efforts très louable.

À nos chers professeurs pour nous 'avoir généreusement fait profiter de leurs connaissances.

À nos chers frères et sœurs et à tous les membres de nos familles,

À tous nos amis, pour les instants inoubliables que nous avant passés ensembles, en particulier nos collègues de la promotion de la biochimie appliquée 2023/2024

À tous le personnelle de l'EPSP de bourdj bounaama

À tous ceux qui nous sont chers nous dédions cet humble travail.

Tables de matières

Listes de figures ..... a

Listes des tableaux c

Listes des abréviations ..... d

Introduction 1

Première partie: Synthèse bibliographique

Chapitre 01: Les Produits de la ruche

1. Les produits de la ruche 3

1.1. Gelée royale 3

1.1.1. Définition 3

1.1.2. Composition de la gelée royale 4

1.1.3. Conditionnement 5

1.1.4. Utilisation 5

1.2. Pollen 5

1.2.1. Définition 5

1.2.2. Composition de pollen 6

1.2.3. Conditionnement 6

1.2.4. Utilisation 7

1.3. Cire 8

1.3.1. Définition 8

1.3.2. Composition de la cire 8

1.3.3. Utilisation 9

1.4. Propolis 9

1.4.1. Définition 9

1.4.2. Composition de propolis 10

1.4.3. Caractéristiques physico-chimiques de propolis 10
1.4.4. Conditionnement 11
1.4.5. Utilisation 11
1.5. Venin 12
1.5.1. Définition 12
1.5.2. Composition chimique du venin 12
1.6. Valorisation d'utilisation des produits de la ruche dans les différents domaines 13
1.6.1. Valorisation en tant que produits cosmétiques biologiques 13
1.6.2. Valorisation en tant que fertilisant biologique 13
1.6.3. Valorisation en tant qu'aliments pour les animaux 14
1.6.4. Valorisation des biomolécules contenues dans les produits de la ruche 14
1.6.5. Valorisation en tant que produits thérapeutiques 15
1.6.6. Valorisation des produits de la ruche dans le domaine vétérinaire 16

Chapitre 02: Le Miel

2.1. Généralités sur le miel 17
2.1.1. Définition du miel 17
2.1.2. Origine 17
2.1.3. Différents types du miel 17
2.2. Stockage et conservation du miel 18
2.3. Caractéristiques physico-chimiques 19
2.3.1. Densité 19
2.3.2. Viscosité 19
2.3.3. PH 19
2.3.4. Abaissement du point de congélation 19
2.3.5. Conductivité électrique 20
2.3.6. Indice de réfraction 20
2.4. Caractéristiques organoleptiques 20

2.4.1. Cristallisation 20
2.4.2. Couleur 21
2.4.3. Odeur et gout 21
2.5. Composants chimiques du miel 21
2.5.1. Eau 22
2.5.2. Glucides 22
2.5.3. Acides organiques 22
2.5.4. Acides aminés et protéines 23
2.5.5. Lipides 23
2.5.6. Sels minéraux 23
2.5.7. Enzymes 24
2.5.8. Vitamines 24
2.5.9. Substances aromatiques 24
2.5.10. Pigments 25
2.5.11. Hydroxy-méthyl-furfural (HMF) 25
2.6. Qualité du miel 26
2.6.1. Qualité nutritionnelle 26
2.6.2. Thérapeutique du miel 26

Deuxième partie: Partie pratique

Chapitre 03: Matériels et Méthodes

3.1. Objectifs 27
3.2. Échantillons de miel 27
3.4. Méthodes d'analyses physico-chimiques 28
3.4.1.1. Mode opératoire 28
3.4.1.2. Expression des résultats 28
3.4.2. Teneur en eau 29

3.4.2.1. Principe 30
3.4.2.2. Mode opératoire 30
3.4.3. Le taux de sucre (Degré Brix) 31
3.4.3.1. Principe 31
3.4.3.2. Mode opératoire 31
3.4.4. Détermination de HMF 31
3.4.4.1. Principe 31
3.4.4.2. Appareillage 32
3.4.4.3. Réactifs 32
a. Solution 1 32
b. Solution 2 33
c. Solution3 33
3.4.4.5. Procédure 34
3.4.4.6. Calcul et expression des résultats 37
3.5. Spectroscopie infrarouge ATR IR 38
3.6. Analyses statistiques 39

Chapitre 04: Résultats et Discussions

4.1. Résultats et discussion des analyses physico-chimiques 40
1. PH 40
2. Taux d'humidité 42
3. Taux de sucre 44
5. Relation entre PH et taux d'HMF 48
6. Spectroscopie infrarouge ATR IR 49
Conclusion et perspectives 53
Listes des références 55
Résumés 67

Listes de figures

Figure 1. La gelée royale (Jean- François, 2016) 4

Figure 2. La composition chimique de la gelée royale (Jean- François, 2016)..... 4

Figure 3. Les grains de pollen (Bruneau, 2009). 6

Figure 4. La cire d'abeille (Clément, 2009). 8

Figure 5. La propolis 10

Figure 6. La composition de propolis (Oudjet.2012). 10

Figure 7. Le venin d'abeille 12

Figure 8. La composition chimique du venin (Cherbuliez, 2001)..... 13

Figure 9. Les échantillons du miel étudies (Photo Original)..... 28

Figure 10. Protocole de mesure de PH réalisé par Biorender Originale 29

Figure 11. Mesure de PH de miel (Original)..... 29

Figure 12. Protocole de mesure de taux de sucre et taux d'humidité réalisé par Biorender Originale..... 30

Figure 13.Détermination de taux de sucre par le Réfractomètre de Brix (Original)..... 31

Figure 14. Préparation de Ferricyanide de potassium trihydrate (Solution 1) Réalisé par Biorender Originale..... 33

Figure 15. Préparation d'acétate de Zinc (Solution 2) Réalisé par Biorender Originale 33

Figure 16. Préparation de bisulfite de sodium (Solution 3) Réalisé par Biorender Originale 34

Figure 17. Préparation des solutions (Originale)..... 34

Figure 18. Les étapes de dosage d'HMF Biorender Originale 36

Figure 19. La lecture des résultats à 284 nm par UV visible (Photo Originale) 36

Figure 20. La lecture des résultats à 336 nm aprés 1 heures par UV visible (Photo Originale) 37

Figure 21. Protocole de la réalisation de la spectroscopie infrarouge ATR IR réalisé par Biorender originale 38

Figure 22.La réalisation de spectroscopie infrarouge par Spectromètre FT-IR Cary 630 FTIR (Photo Originale) 39

Figure 23. Les valeurs de pH de chaque échantillon avec groupement de Duncan Waller 41

Figure 24. Le taux d'Humidité de chaque échantillon de miel avec groupement de Duncan Waller 43

Figure 25. Les taux de sucre des échantillons de miel avec groupement de Duncan Waller.. 45

Figure 26. Le taux d'HMF des échantillons de miel avec groupment de Duncan Waller..... 47

Figure 27. La droite de régression de HMF en fonction de PH 49

Figure 28. Spectre ATR-FTIR représentatif du miel dans la région spectrale 4000-650 cm1. 51

Figure 29. Spectres ATR-FTR comparatifs de tous les échantillons dans la région spectrale 4000-650 cm-1. 51

Listes des tableaux

Tableau 1. La composition moyenne de pollen 6

Tableau 2. Composition chimique de la cire..... 9

Tableau 3. Les échantillons de miels étudies avec l'origine botanique, géographique et la période de récolte de chaque échantillon. 27

Tableau 4. Les dilutions des échantillons du miel 35

Tableau 5. La valeur de PH de chaque échantillon de miel 40

Tableau 6. Le taux d'Humidité de chaque échantillon de miel..... 42

Tableau 7. Le taux de sucre de chaque échantillon de miel..... 44

Tableau 8. Le taux d'HMF de chaque échantillon de miel 46

Tableau 9. Matrice de corrélation des paramètres étudies 48

Tableau 10. Affectation générale des bandes du spectre ATR-FTIR du miel. Les références correspondantes sont indiquées entre parenthèses. 50

Listes des abréviations

Introduction

Introduction

Le miel est un produit naturel qui a accompagné l'homme depuis la plus haute antiquité. Il était le seul édulcorant avant l'apparition de la canne à sucre et de la betterave. C'est un produit de la ruche le mieux connu du grand public et il est utilisé comme ingrédient dans plusieurs produits alimentaires (Ouchemoukh, 2012). Ce noble aliment est le fruit du travail des abeilles domestiques *Apis mellifera*, qui collectent autour de la ruche les nectars de fleurs et miellats (Odoux, 2014)**.**

Les glucides et l'eau sont les composants majoritaires du miel. En outre, des constituants mineurs, tels que les protéines, les enzymes, les acides aminés, des acides organiques, les lipides, les vitamines, les minéraux et les substances phyto chimiques, principalement des flavonoïdes et des composés phénoliques (Belay et al, 2013). Sa composition dépend principalement de plusieurs éléments tels que son origine géographique, la saison, la santé de la colonie, les conditions environnementales et les pratiques apicoles utilisées (El-Metwally, 2015)

Pour déterminer la qualité des miels, le codex alimentarius établi des normes concernant certains paramètres (humidité, taux des sucres réducteurs, pH, acidité, conductivité électrique et HMF. Comme tout produit biologique, le miel subit au cours du temps des modifications qui induisent des changements dans sa qualité. Il est donc nécessaire de connaître les principaux facteurs qui peuvent altérer sa qualité dont la température est le principal facteur qui dégrade les sucres conduisant ainsi à la formation d'hydroxyméthylfurfural. Le vieillissement du miel provoque plusieurs modifications dans la composition du miel, ce qui est expliqué par l'altération de sa qualité, qui est marqué principalement par l'augmentation de taux d'hydroxyméthylfurfural (HMF) (Bruneau, 2002).

Ce présent travail a pour un objectif d'étudie quelques paramètres physico-chimiques des différents types de miel (10 échantillons) appartenant de différentes origines géographiques et botaniques (pH, humidité, brix, indice de réfraction et HMF).

Notre étude est subdivisée en deux parties : une section correspondant à une synthèse bibliographique seulement divisée en deux chapitres : Le premier chapitre vise à présenter l'importance de l'abeille et les produits de la ruche (rôle, définition, utilisation, valorisation).

Le second chapitre présente des propriétés des miels (définition, origine, variétés, récolte, composition chimique).

Une deuxième partie expérimentale où sont décrites les méthodes utilisées au cours de notre travail ainsi que les résultats obtenus, leur discussion et leur confrontation à des travaux préexistants.

Première partie :

Synthèse bibliographique

Chapitre 01 :
Les Produits de la ruche

1. Les produits de la ruche

Les abeilles domestiques sont les insectes floricoles les plus nombreux. Et elles sont aussi considérées comme le principal agent pollinisateur de cette culture dans le monde entier (Krishna et al, 2014). Une abeille butineuse doit parfois en une heure visite ainsi 600 à 900 fleurs (et parfois bien plus). Pour remplir son jabot de 70mg de nectar ; Sur les milliers et les milliers de fleurs qu'elle visite, la butineuse transporte des grains de pollen, favorisant l'autopollinisation et allopollinisation. (Toullec, 2008).

Plus du 70 % des 124 types de cultures les plus importantes au niveau mondial bénéficient de l'activité pollinisatrice des abeilles (ADAM, 1985), En butinant à la recherche de nectar de pollen, l'abeille participe activement à la pollinisation de la flore sauvage (aubépine (Crataegus oxyacantha), églantier (Rosa canina), sorbier (Sorbus domestica)…) mais également des plantes cultivées, favorisant ainsi leur reproduction et améliorant les récoltes (Toullec, 2008).

L'abeille peut également être utilisée comme bio indicateur de la santé de l'écosystème dans lequel elle évolue .En effet, les butineuses explorent une grande zone de plusieurs kilomètres carrés autour de la ruche et y rapportent leur récolte .En observant la mortalité et en détectant les résidus de pesticides, métaux lourds ou molécules radioactives dans l'environnement (Toullec, 2008).

1.1. Gelée royale

1.1.1. Définition

C'est un produit de la sécrétion de système glandulaire céphalique. Les glandes hyopharyngiennes (sécrétion claire) et mandibulaires (sécrétion blanche) situées sur la tête des abeilles ouvrières (les nourricières), cette sécrétion est particulièrement active chez les abeilles âgées de 5 à 14 jours (Biri, 2003). La gelée royale c'est une substance blanchâtre, à jaunâtre, gélatineuse, soluble dans l'eau. Sa saveur est âcre, sons goût acide avec un pH qui varie entre 3,7 et 3,9 (Eric, 2016). Elle est fabriquée à partir des protéines et des nutriments du pollen qu'elles ont ingérés (Gharbi, 2011). La gelée royale, aussi appelée « lait des abeilles » à cause de sa couleur blanchâtre (Michel, 2016). Elle constitue la nourriture exclusive : De toutes les larves de la colonie, sans exception au premier stade de leur développement et de la reine durant toute leur existence (Stéphane et al, 2015).

Une ruche produit entre 300 et 800 gr/an. Et, chez les abeilles pas de gâchis ! Les ouvrières ne produisent que la quantité de gelée royale nécessaire à leurs besoins et n'en font pas de réserve (Michel, 2016).

Figure 1. La gelée royale (Jean- François, 2016)

1.1.2. Composition de la gelée royale

La composition de la gelée royale peut varier selon la région, le climat et l'alimentation des abeilles (Fruleux, 2018). La gelée royale est en quelque sorte du pollen digéré, sa composition est donc proche de celle du pollen, comme est indiqué dans la figure suivante :

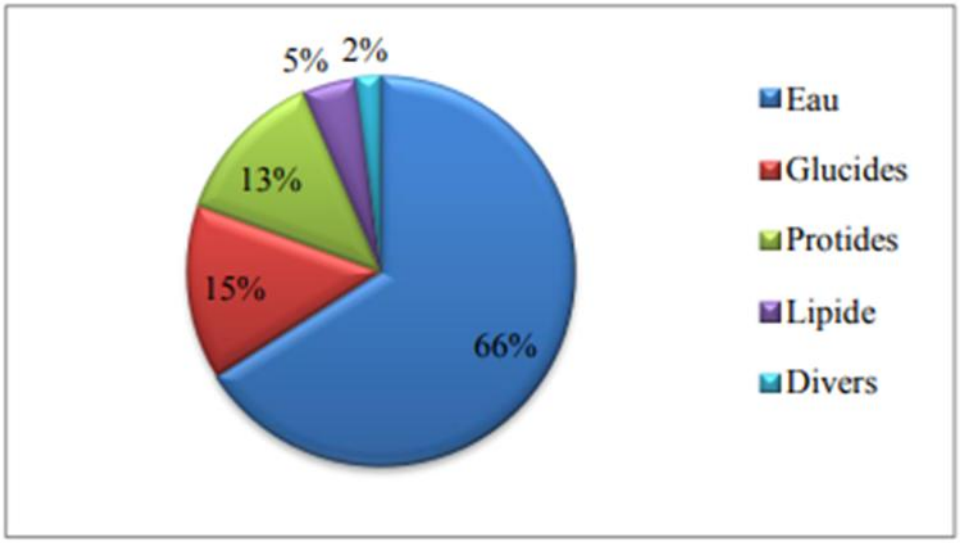


Figure 2. La composition chimique de la gelée royale (Jean- François, 2016)

1.1.3. Conditionnement

De sa récolte, la gelée royale c'est un produit fragile susceptible de se dégrader assez vite à la chaleur ou à l'humidité (Gout et Jardel, 2008). Il faut donc la conserve à une température basse (entre 2 à 5°C), dans des pots aseptiques en verre (Henri, 2014).

1.1.4. Utilisation

La gelée royale est synthétisée et employée par les ouvrières comme nourriture au sein de la ruche. Toutefois, à la différence du miel et du pollen, cet aliment a un rôle déterminant et ne sera consomme que durant une très courte période pour la plupart des individus. En effet, après l'éclosion des œufs toutes les larves sont nourries de gelée royale par les nourrices de leur premier jour à leur troisième jour de stade larvaire, ce qui permet une croissance très rapide de ces larves. Ensuite ce sont uniquement les larves destinées à devenir reine qui seront nourries de gelée royale. Les autres larves destinées à être ouvrières ou les futurs faux-bourdons seront nourris de pollen et de miel. Ces futures potentielles reines vont alors acquérir grâce à cette gelée un appareil reproducteur femelle parfaitement fonctionnel. De plus, le corps de la reine se développe davantage, il est plus grand que celui de l'ouvrière et la transformation de l'œuf en abeille reine est plus rapide que pour obtenir la naissance d'une ouvrière. Une fois née, la reine continuera à être nourrie exclusivement avec de la gelée royale. La reine gagne également en durée de vie, elle peut vivre jusqu'à 4 à 5 ans, elle a la faculté de pondre plus de mille œufs par jour et elle présente une plus grande résistance aux maladies par rapport aux ouvrières (Avril et Hampikian, 2014).

1.2. Pollen

1.2.1. Définition

C'est l'élément mâle des fleurs, fine poussière, contenu dans l'anthère de la plantes à l'extrémité des étamines (Nicolson, 2011), il est pour l'abeille la seule source de protéines (Gauthier, 2014). Les abeilles le récoltent sous forme de petites pelotes qu'elles transportent à la ruche dans les corbeilles de leurs pattes (Ravazzi, 2003). Le nombre de graine de pollen constituant une pelote est très variable, selon les fleurs visitées par l'abeille, ainsi leur forme varie également en fonction des espèces végétales (Darrigol, 2007). Les grains de pollen sont sphériques ou ovoïdes (Laaidi et a, 2012). Les couleurs des pelotes sont sensiblement différentes selon les fleurs butinées, le plus souvent jaune ; il existe aussi des pollens dans des

couleurs diverses (par ex. orange, rouge, bleu, violet, gris…) (Hamet, 1859). La couleur, l'apparence, l'odeur et le goût varient fortement selon l'origine.

Figure 3. Les grains de pollen (Bruneau, 2009).

1.2.2. Composition de pollen

Le tableau suivant montre la composition chimique moyenne de pollen

Tableau 1. La composition moyenne de pollen

Composés	Teneurs (%)
Glucides	**27**
Protides	**23.7**
Eau	**18.5**
Celluloses	**18**
Minéraux	**5**
Lipides	**4.8**
Autres	**3**

Source : Bruneau, 2009.

1.2.3. Conditionnement

Le pollen prélevé dans les trappes ne peut pas se conserver en l'état très longtemps. Il existe deux méthodes pour assurer sa conservation : la congélation et la déshydratation partielle (séchage).

a. Congélation

Se fait par usage familial car la chaine du froid ne peut en aucun cas être interrompue (ITELV, 2016). Ce procédé ne demande pas d'investissement si on possède déjà un congélateur. Il est de plus en plus utilisé car il permet de conserver ses propriétés thérapeutiques du pollen frais (Blanc, 2010). Dès la récolte, elle faut trie le pollen (nettoyage et conditionnement), on le verse délicatement dans des sachets en matière plastique (200 g, 500 g, 1 kg …) et on le place au congélateur à – 20°C (Gauthier, 2014). Elle faut faire attention à la rupture de la chaîne du froid. Certains apiculteurs pensent que l'on peut congeler et décongeler le pollen sans problème. Cela est vrai si la teneur en humidité est faible (8 % d'eau), mais certains pollen en possède parfois beaucoup plus, surtout s'ils sont restés trop longtemps dans les trappes. Il n'est pas rare d'en avoir plus de 20 %. Il faut savoir que la congélation provoque l'éclatement des cellules quand elles sont riches en humidité (Gauthier, 2014).

b. Séchage

S'applique au pollen destiné à la vente, le pollen est placé dans des séchoirs conçue à cet effet, menue d'un thermostat réglé environ à 40°C (ITELV, 2016) pondant 24 heures. Le pollen des trappes est plus humide que le pollen prélevé directement sur la fleur, car l'abeille l'humidifie aux cours de la confection de ses pelotes. Cette méthode consiste à provoquer une déshydratation partielle du pollen récolté, et pour éviter l'apparition des moisissures ou la contamination par des levures. Le séchage va amener l'humidité du pollen à 4 - 5 %. Le pollen va perdre environ 20 % de son poids (Gauthier, 2014). Ensuite il sera stocké dans un endroit sec pour limiter son oxydation à l'abri de la lumière et de la chaleur (Blanc, 2010).

1.2.4. Utilisation

Le pollen sera de préférence consommé « ouvert », soit dans une préparation miel et pollen qui recrée les conditions du pain d'abeilles, soit après trempage d'une heure au moins dans de l'eau additionnée avec le miel (Catherine, 2010). On fait généralement deux cures annuelles pendant deux à trois mois. On le consomme de préférence le matin.

Le pollen permet de :

- Régularisent le système digestif en stimulant les fonctions gastriques ;

- Réduisent la fatigue, le stress, les problèmes circulatoires ;

-Stimulent les défenses immunitaires (action antibiotique sur salmonelles, colibacilles, protéus). Les pollens rééquilibrent la flore intestinale ce qui améliore les défenses immunitaires et font baisser de 10 à 15 % le cholestérol essentiellement par la présence de vitamine E.

1.3. Cire

1.3.1. Définition

C'est une substance grasse, de couleur jaune, sécrétée par les glandes cirières de certains hyménoptères et notamment des jeunes ouvrières d'abeille (Dictionnaire de français Larousse). Situées sur la partie ventrale de l'abdomen des ouvrières âgées d'environ deux semaines (Philippe, 2007).

Figure 4. La cire d'abeille (Clément, 2009).

1.3.2. Composition de la cire

Chimiquement, la cire d'abeille se compose principalement d'esters d'acides gras et de divers alcools à longue chaîne. Elle renferme des hydrocarbures saturés, des pigments provenant surtout du pollen et de la propolis, ainsi que des substances provenant du couvain, etc. Le tableau suivant résume la composition chimique de la cire.

Tableau 2. Composition chimique de la cire

Composés	Teneurs (%)
Monoesters	**35**
Hydrocarbures	**14**
Diesters	**14**
Acides libres	**12**
Hydroxy-polyesters	**08**
Hydroxy-monoesters	**04**
Triesters	**03**
Acides polyesters	**02**
Acides d'esters	**01**
Alcools libres	**01**
Non identifié	**06**

Source : (Bogdanov, 2017).

1.3.3. Utilisation

Sa principale application est en tout premier lieu dans l'apiculture elle-même, avec la fabrication de la cire gaufrée utile à la production de nouveaux rayons et cadres. (Mutsaers et al, 2005). La cire d'abeille sert à attirer les essaims dans les ruches vides, ou à piéger les ruches. C'est une des matières les plus attirantes pour les abeilles.

1.4. Propolis

1.4.1. Définition

Le nom "propolis" signifie en grec ancien "entrée d'une ville". Cela est dû au fait que la propolis joue un rôle de protection vis-à-vis de la ruche (Laurence, 2019). La propolis provient de résines végétales sécrétées par certains végétaux provenant de bourgeons de feuilles, de tiges ou de fleurs. Ces résines peuvent avoir plusieurs fonctions : protection contre les pathogènes (champignons) et contre le froid. Elle est employée par les abeilles pour enduire les alvéoles afin d'optimiser la régulation du microclimat dans la ruche (Prost, 2005).

Figure 5. La propolis

1.4.2. Composition de propolis

Comme pour le miel et le pollen, la composition de la propolis varie selon les plantes où elle a était récoltée par les abeilles. La figure suivante présente la composition de propolis.

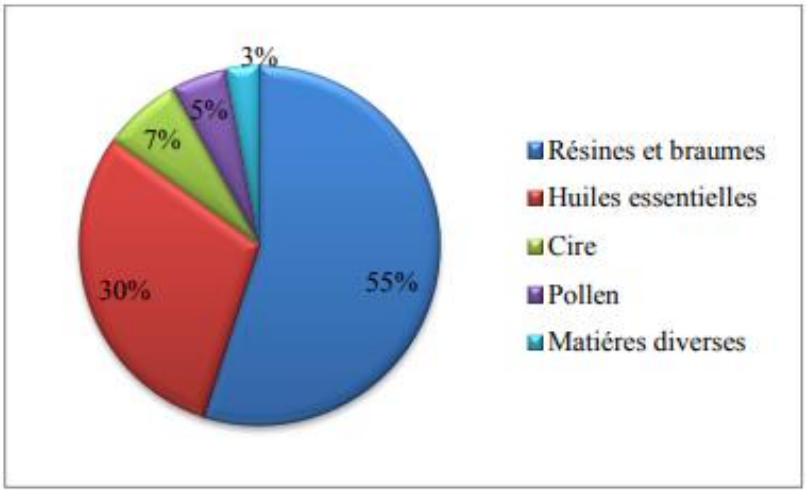


Figure 6. La composition de propolis (Oudjet.2012).

1.4.3. Caractéristiques physico-chimiques de propolis

1.4.3.1. Caractéristiques organoleptiques

a. **Couleur** : elle varie selon sa provenance, allant de jaune clair au brun très foncé, presque noire en passant par toutes les gammes des bruns (brun jaune, brun vert et brun rouge).

b. **Odeur :** elle a une odeur variable suivant son origine, en général, arôme agréable douceâtre, mélangé à celui de miel, de la cire et d'autres produits (Tosi et al, 2006).

c. **Saveur :** elle est souvent amère et âcre.

1.4.3.2. Les caractéristiques physiques

a. **Consistance :** la propolis est une substance de consistance variable suivant la température :

- 15 °C, elle est dure et friable ;
- 30 °C elle est molle et malléable.
- Entre 30 °C et 60 °C elle est coulante et gluante.

b. **Solubilité :** la propolis d'abeille est soluble de façon partielle dans l'Alcool, l'Acétone, le chloroforme, le benzène, le trichloréthylène…etc. seul un mélange adéquat de différents solvants permet de dissoudre la quasi-totalité de ses composants. La partie insoluble est constituée de tissus végétaux, de grains de pollen, de débris de cuticule et de soie d'abeille (Debuyser ; 1984).

c. **Densité :** elle est de l'ordre de 1,2 en moyenne.

1.4.4. Conditionnement

La propolis doit être conservée à l'abri de la lumière, de l'humidité, de la chaleur et doit être utilisée aussi fraîche que possible (Blanc ; 2010). On la trouvera en vente sous formes diverses : extrait liquide, poudre, gomme à mâche (Cuvillier ; 2015).

1.4.5. Utilisation

La propolis est utilisée par les ouvrières pour colmater les fissures et les trous de leur ruche (Touati et Garnelkabeche, 2021).

- Comme substance antiseptique pour enrober un corps étranger putrescible, qu'elles ne parviennent pas à évacuer de la ruche (Touati et Garnelkabeche, 2021).
- Employée pour enduire les alvéoles et en générale tout l'intérieur de la ruche (Touati et Garnelkabeche, 2021).
- Aseptisation de la ruche (Ferhoum, 2010).
- Assurer une meilleure isolation thermique (Ferhoum, 2010)

1.5. Venin

1.5.1. Définition

Le venin est secrété par deux glandes situées dans l'abdomen des ouvrières et de la reine. L'une sécrète une sorte de liquide acide dans le réservoir à venin, l'autre créé un produit servant à lubrifier (glisser) le dard (Jean-François, 2016). Lorsqu'une abeille pique, le venin est pompé dans la victime à l'aide d'aiguillon (Amirat, 2014). La vésicule à venin n'est remplie qu'entre le 15ème et le 20ème jour d'existence d'une abeille et contient environ 0,3 mg de venin liquide. Les abeilles printanières qui ont ingéré beaucoup de pollen possèdent plus de venin et le plus efficace (Marieke et al, 2005). Son goût est amer, son odeur est semblable à celle du miel avec un pH acide (Bechet, 2002).

Figure 7. Le venin d'abeille

1.5.2. Composition chimique du venin

Le venin est translucide, liquide et contient de nombreux peptides, enzymes et amines. La composition du venin varie en fonction de 4 paramètres : le type de nectar consommé, le type de pollen consommé, l'âge de l'abeille et l'espèce (Cherbuliez, 2001). Il contient 85% d'eau pour 15% de matière sèche.

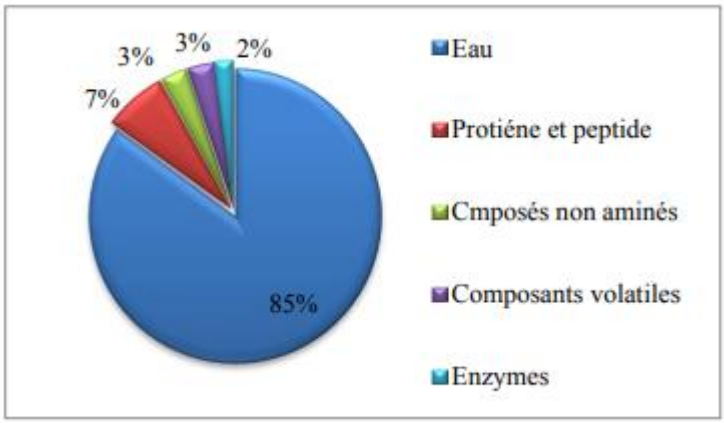


Figure 8. La composition chimique du venin (Cherbuliez, 2001).

1.6. Valorisation d'utilisation des produits de la ruche dans les différents domaines

1.6.1. Valorisation en tant que produits cosmétiques biologiques

La propolis est une résine produite par les abeilles pour protéger leur ruche des infections. Elle possède des propriétés antibactériennes et antioxydantes qui en font un ingrédient idéal pour les produits de soins de la peau. La propolis est souvent utilisée dans les crèmes pour les mains, les baumes pour les lèvres et les produits pour le soin des ongles (Yang et al, 2023).

La gelée royale est produite par les abeilles pour nourrir leur reine. Elle est riche en vitamines, minéraux et acides aminés, ce qui en fait un ingrédient très nutritif pour la peau. La gelée royale est souvent utilisée dans les crèmes anti-âge pour aider à réduire les rides et améliorer la fermeté de la peau (Fratini et al, 2020).

Enfin, la cire d'abeille est un émollient naturel qui peut aider à hydrater et adoucir la peau. Elle est souvent utilisée dans les baumes pour les lèvres, les crèmes pour les mains et les lotions pour le corps (Yang et al, 2023).

1.6.2. Valorisation en tant que fertilisant biologique

La gelée royale et la propolis peuvent également être utilisés comme fertilisants biologiques en raison de leurs propriétés antibactériennes et antifongiques, qui peuvent aider à protéger les plantes contre les maladies et les infections (Aribi et al, 2020).

L'utilisation de produits de la ruche comme fertilisants biologiques peut contribuer à réduire l'utilisation de produits chimiques et synthétiques dans l'agriculture, en fournissant une alternative naturelle et durable. Les produits de la ruche peuvent également aider à

améliorer la qualité du sol, en augmentant la capacité de rétention d'eau et en améliorant la structure du sol (Escuredo et al, 2020).

1.6.3. Valorisation en tant qu'aliments pour les animaux

La gelée royale est souvent utilisée comme supplément alimentaire pour les animaux (chevaux, poisson d'aquarium, chiens,…), en raison de ses propriétés antioxydantes et antiinflammatoires. La gelée royale peut aider à renforcer le système immunitaire des animaux et à améliorer leur santé en général (Vural et al, 2023).

La propolis peut également être utilisée comme complément alimentaire pour les animaux, en raison de ses propriétés antibactériennes et antifongiques. La propolis peut aider à prévenir les infections et à renforcer le système immunitaire des animaux (kabiloglu et al, 2023).

1.6.4. Valorisation des biomolécules contenues dans les produits de la ruche

La valorisation des produits de la ruche en biochimie appliquée est un domaine en pleine croissance, car les produits de la ruche sont une source importante de molécules bioactives qui ont des applications potentielles dans de nombreux domaines de la biotechnologie et de la médecine (Dupont et al, 2021).

Selon (Lesmana et al. 2022), la valorisation biochimique des produits de la ruche nécessite une extraction et une purification efficaces des molécules bioactives, ainsi que des méthodes de caractérisation pour identifier les composés actifs.

La propolis contient des flavonoïdes, des acides phénoliques et des huiles essentielles qui ont des propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et antioxydantes. Ces composés ont été utilisés pour le développement de nouveaux médicaments (Lesmana et al, 2022).

La gelée royale contient une variété de protéines, lipides, glucides, vitamines et minéraux, ainsi que des acides gras insaturés et des acides aminés. Elle a des effets bénéfiques sur la santé en raison de ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires (Kudłacik et al, 2023).

La cire d'abeille est riche en esters d'acides gras, en alcools gras et en hydrocarbures. Elle a des applications en tant qu'agent émulsifiant, stabilisant et épaississant dans les cosmétiques, les produits pharmaceutiques et les aliments (Dupont et al, 2021).

1.6.5. Valorisation en tant que produits thérapeutiques

Les produits de la ruche, tels que la gelée royale, peuvent être valorisés en tant que compléments alimentaires ou ingrédients dans des produits thérapeutiques naturels, tels que les crèmes pour la peau ou les suppléments nutritionnels (Sargazi et al, 2023).

La cire d'abeille est riche en vitamine A, qui est essentielle pour la santé de la peau, car elle favorise la régénération cellulaire et la production de collagène. La cire d'abeille est également riche en acides gras, qui sont essentiels pour maintenir l'hydratation de la peau et améliorer sa barrière protectrice naturelle (Dupont et al, 2021).

La gelée royale est souvent utilisée pour améliorer l'énergie, la vitalité et la santé en général. Elle est également utilisée pour stimuler le système immunitaire et réduire le stress (Sargazi et al, 2023). Elle peut être utilisée pour améliorer la santé de la peau et réduire les signes du vieillissement, ainsi que pour soulager les symptômes du syndrome prémenstruel (Kudłacik et al, 2023).

La propolis, comme l'ont découvert Mohamed et ses collègues en 2022, possède des propriétés thérapeutiques précieuses dans divers domaines. Tout d'abord, elle est réputée pour son efficacité contre les infections de la peau, des voies respiratoires et des voies urinaires en raison de ses actions antibactériennes et antivirales. La propolis démontre des propriétés anti-inflammatoires, ce qui en fait un allié précieux dans le traitement de troubles liés à l'inflammation, tels que l'arthrite, la sinusite, les douleurs menstruelles, et d'autres conditions similaires. La propolis joue également un rôle important dans le renforcement du système immunitaire en stimulant la production de cellules immunitaires, renforçant ainsi les défenses naturelles de l'organisme. Des études prometteuses ont évoqué la possibilité que la propolis puisse avoir des effets anticancéreux en entravant la croissance des cellules cancéreuses. Elle montre également des propriétés anti tumorales potentielles, avec des extraits de propolis qui ont inhibé la croissance des cellules cancéreuses dans des modèles animaux et en laboratoire. En outre, la propolis a la capacité de prévenir les caries dentaires en limitant la croissance des bactéries responsables de leur formation, ce qui en fait un ingrédient envisageable pour les produits de soins bucco-dentaires. La diversité des formes disponibles, telles que les capsules, les comprimés, les extraits liquides, les pommades et les gels, offre une flexibilité d'utilisation en fonction des besoins et des préférences individuelles (Bobiş et al, 2023).

1.6.6. Valorisation des produits de la ruche dans le domaine vétérinaire

Utilisation de la propolis pour les animaux domestiques. La propolis a une odeur et un goût fort et piquant et n'est pas forcément appréciable des animaux domestiques. Elle peut être mélangée à des aliments appétant pour favoriser son ingestion ou sous forme de propomiel. Mis à part certains individus sensibles ou intolérants, la propolis administrée par voie digestive à de fortes doses (10 à 15 g/kg) chez le chien, rat, cobaye, n'entraine aucun effet toxique ou pathologique d'aucune sorte (Donadieu, 2008).

La propolis est considérée comme un stimulant efficace de la fermentation du rumen et de l'ensemble des conditions de santé animale chez les bovins en croissance et bovins laitiers. Récemment, la propolis a été reconnue comme un additif alimentaire alternatif naturel aux antibiotiques dans l'alimentation des ruminants (Soltan et Patra, 2020).

La supplémentation en RPE (extrait de propolis rouge) chez les brebis gestantes tardives a amélioré la digestibilité apparente et la synthèse des protéines microbiennes, et a diminué l'émission de CH 4. De plus, il a amélioré la santé animale et réduit les effets du stress. Ainsi, le RPE représente un complément naturel prometteur pour accompagner la transition de la fin de gestation à la lactation avec un impact positif à la fois sur l'animal et sur l'environnement (Morsy et al, 2021).

Chapitre 02 :

Le miel

2.1. Généralités sur le miel

2.1.1. Définition du miel

Le miel naturel est défini comme étant une substance naturelle sucrée produite par les abeilles Apis mellifera à partir du nectar des plantes, à partir des sécrétions provenant de parties vivantes de plantes, ou à partir d'excrétions d'insectes butineuses laissées sur les parties vivantes de plantes (Miellat) (Codex Alimentarius).

2.1.2. Origine

La fabrication du miel est le fruit du travail des abeilles ; les composantes de base de la nourriture des abeilles sont le nectar, le pollen et le miellat (Bonté et Desmoulière, 2013).

2.1.2.1. Nectar

Le nectar est une exsudation sucrée plus ou moins visqueuse, destinée à attirer les insectes pollinisateurs tels que les abeilles, contient environ 90 % de sucres, les plus courants étant le saccharose, le glucose et le fructose, le nectar contient également des acides organique (acide fumarique, succinique, oxalique, malique…etc.), des protéines, notamment des enzymes, des acides aminés libre, et des composés inorganiques (Bonté et Desmoulière, 2013).

2.1.2.2. Miellat

Le miellat provient des excrétas de différentes espèces de pucerons et autres insectes. Pour se nourrir, ils puisent à l'aide de leur appareil buccal adapté pour perforer, la sève des tubes criblés, élaborée par les végétaux, riche en matières nutritives, surtout en sucres. Ce miellat, visqueux ou cristallisé, est léché par les butineuses sur les feuilles. Sa composition diffère de celle du nectar ; il contient par exemple un sucre appelé mélézitose. Le miellat, substance d'origine à la fois végétale et animale, subit de ce fait un double traitement : après avoir transité par l'appareil digestif du puceron, il passe par celui de l'abeille. Autant dire que les transformations biochimiques sont nombreuses et complexes (Marchenay, 2007).

2.1.3. Différents types du miel

Le miel est classé en fonction de plusieurs critères :

2.1.3.1. Origine floraux

La majorité des miels proviennent d'une flore bien diversifiée ; Les¬ miels mono floraux sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant d'une seule espèce végétale (par exemple : le miel d'acacia, d'oranger et de lavande) ; les miels polyfloraux qui sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant de plusieurs espèces végétales (Chouia, 2014).

2.1.3.2. Origine géographique

Certains miels polyfloraux ont acquis une réputation¬ particulière qui est liée à leur origine géographique, qu'il s'agisse d'une petite région, d'une province d'un continent ; par contre, il n'est pas impossible qu'une origine florale soit associée avec une région (Chouia, 2014).

2.2. Stockage et conservation du miel

La qualité et les propriétés biochimiques du miel sont relié à la maturité de miel, aux méthodes de production, aux conditions climatiques, et celles des traitements et de stockage, aussi bien qu'à la source de nectar du miel (Bogdanov et *al*, 1999 ; Crane, 1979 ; Persanooddo et Bogdanov, 2004 ; White, 1978). Comme tout produit biologique, le miel subit au cours du temps des modifications plus ou moins importantes selon sa composition et les conditions de sa conservation. Il est donc utile de bien connaître les conditions de stockage, les phénomènes qui se déroulent au cours du vieillissement du miel 'et qui influencent la qualité du produit. Le miel doit être conservé à l'abri de l'air surtout l'air humide, car il est très hygroscopique. L'absorption d'eau par le miel est toujours un accident grave susceptible d'entraîner des modifications physico-chimiques profondes se terminant par la fermentation du produit. Le choix du lieu de stockage, des récipients et des emballages utilisés pour la conservation et le conditionnement du miel sont donc très importants. Un autre facteur qui a un effet néfaste sur la qualité du miel est l'oxygène de l'air. Il provoque l'oxydation des sucres qui peut se traduire avec le temps par un brunissement accéléré et une dégradation de la qualité au niveau aromatique du miel (Gonnet, 1982).

Le stockage des pots doit se faire dans les locaux frais et secs. La température idéale avoisine les 12-14C°. Si le miel à stocker présente un risque de fermentation, il faudra

impérativement la pasteuriser ou le conserver à une température de 4 à 5C°, alors qu'un miel traité dans les conditions optimales est très stable (Blanc, 2010).

2.3. Caractéristiques physico-chimiques

Ces caractères sont importants pour bien différencier les miels les uns des autres mais également pour évaluer la qualité de ceux-ci (Blanc, 2010).

2.3.1. Densité

La densité du miel est le ratio de sa masse volumique à 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 (Donadieu, 2008)

2.3.2. Viscosité

La viscosité du miel est conditionnée essentiellement par sa teneur en eau, sa composition chimique et la température à laquelle il est conservé ; par ailleurs, les sucres contenus dans le miel peuvent cristalliser en partie sous l'influence de certains facteurs (température, agitation, composition chimique), entraînant alors une modification complète de son aspect mais sans rien changer à sa composition (Donadieu, 2008)

2.3.3. PH

Le pH ou le potentiel hydrogène mesure dans une solution l'activité chimique des ions dissociés H+ (acide) ou OH– (basique) (Bouchema, 2010) .Le pH des miels est fonction de la quantité d'acides organiques qu'ils renferment (ions H+), ainsi que sa composition minérale (ions OH–). Ils sont considérés comme des tampons, ce qui signifie que leurs pH ne change pas par l'addition de petites quantités d'acides ou de bases. Le pH des miels de nectar varie entre 3,3 et 4,6, à l'exception du miel de Châtaigner (*Castanea sativa*) avec une valeur de pH entre de 5 à 6. Les miels de miellat ont une valeur de pH de 4,5 à 6,5 en raison de leur teneur en minéraux plus élevée.

2.3.4. Abaissement du point de congélation

Il dépend de la proportion en sucres. Il serait de 1.42°C à 1.53°C en solution aqueuse à 15% et 2.75°C à 3.15°C en solution aqueuse à 25% (Emmanuelle et al, 1996).

2.3.5. Conductivité électrique

Le miel contient des minéraux et des acides ionisables capables de conduire le courant électrique. Cette propriété est caractérisée par la conductivité électrique du miel en solution à 20 % de matière sèche, qui se mesure en moyen d'un conductimètre (Bouchema, 2010). La conductivité électrique est l'aptitude d'un matériau à permettre le passage d'un courant électrique. Elle est exprimée en milli-Siemens par centimètre (mS/cm) (Bogdanov et *al*, 1999).

Ce paramètre a été inclus à partir de l'année 2000 dans les nouvelles normes internationales du Codex Alimentarius et de l'Union européenne, en remplacement de la détermination de la teneur en cendres. Il existe une relation linéaire entre la conductivité électrique (λ) exprimée en mS/cm, et la teneur en cendres (A) exprimée en g/100 g de miel : $\lambda = 0,14 + 1,74$ A Selon les normes du Codex Alimentarius, la mesure de ce paramètre permet de différencier les miels de miellat avec des valeurs supérieures à 0,8 mS/cm, des miels de nectar avec des valeurs inférieures à 0,8 mS/cm. Le miel de Châtaigner peut atteindre des valeurs supérieures à 0,8 mS/cm. Certains miels possèdent cependant des variations extrêmes de leur conductivité électrique, c'est le cas des miels suivants : *Arbutus, Banksia, Erica, Leptospermum, Melaleuca, Eucalyptus et Tiglia* ainsi que leurs mélanges.

2.3.6. Indice de réfraction

Le phénomène de réfraction de la lumière est le changement de direction que subit un rayon lumineux en passant d'un milieu optique donné à un autre, ce changement est dû à une modification de la vitesse de propagation de la lumière. Il est caractérisé par l'indice de réfraction, défini par le rapport entre la vitesse de propagation de la lumière dans le vide, et celle mesurée dans ce milieu (Bogdanov et *al*, 1999)..

2.4. Caractéristiques organoleptiques

2.4.1. Cristallisation

La cristallisation est un phénomène naturel qui modifie l'état du miel, sans altérer sa qualité. La cristallisation de miel est un phénomène très important car c'est de lui que dépend de la qualité de miel, et aussi du rapport fructose/glucose. La vitesse de cristallisation des miels est très variable. Elle est fonction de :

- **La composition en sucres** : une teneur supérieure à 35% accélère la cristallisation.
- **La teneur en eau :** une teneur en eau supérieur à 18% favorise la cristallisation.
- **La température de conservation :** la température optimale à la cristallisation est de 14°C.
- **La présence des germes de cristallisation :** qui peuvent être des cristaux de glucose microscopique, des poussières ou des grains de pollen (Amri, 2010).

2.4.2. Couleur

Constitue un critère de classification notamment d'un point de vue commercial. Plus il est clair, moins il est riche en minéraux et inversement. Il va du jaune très pale au brun très fonce mais est le plus souvent blond (Blanc, 2010).
La coloration des miels est une donnée importante parce que c'est une caractéristique physique dépendant de l'origine du produit mais également un élément sensoriel primordial qui détermine en partie le choix du consommateur (Amri, 2010).

2.4.3. Odeur et gout

L'odeur du miel varie considérablement mais s'évaporent très rapidement. Elles sont végétales, florales ou fruitées, puissantes ou non, fines, lourdes, vulgaires (Blanc, 2010).

L'arôme et le goût du miel dépendent des plantes où les abeilles ont récolté le nectar. Les tournesols, par exemple, donne un miel jaune d'or ; le trèfle donne un miel sucré et blanc. Le miel foncé a généralement un goût plus prononcé et sa teneur en sels minéraux est élevée ; le miel clair a une saveur plus délicate (Bradbear, 2005).

2.5. Composants chimiques du miel

La composition chimique du miel est très complexe car il subit de nombreuses étapes et plusieurs facteurs rentrent en compte : transmission d'abeille en abeille, température, ventilation de la ruche, teneur en eau, enzymes de la butineuse, nature de la flore visitée, qualité du sol sur la quel pousse, les plants, état physiologique de la colonie, la race de l'abeille, condition météorologique lors de la miellée. Le miel regroupé près de 200 substances différentes ; il s'agit donc d'un produit biologique très complexe, d'une diversité extrême, lui conférant de très nombreuse propriété diététiques, pharmacologique et thérapeutique (Louveaux ,1959) les principaux éléments constitués sont :

2.5.1. Eau

Selon Durand (1999), en fonction de leur origine florale, de la saison, de la taille de la colonie et des méthodes de récolte, la teneur en eau des miels varie entre 14 et 25 %. L'optimum se situe autour de 17 %, car un miel trop peu liquide est difficile à extraire et à conditionner, tandis qu'un miel trop humide risque de fermenter.

La teneur en eau du miel est une donnée très importante à connaître. Seuls les miels dont la teneur en eau est inférieure à 18% sont de bonne conservation (Gonnet, 1982).

D'après Louveaux (1985), la teneur en eau des miels varie assez largement en fonction de leur origine florale de la saison, de l'intensité de la miellée, de la force des colonies d'abeilles et, bien entendu, de la façon dont l'apiculteur aura fait la récolte.

2.5.2. Glucides

Selon Durand (1999), les sucres forment 95 à 99 % de la matière sèche, ce qui montre que les miels sont essentiellement un mélange d'eau et de sucre. On a identifié une quinzaine de sucres différents dans les miels, mais ils ne sont jamais tous présents à la fois. Les deux sucres principaux sont le glucose 31% et le fructose 38 %. Ce sont des sucres simples ou monosaccharides, on trouve aussi des disaccharides comme le maltose 7.3% et le saccharose en moyenne 1,3% les sucres supérieurs, formés de plus de deux sucres simples, peuvent représenter de 1,5% à 8 % .On peut également citer la présence de divers autres sucres (environ 3,5%).

2.5.3. Acides organiques

Selon Louveaux (1985), tous les miels ont une réaction acide ; il contient, non pas, comme on le croyait autrefois, de l'acide formique provenant de la glande à venin, mais un mélange d'acides organiques dont certains sont présent des multiples réactions dont le miel est le siège au cours de son élaboration. On donne peut le prouver par examen de la nourriture stockée par les abeilles auxquelles on donne un nourrissement un sirop de sucre très pur ; cette nourriture stockée est devenue acide. L'analyse des acides organique contenus dans les miels a montré qu'ils sont nombreux ; mais c'est l'acide gluconique, provenant du glucose, qui domine. Les acides acétique, malique, succinique, butyrique, citrique, pyroglutamique et formique ont été mis en évidence. La présence de lactones est pratiquement constante.

D'après Gonnet (1982), l'acidité totale d'un miel s'exprime en milléquivalents par kilo (méq. /Kg). Elle est très variable d'un miel à un autre et se situe entre 10 et 60 méq. /kg.

2.5.4. Acides aminés et protéines

Ils sont présents en faible quantité dans le miel (0,26%) et la teneur en azote est négligeable, de l'ordre de 0,041%. Ils proviennent des nectars, des sécrétions des abeilles et des grains de pollen. Il y'a surtout des peptones, albumines, globulines, nucléoprotéines, et tous les acides aminés essentiels comme la proline, la trypsine, l'histidine, l'alanine, la glycine, la méthionine, etc. La proline est le plus abondant des acides aminés du miel, la quantité de proline donne une indication sur la qualité du miel, et elle ne doit pas être inférieure à 183mg⁄kg (Meda et *al*, 2005)

2.5.5. Lipides

Concernant les lipides qui sont présents de faibles quantités, on retrouve plus largement des stérols comme le cholestérol libre ou des esters de cholestérol. En plus petite quantités, le miel contient essentiellement des acides gras (acide palmitique, oléique et linoléique) ; ils proviendraient vraisemblablement de la cire.

2.5.6. Sels minéraux

Les matières minérales ou cendres ne sont présentes qu'à un taux de 0 ,1 % à 1% pour les miels de miellats, et il existe essentiellement le potassium ainsi que des sels de calcium, de sodium, de magnésium, de cuivre, de chlore, de manganèse, et une trentaine d'oligo-éléments. Les miels foncés en contiennent plus que les miels clairs. Les taux dépendent des plantes visitées et des types de sols, les plus élevés se retrouvant surtout chez les miels poly floral : fer (callune, pain), calcium (tournesol, colza) (Blanc, 2010).

Bien qu'habituellement considéré comme un produit relativement ″propre″, le miel peut contenir des polluants présents en très faible quantité, comme le plomb et le cadmium. Le dosage de ces polluants constitue un bon indicateur de la pollution de l'environnement (Donnadieu, 1978).

2.5.7. Enzymes

Les principales enzymes du miel sont les α et β amylases et la saccharase. Elles sont de deux origines végétale et animale, le nectar contient des enzymes produites par les nectaires de la plante, les abeilles y ajoutent des enzymes de leurs glandes salivaires. Ces enzymes sont détruites par la chaleur, et leur présence ou leur absence peut servir d'indication de sur chauffage du miel (Rossant, 2011).

La gluco-invertase (α glucosidase) qui provoque la scission de la molécule de saccharose. Cet enzyme indispensable à l'élaboration du miel est spécifique du fait des particularités de la réaction secondaire auxquelles il donne naissance (phénomènes de tanglucosylation). Il s'agit de transferts moléculaires complexes qui aboutissent à la formation de trisaccharides lesquels peuvent être à leur tour hydrolisés en partie en glucose et fructose (Gonnet, 1982).

La gluco-oxydase qui est à l'origine de la formation de l'acide gluconique dans le miel, phénomène qui s'accompagne d'un dégagement de peroxyde d'hydrogène (Gonnet, 1982).

2.5.8. Vitamines

Le miel est pauvre en vitamines ; on y trouve des vitamines des groupes B et C et quelquefois A, D et K (Gonnet, 1982).

Le miel est relativement pauvre en vitamines si on compare avec d'autres aliments, et principalement aux fruits. On n'y trouve aucune vitamine liposoluble (vitamine A et D), mais un peu de vitamines du groupe B et occasionnellement un peu de vitamine C. On retrouve ces mêmes vitamines, mais à doses beaucoup plus fortes, dans la gelée royale (Louveaux, 1985)

2.5.9. Substances aromatiques

L'arôme est un facteur de qualité important dans les produits alimentaires. L'arôme de miel d'abeille dépend de la composition de fraction volatile, qui est sous l'influence de la composition de nectar et d'origine florale. Le miel mono floral est de haute valeur nutritionnelle (Cuevas et al. 2007).

Selon Gonnet (1982), le miel contient de nombreuses substances aromatiques qui lui donnent sa saveur. Quelques-unes ont pu être identifiées, notamment le méthylantranylate dans les miels d'orangers et de lavande ; le formaldéhyde, l'acétaldéhyde et la diacétyl dans les miels de colza et de trèfle. On trouve aussi dans la plupart des miels des alcools (éthanol, butanol, propanol, méthyl-butanol) des esters tels que le méthyl ou l'éthyl-formate.

2.5.10. Pigments

Il contient également des pigments comme les caroténoïdes et les flavonoïdes, intéressants sur le plan nutritionnel, et des grains de pollen, signe d'un miel de qualité (Blanc, 2010). Les flavonoïdes qui appartiennent aux groupes des poly phénols possèdent des propriétés anti-oxydantes très intéressantes, car ils participent à la neutralisation des radicaux libres de l'organisme. La quantité et le type de flavonoïdes varient selon la source florale. Les substances phénoliques interviennent également sur la couleur du miel : la couleur jaune, par exemple, est liée aux flavonoïdes (Laudine, 2010). En règle générale, plus les miels sont foncés (comme ceux issus du tournesol, du sarrasin et de miellat), plus ils sont riches en flavonoïdes, parmi les flavonoïdes retrouvés dans le miel, on peut citer : la pinocembrine, la pinobanskine, le chrysine, lagalangine, la quercétine la lutéoléine et la kaempférol (Amiot et al, 1989).

2.5.11. Hydroxy-méthyl-furfural (HMF)

L'HMF est un aldéhyde acyclique formé à partir de la déshydratation des hexoses sous l'action de l'acidité libre du miel et de la chaleur. Cette molécule représente un facteur relatif à la qualité du miel influencée par le pH et la température de stockage, elle apparait au cours du vieillissement ou du chauffage de ce dernier, ce qui fait d'elle un indicateur de fraicheur et de surchauffe.

Le codex alimentarius fixe un seuil maximum de 40 mg d'HMF/Kg de miel pour les miels produits dans l'Union Européenne mais dans les régions tropicales où les températures moyennes sont plus élevées, la teneur en HMF peut être deux fois supérieure au seuil fixé par la directive du conseil Européen (≤ 80 mg/kg).

Tous les miels n'évoluent pas de la même façon : les miels de nectar atteignent entre 5 et 15 mg/kg de HMF au bout de deux ans, alors que les miels de miellats (souvent plus riches

en fructose et plus acides), peuvent atteindre 25 mg/kg de HMF. Ce produit se forme très lentement au fil du temps et son évolution est exponentielle (Karabagias et *al.*2020).

2.6. Qualité du miel

2.6.1. Qualité nutritionnelle

Le miel est apprécié partout comme aliment sucré et au goût agréable. En temps de pénurie alimentaire, c'est une source précieuse de glucides qui contient des oligo-éléments et apporte une diversité nutritionnelle dans les régimes alimentaires trop pauvre. Le miel occupe souvent une place importante dans la préparation des plats traditionnels (Bradbear, 2005). De plus, il peut prétendre à de nombreux avantages nutritionnels et énergétiques, le miel est un produit riche en nutriments même si son origine de provenance est varié (Blanc, 2010).

2.6.2. Thérapeutique du miel

Le miel est une source de «guérison pour les gens». il est facilement digéré, les estomacs les plus sensibles le tolèrent ainsi très bien, malgré son taux d'acidité élevé .ils contribuent à un meilleur fonctionnement des reins et des intestins, comme il diffuse rapidement dans le sang en l'espace de 7 minutes, ses molécules de sucres libres contribuent à un meilleur fonctionnement de cerveau, car le cerveau est l'organe le plus consommateur de sucre, c'est le moyen le plus efficace pour éliminer la fatigue et augmenter les performances sportives. Il contribue aussi à la production de sang. De plus il permet sa purification, sa régulation et sa circulation. Grace à sa capacité d'absorber l'humidité de l'air, le miel facilite la guérison et la cicatrisation des blessures (Yahya, 2004), son action, à la fois nettoyante et protectrice le rend utilisable comme pansement à n'importe quel stade de la cicatrisation. Il a une action nutritive qui favorise la régénération tissulaire. Le miel peut être appliqué sur de plaies infectées qu'il stérilise rapidement sans les effets secondaires des antibiotiques locaux comme il réduit la douleur probablement par réduction du processus inflammatoire local (Magalon et Vanwijck, 2003). Des études réalisées selon un protocole scientifique rigoureux, ont démontré que le miel de thym possédait des propriétés remarquables lorsqu'il était employé pour la cicatrisation des plaies. Son usage est surtout réservé à la médecine avec des effets Bénéfiques contre la toux, certaines maladies respiratoire et comme régulateur de métabolisme digestif (Yahya, 2004).

Deuxieme partie :

Partie Pratique

Chapitre 03 :

Matériels et Méthodes

3.1. Objectifs

L'objectif principal de cette partie est l'étude de la qualité et le stockage inconditionné sur la qualité de différents types de miel appartenant à différentes origines botaniques, différentes origines géographiques et différentes périodes de récolte.

3.2. Échantillons de miel

Notre étude a porté sur 10 échantillons des miels locaux collectés chez des apiculteurs de différentes régions en Algérie (tableau 3 et figure 09). Les différents échantillons serviront pour toutes les analyses physico-chimiques

Tableau 3. Les échantillons de miels étudies avec l'origine botanique, géographique et la période de récolte de chaque échantillon.

Produits	Origines botaniques	Origines géographiques	Périodes de récolte
E1	**Miel de cresson**	**Tlemcen**	**2018**
E2	**Miel d'eucalyptus**	**Mostaganem**	**2017**
E3	**Miel d'agrumes + Herbes forestières**	**Deux régions différentes**	**2017**
E4	**Miel d'agrumes**	**Blida**	**2017**
E5	**Miel d'eucalyptus**	**Alger**	**2017**
E6	**Miel Jujubier**	**Msila**	**2017**
E7	**Miel de Chardon**	**Djelfa**	**2017**
E8	**Miel Jujubier**	**Relizene**	**2017**
E9	**Miel de Genièvre**	**Chlef**	**2018**
E10	**Miel d'euphorbe**	**Laghouat**	**2017**

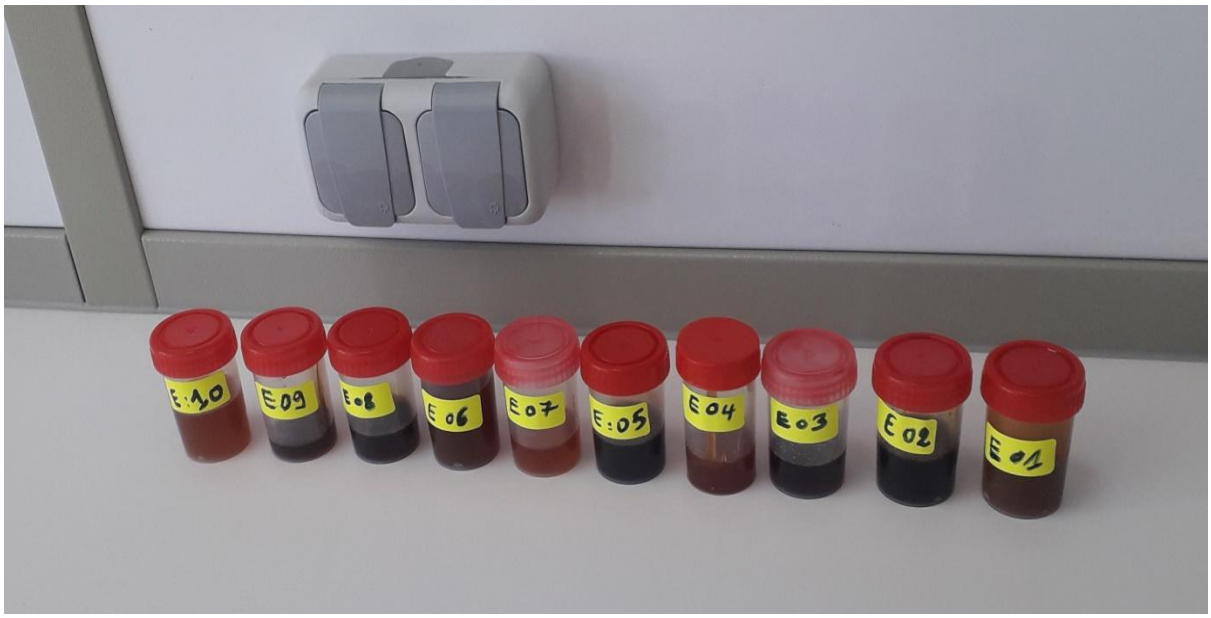


Figure 9. Les échantillons du miel étudies (Photo Original)

3.4. Méthodes d'analyses physico-chimiques

Pour atteindre l'objectif de cette étude, 4 paramètres physico-chimiques sont déterminées : pH, Teneur en eau (Humidité), Teneur en sucres (Brix), HMF et l'analyse qualitative par la spectroscopie infrarouge.

3.4.1. PH

C'est la mesure du potentiel hydrogène d'une solution de miel à l'aide d'un pH mètre Mesure la tension (différence de potentiel) entre ces deux électrodes.

3.4.1.1. Mode opératoire

Peser dans un petit bécher 5 g du miel le dissoudre dans 75ml d'eau distillé, puis rincer l'électrode à l'eau distillée puis sécher là avec du papier, ensuite placer la solution de miel a analysé sous agitation magnétique et plonger l'électrode propre et sèche dans la solution à analyser et enfin attendre la stabilisation de la valeur du pH.

3.4.1.2. Expression des résultats

La valeur du pH est directement lue sur l'écran de l'appareil.

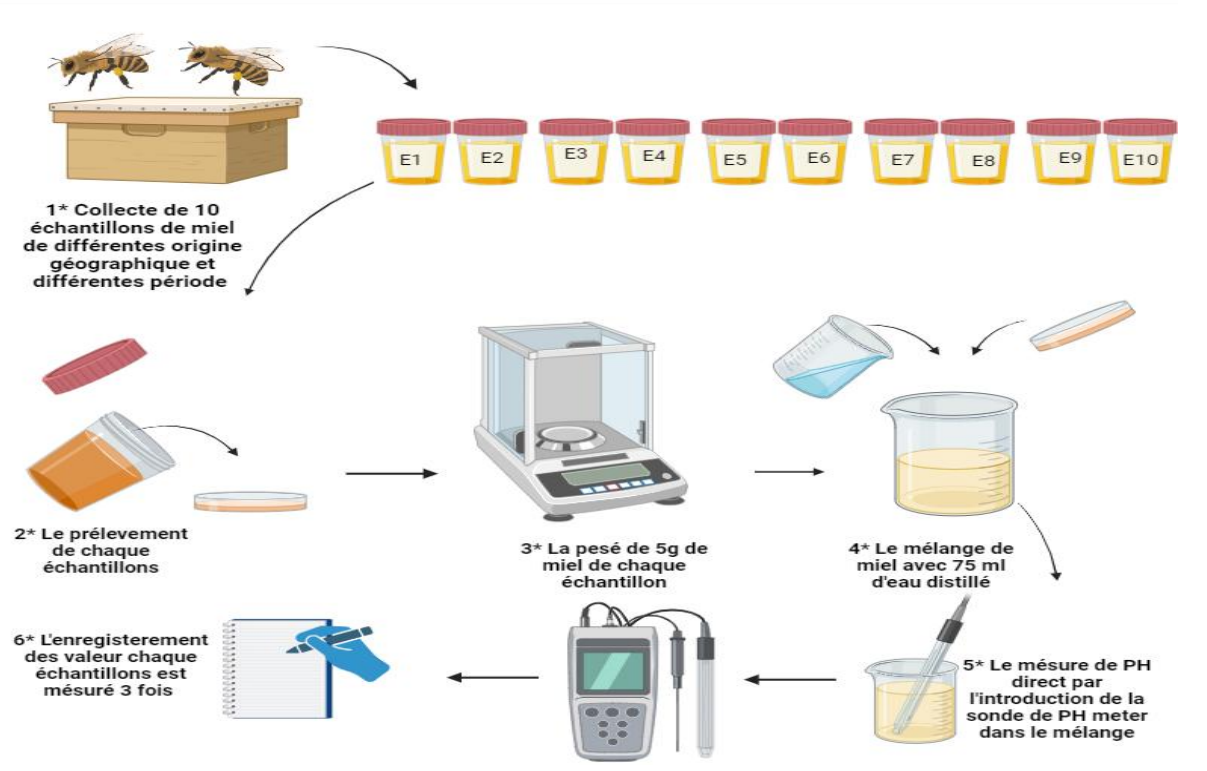


Figure 10. Protocole de mesure de PH réalisé par Biorender Originale

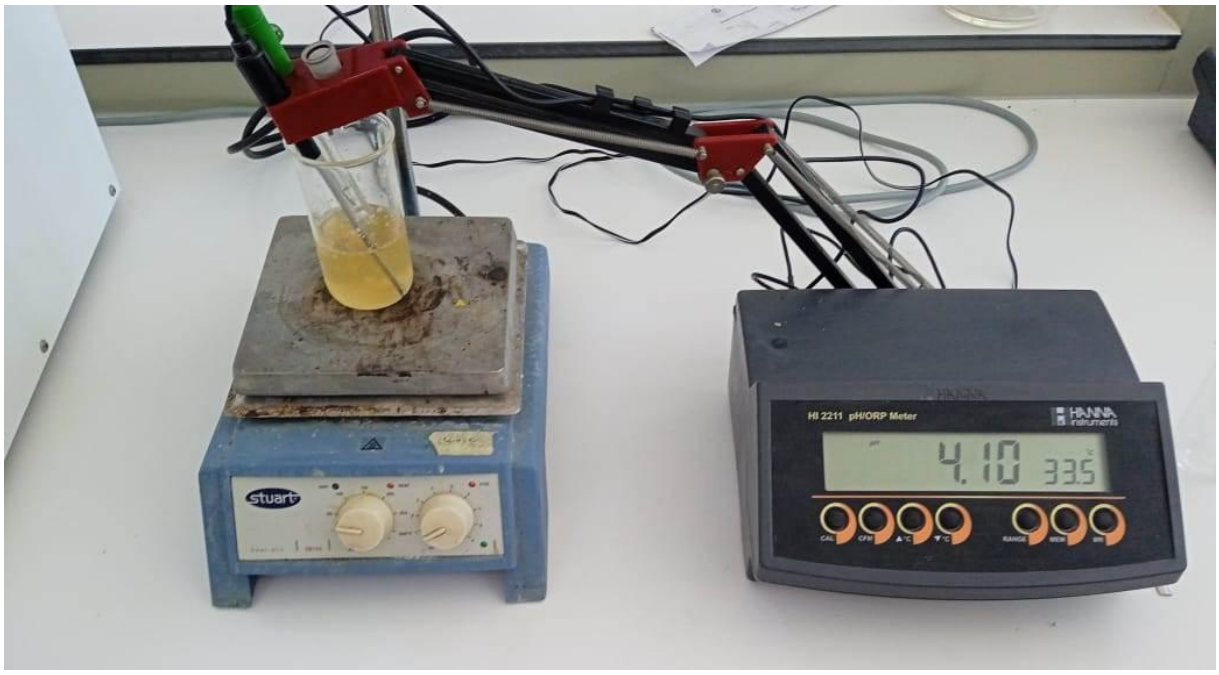


Figure 11. Mesure de PH de miel (Original)

3.4.2. Teneur en eau

La teneur en eau du miel est le critère de qualité qui détermine la capacité du miel à rester stable et à résister à la détérioration par fermentation de la levure. (I.H.C 2002). La

détermination de la teneur en eau et la densité s'effectue par mesure optique réfractomètre RM 90.

3.4.2.1. Principe

Lecture directe avec un réfractomètre.

3.4.2.2. Mode opératoire

D'abord nettoyer et sécher le prisme du réfractomètre et régler le réfractomètre à zéro. Le miel à analyser doit être homogénéisé et parfaitement liquide (Si le produit se trouve cristallisé, il est nécessaire de le refondre dans un flacon à fermeture hermétique en étuve ou en bain marie à moins de 50°C). Après refroidissement à une température ambiante, prendre une goutte de miel à l'aide d'une spatule, puis déposer et étaler en couche mince sur la platine de prisme. Enfin faire la lecture à Travers l'oculaire au niveau de la ligne horizontale de partage entre zone Claire et zone obscure (en présence de 2 échelles le teneur en eau et la densité).

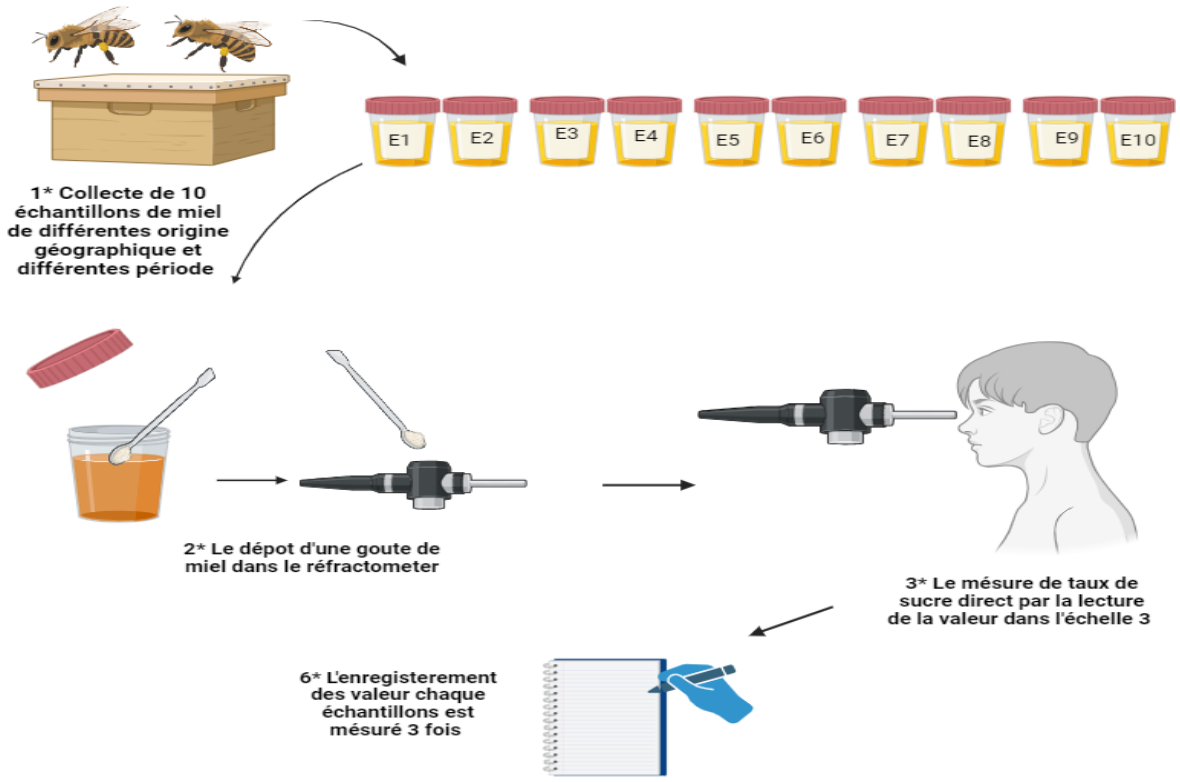


Figure 12. Protocole de mesure de taux de sucre et taux d'humidité réalisé par Biorender Originale

3.4.3. Le taux de sucre (Degré Brix)

3.4.3.1. Principe

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

3.4.3.2. Mode opératoire

Le brix déterminée grâce à la méthode de la réfractométrie par le Réfractomètre Numérique. D'abord régler le réfractomètre à zéro avec l'eau distillé(Le miel à analyser doit être homogénéisé et parfaitement liquide), puis prendre une goutte de miel à l'aide d'une spatule, puis déposer en couche mince sur la platine de prisme. Enfin lire directement le taux de sucre sur l'échelle 3 de l'appareil.

Figure 13.Détermination de taux de sucre par le Réfractomètre de Brix (Original)

3.4.4. Détermination de HMF

3.4.4.1. Principe

La méthode permet de déterminer la concentration de 5 (hydroxyméthyl-)furane-2-carbaldéhyde. Le résultat est généralement exprimé en milligrammes par kilogramme. La

détermination de la teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF) est basée sur la détermination de l'absorbance UV du HMF à 284 nm. Afin d'éviter l'interférence d'autres composants à cette longueur d'onde, la différence entre les absorbances d'une solution aqueuse claire de miel et de la même solution après addition de bisulfate est déterminée. La teneur en HMF est calculée après soustraction de l'absorbance de fond à 336 nm (Akhal, 2022).

3.4.4.2. Appareillage

- Spectrophotomètre, fonctionnant dans une gamme de longueurs d'onde comprenant 284 nm et 336 nm.
- Cuve de quartz
- Vortex
- Papier filtre
- Bécher 50 ml
- Fiole jaugée 50 ml.
- Tube à essai
- Pipette 5ml
- Balance analytique

3.4.4.3. Réactifs

- Ferricyanide de potassium trihydrate
- Bisulfate de sodium
- Acétate de zinc dihydrate

3.4.4.4. **Préparation des solutions utilisées**

a. Solution 1

Dissoudre 15 g de Ferricyanide de potassium trihydrate K4Fe(CN) 6. 3H2O dans de l'eau et compléter à 100 ml.

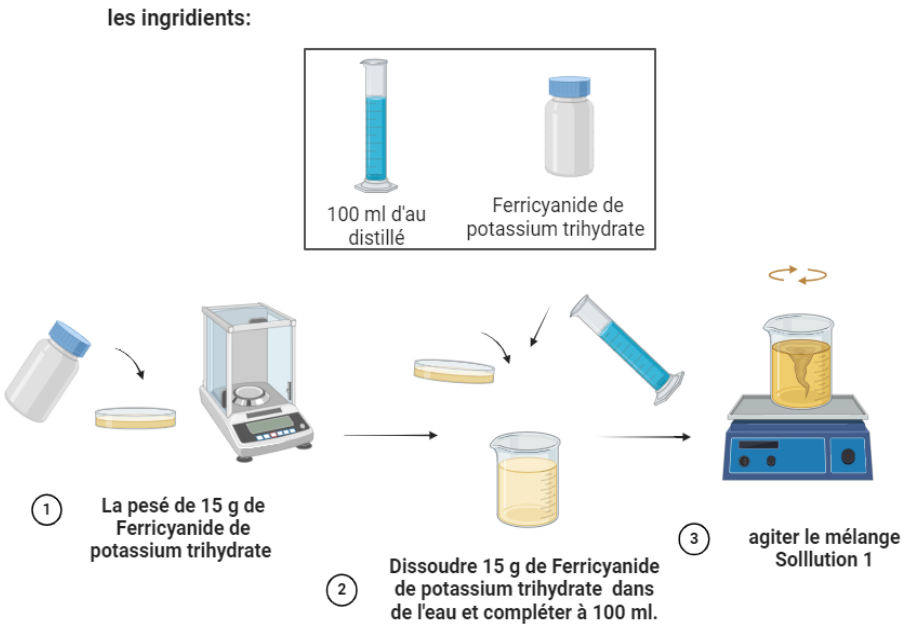


Figure 14. Préparation de Ferricyanide de potassium trihydrate (Solution 1) Réalisé par Biorender Originale

b. Solution 2

Diluer 30g d'acétate de zinc, Zn(CH3.COO) 2.2H2O et compléter à 100 mL.

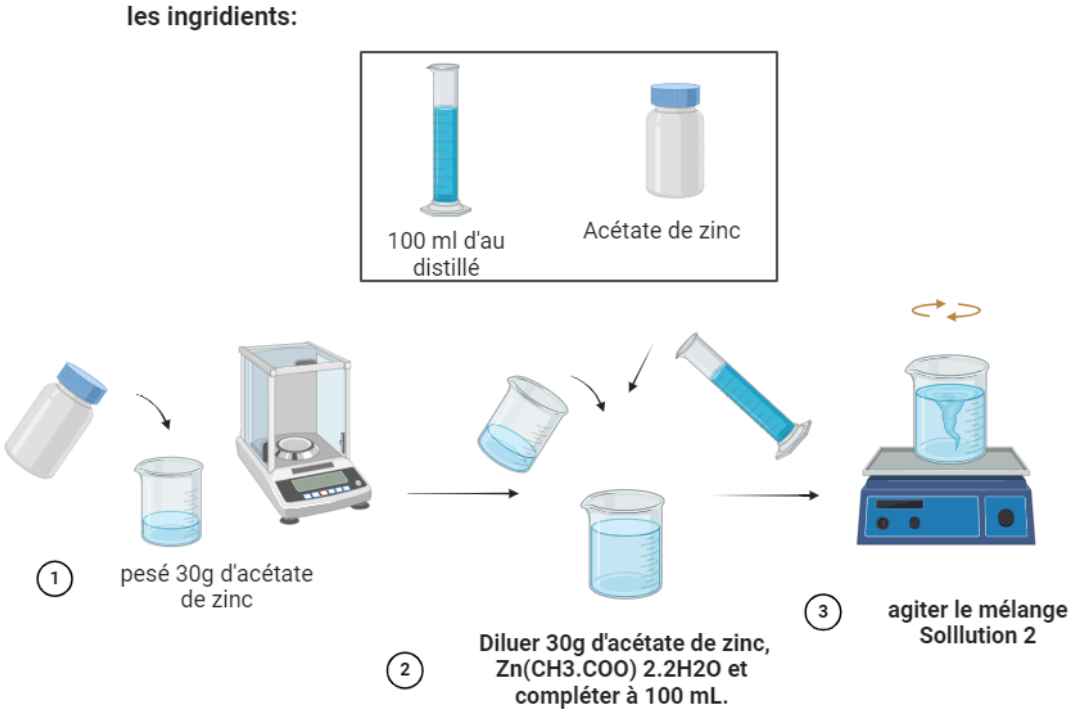


Figure 15. Préparation d'acétate de Zinc (Solution 2) Réalisé par Biorender Originale

c. Solution3

Dissoudre 0,20g de bisulfite de sodium dans de l'eau et compléter le volume à 100 ml.

La solution doit être préparée le jour de l'utilisation.

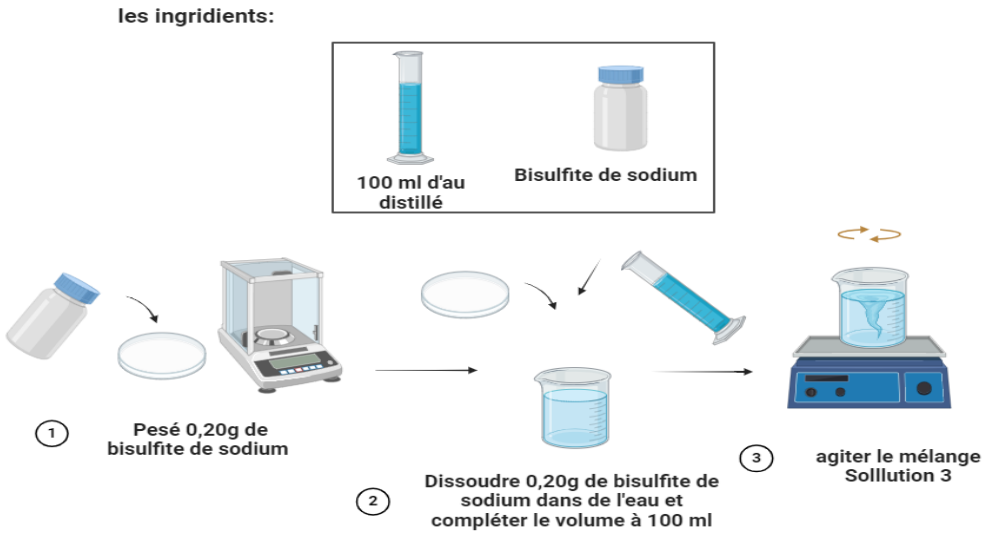


Figure 16. Préparation de bisulfite de sodium (Solution 3) Réalisé par Biorender Originale

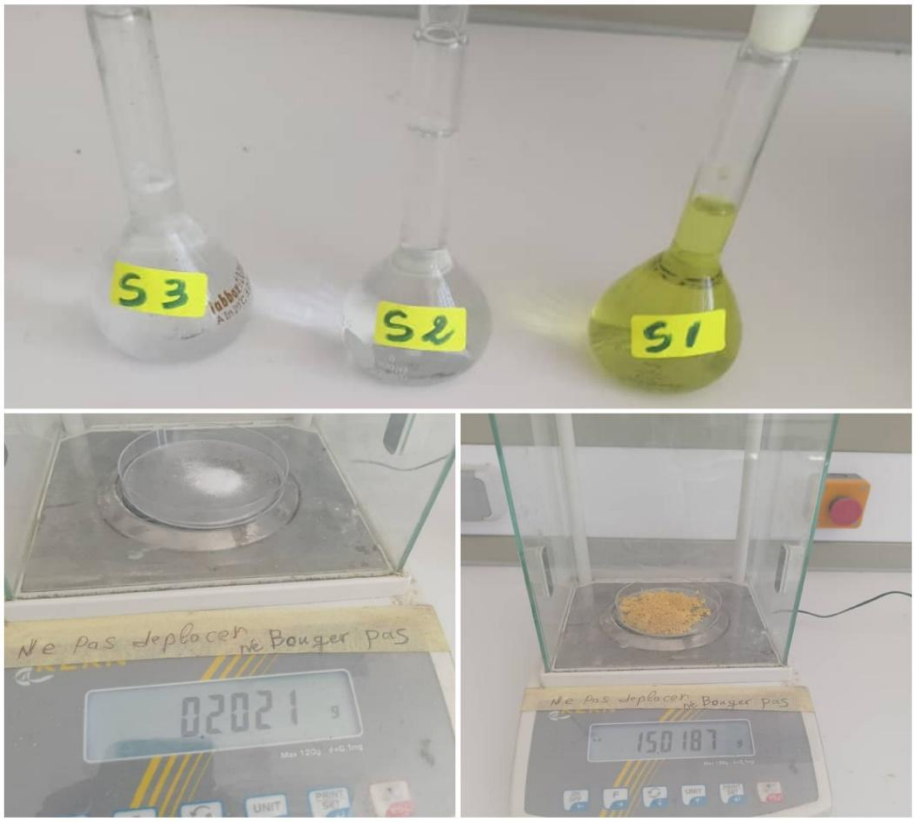


Figure 17. Préparation des solutions (Originale)

3.4.4.5. Procédure

Peser avec précision environ 5 g d'échantillon dans un bécher de 50 ml. Dissoudre l'échantillon dans environ 25 ml d'eau et transférer quantitativement dans une fiole jaugée de 50 ml. Ajouter 0,5 ml de solution 1 et mélanger. Ajouter 0,5 ml de solution de Solution 2,

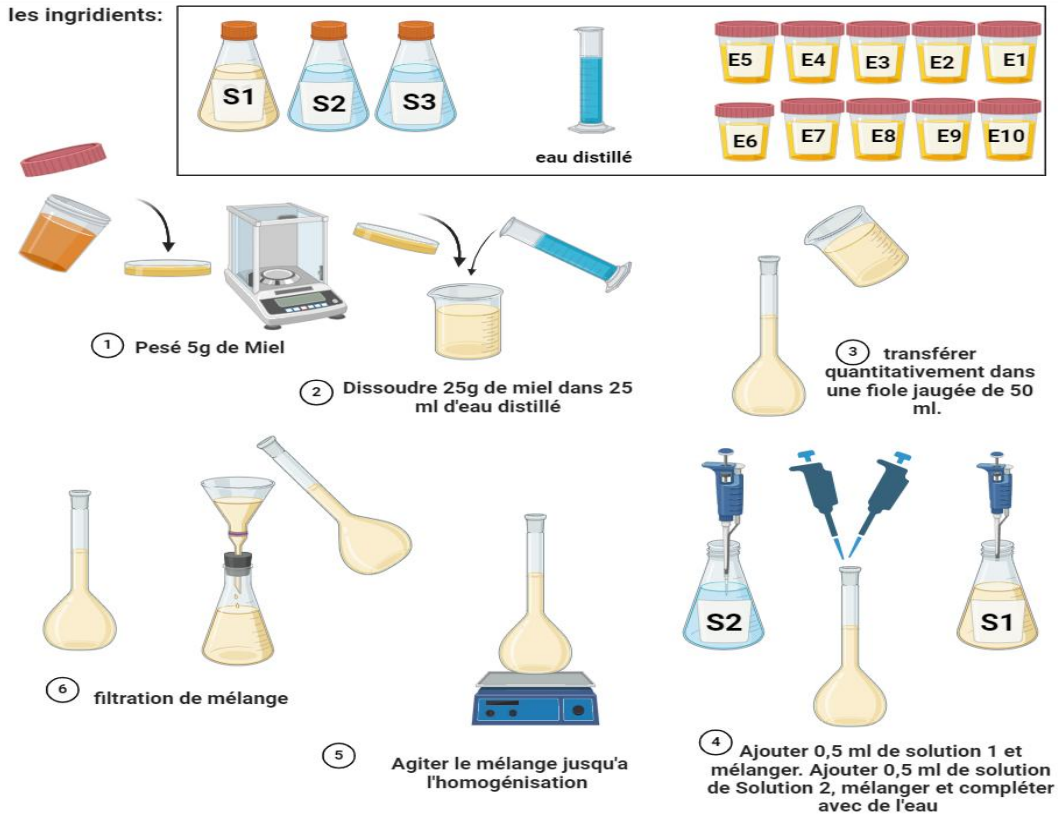
mélanger et compléter avec de l'eau (une goutte d'éthanol peut être ajoutée pour supprimer la mousse). Filtrer sur papier en rejetant les premiers 10 ml du filtrat. Introduire à la pipette 5,0 ml dans chacun des deux tubes à essai (18 mm x 150 mm). Ajouter 5,0 ml d'eau dans l'un des tubes à essai et bien mélanger (la solution de l'échantillon). Ajouter 5,0 ml de solution 3 de bisulfite de sodium à 0,2 % dans le second tube à essai et bien mélanger (la solution de référence) (Akhal, 2022).

La dilution des solutions d'échantillon et de référence est effectuée comme suit :

Tableau 4. Les dilutions des échantillons du miel

Additions au tube à essai	Solution d'échantillon	Solution de référence
Solution initiale de miel	**5.0 mL**	**5.0 mL**
Eau	**5.0 mL**	**-**
Solution de bisulfite de sodium à 0,2 %	**-**	**5,0 ml**

Déterminer l'absorbance de la solution d'échantillon par rapport à la solution de référence à 284 nm et 336 nm dans un tube de quartz de 1 cm dans un délai d'une heure.



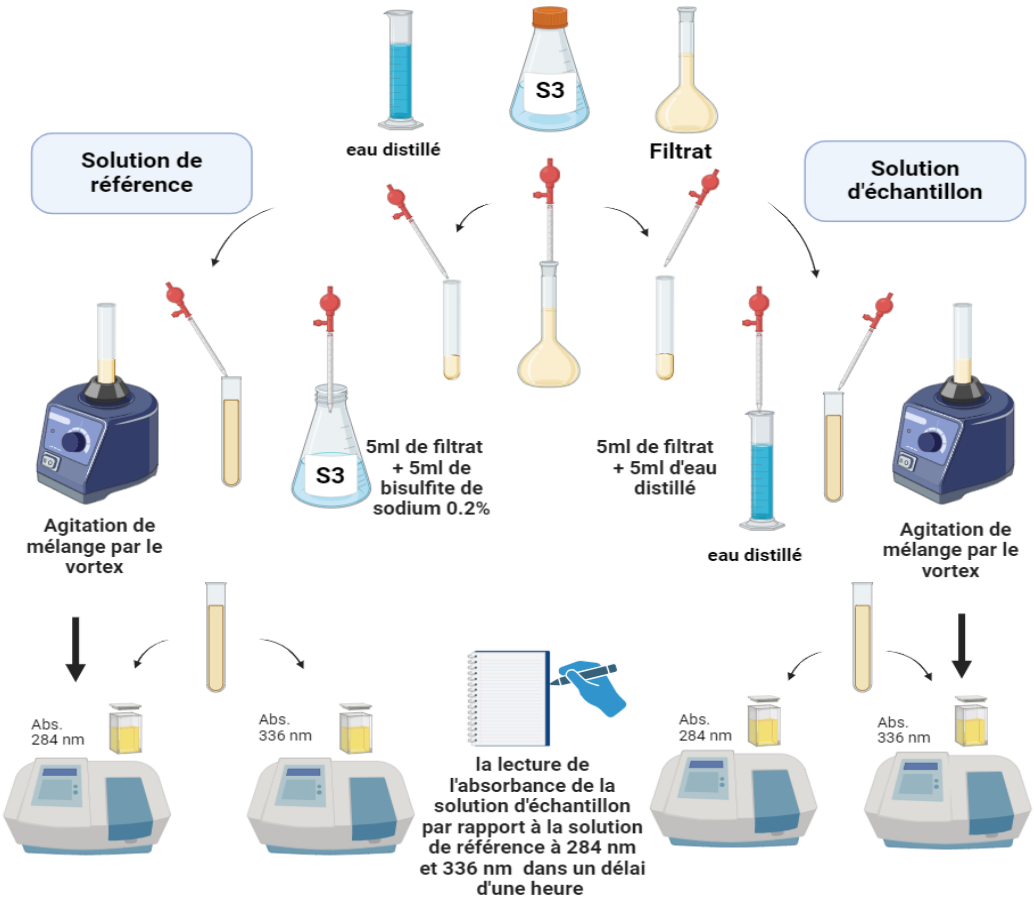


Figure 18. Les étapes de dosage d'HMF Biorender Originale

Figure 19. La lecture des résultats à 284 nm par UV visible (Photo Originale)

Figure 20. La lecture des résultats à 336 nm aprés 1 heures par UV visible (Photo Originale)

3.4.4.6. Calcul et expression des résultats

La teneur en HMF, exprimée en mg/kg, de l'échantillon est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$HMF = \frac{(A_{284} - A_{336}) * 149.7 * 5}{W}$$

- **A284** est l'absorbance à **284 nm** ;
- **A336** est l'absorbance à **336 nm** ;
- **149,7 est le facteur** $= \frac{126 \text{ x } 1000 \text{ x } 1000}{16830 \text{ X} 10 \text{ X} 5}$
- **126** est le poids moléculaire du **HMF** ;
- **16830** est l'absorptivité molaire du **HMF** à λ = 284 nm ;
- **1000** est la conversion de g en mg ;
- **10** est la conversion de 5 en 50 ml ;
- **1000** est la conversion de g de miel en kg ;
- **5** est le poids nominal théorique de l'échantillon ;
- **W** est le poids du miel prélevé.

Les résultats sont exprimés en mg/kg, avec une décimale (Akhal, 2022).

3.5. Spectroscopie infrarouge ATR IR

La spectroscopie infrarouge ATR IR a été réalisée au niveau de la faculté des sciences et de la technologie de Tissemsilt par M. CHAKER Yacine. Les spectres ATR-FTIR ont été enregistrés dans une gamme comprise entre 650-4000 cm-1 à l'aide d'un Spectromètre FT-IR Cary 630 FTIR. Un accessoire ATR équipé d'un cristal de diamant a été utilisé pour l'échantillonnage. 0,5 à 1 ml de chaque type de miel a été placé sur la surface du cristal ATR en diamant. Les données spectrales ont été traitées avec le logiciel origine 8.5.

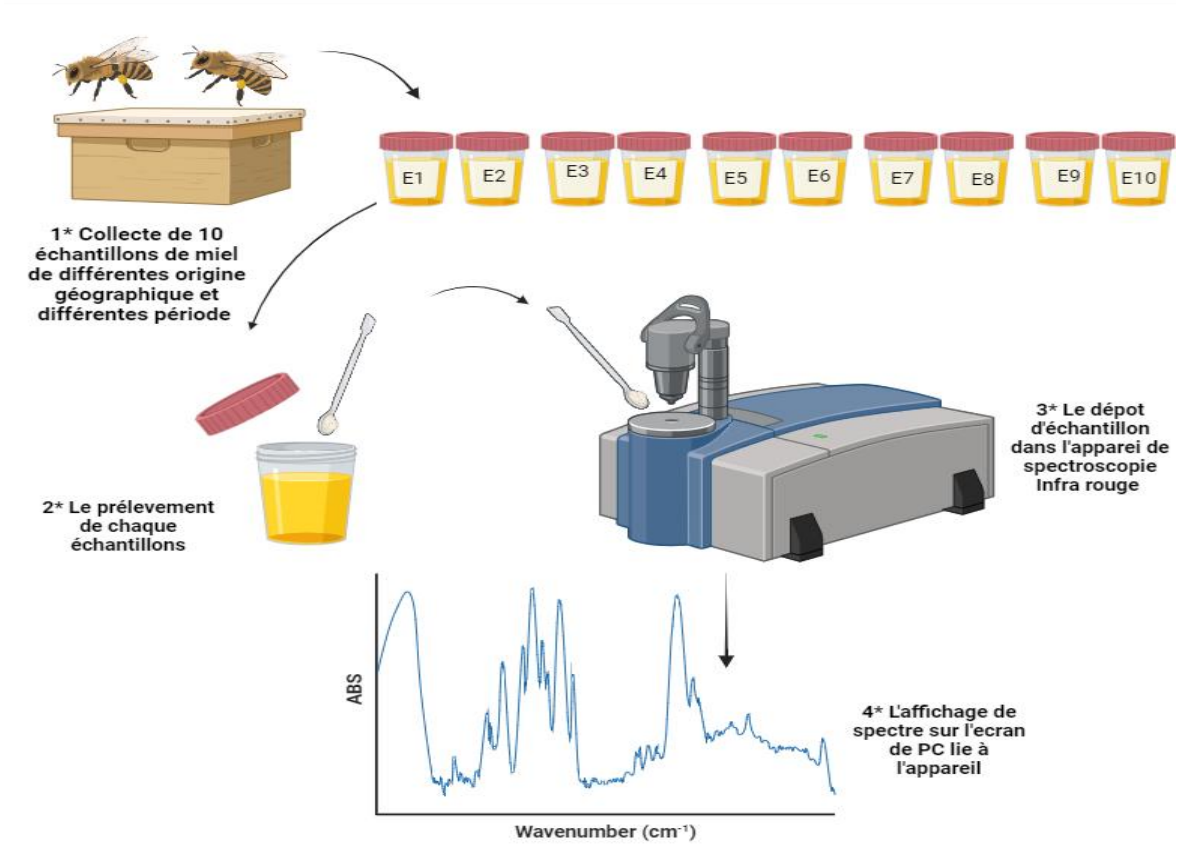


Figure 21. Protocole de la réalisation de la spectroscopie infrarouge ATR IR réalisé par Biorender originale

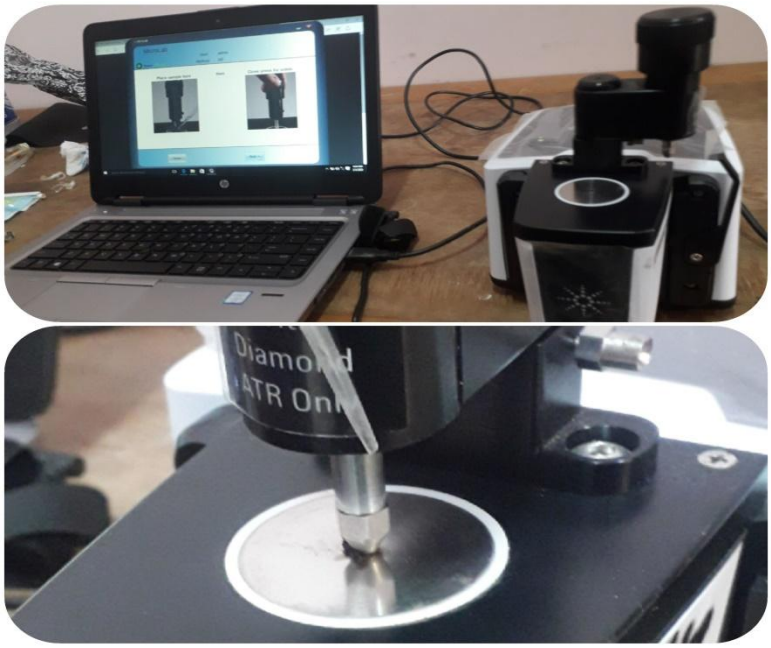


Figure 22.La réalisation de spectroscopie infrarouge par Spectromètre FT-IR Cary 630 FTIR (Photo Originale)

3.6. Analyses statistiques

Les résultats obtenus sont traités par des analyses statistiques basées sur:

-Test de Wilcoxon pour la comparaison des moyennes.

-L'emploi de modèle linéaire généralisé (GLM) pour la comparaison des moyennes et regroupement des groupe homogène par le test de DUNCAN WALLER

-Matrice de corrélation.

-Analyse multi-variance. Nous avons utilisé le logiciel de SAS version 9.

Chapitre 04 :

Résultats et Discussions

4.1. Résultats et discussion des analyses physico-chimiques

1. PH

Le pH est un critère de qualité et qui figure dans les normes internationales .Les valeurs des pH des échantillons de miel obtenues sont regroupées dans le tableau et représentées par la figure 13.

Tableau 5. La valeur de PH de chaque échantillon de miel

Échantillons	PH m±SD
E1	**4.72±0.055**
E2	**4.28±0.055**
E3	**4.54±0.04**
E4	**5.06±0.05**
E5	**4.55±0.032**
E6	**5.08±0.025**
E7	**4.77±0.07**
E8	**5.70±0.03**
E9	**5.08±0.02**
E10	**4.82±0.015**

L'examen des résultats montre que le PH varie entre 4.28 et 5.7 pour l'ensemble des échantillons. L'analyse de test non paramétrique de Wilcoxon pour la comparaison des moyennes de PH à relever une différence très hautement significatif ($p<0.0011$; Ch2=27.58; ddl=9) avec une valeur de $r^2=0.98$ pour les différentes échantillons analysées. Les mêmes résultats ont été trouvés par l'emploi d'un modèle linéaire généralisé (GLM). Aucune déférence significative n'a été trouvé entre les répétitions ($p=0.0519$; $F=3.5$; ddl=2). Une différence très hautement significative entre les valeurs de PH de différentes échantillons ($p=0.0001$, $F=319.93$, ddl=9) . Le groupement des groupes homogène, par le test de Duncan Waller, donne 6 groupes distinctifs et un seul group intermédiaire. Le groupe a contient E8, le groupe b est représenté par les échantillons E9, E6 et E4, le groupe c contient le E10. Le groupe d regroupe E1. Le groupe intermédiaire dc contient E7 et cela veut dire que les échantillons de même groupe ont une valeur de PH pareil statistiquement (figure 23).

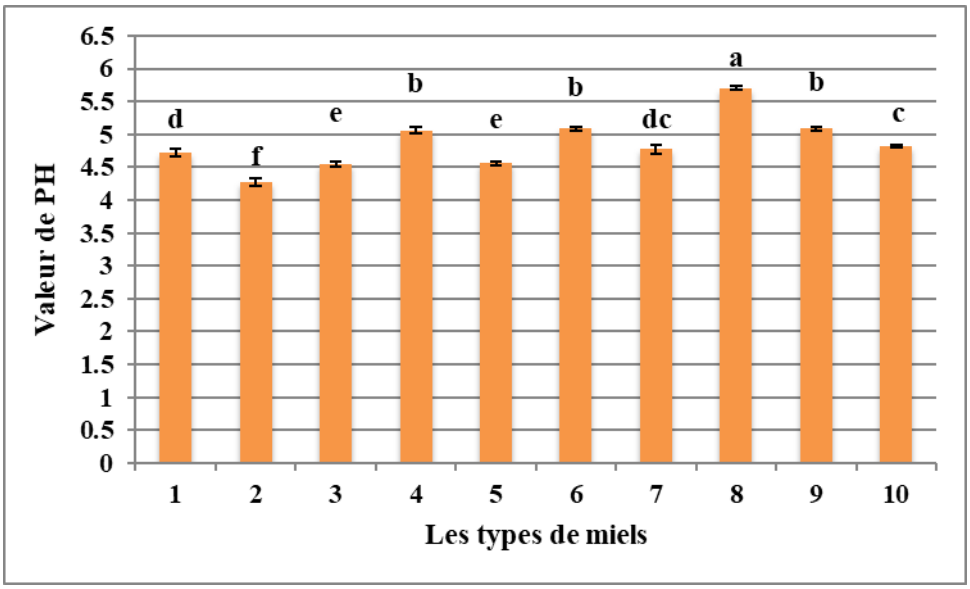


Figure 23. Les valeurs de pH de chaque échantillon avec groupement de Duncan Waller

D'après de CODEX (journal officiel de la république française, 2001), AOAC, 2019 et 2020, les miels de nectar avec un léger mélange en miellat ont un pH compris entre 3,5 et 4,5 (Sauf le miel de châtaigner qui a un pH élevé à 5,4) c'est le cas de de la majorité de nos échantillons par contre ceux de miellat sont compris entre 5 et 5,5 (GONNET, 1987). Les valeurs obtenues dans cette étude peuvent dépendre aussi de l'âge et la fraicheur du miel comme rapporté par Lequet (2010). Des valeurs similaires ont été retrouvées par d'autres auteurs pour les miels Algériens (3,72 - 4,85), Iraniens (4,1 - 5,5), Marocains (3,52 - 5,13), Malaisiens (3,22 - 4,03). La fermentation du sucre en acides organiques peut également augmenter l'acidité (Evahelda et al, 2021). La fermentation se produit naturellement au cours du stockage en raison de l'augmentation inhérente de la teneur en eau du miel. Le miel contient des composants organiques qui réduisent considérablement les concentrations de sucre, comme le fructose, le glucose, le maltose et le saccharose, ce qui le rend idéal pour la croissance des levures osmophiles. La teneur en eau plus élevée du miel (>17,1 %) et la température de stockage comprise entre 23 et 27◦C pourraient favoriser le développement des levures et la fermentation (de Almeida-Muradian et al, 2014). Ces conditions favorisent la capacité des levures' à convertir les sucres glucose et fructose en alcool éthylique et en dioxyde de carbone. En conséquence, l'alcool se transforme en acide acétique et en eau en présence d'oxygène, ce qui donne un goût aigre (Ismail et al, 2021). Le pH acide du miel contribue à ses qualités antibactériennes en empêchant l'existence et la prolifération de microbes nocifs (Lee et al, 2008; da Silva et al, 2013). C'est également le secret de la durée de conservation du miel en raison de sa stabilité contre la détérioration microbienne (Ismail et al,

2021), et cela permet au miel d'être compatible avec de nombreux produits alimentaires en termes de pH et d'acidité

2. Taux d'humidité

Le taux d'humidité nous renseigne sur les variations de teneur en eau de chaque échantillon de miel collecté. Les résultats obtenus figurent dans le tableau 6 et représentés par la figure 24.

Tableau 6. Le taux d'Humidité de chaque échantillon de miel

Échantillons	Humidité% m±SD
E1	**14.6±0.52**
E2	**15.6±0.53**
E3	**16.4±0.52**
E4	**14.53±0.50**
E5	**12.6±0.51**
E6	**15.56±0.51**
E7	**16.56±0.50**
E8	**14.56±0.51**
E9	**14.26±0.64**
E10	**13.16±0.76**

L'examen des résultats montre que la teneur en eau varie entre 12,60% et 16,56% pour l'ensemble des échantillons. L'analyse de test non paramétrique de Wilcoxon pour la comparaison des Moyennes de taux d'humidité à relever une différence très hautement significatif ($p<0.0027$; $Ch2=25.23$; ddl=9) avec une valeur de $r^2=0.98$ pour les différentes échantillons analysées. Les mêmes résultats ont été trouvés par l'emploi d'un modèle linéaire généralisé (GLM). Aucune déférence significative n'a été trouvé entre les répétitions ($p=0.8139$; $F=0.44$; ddl=2). Une différence très hautement significative entre les taux d'humidité de différentes échantillons ($p=0.0001$, $F=36.39$, ddl=9) . Le groupement des groupes homogène, par le test de Duncan Waller, donne 4 groupes distinctifs. Le groupe a contient E3 et E7, le groupe b est représenté par les échantillons E2 et E6, le groupe c contient

le E1, E8, E4 et le E9. Le groupe d regroupe E5 et E10.et cela veut dire que les échantillons de même groupe ont un taux d'humidité pareil statistiquement.

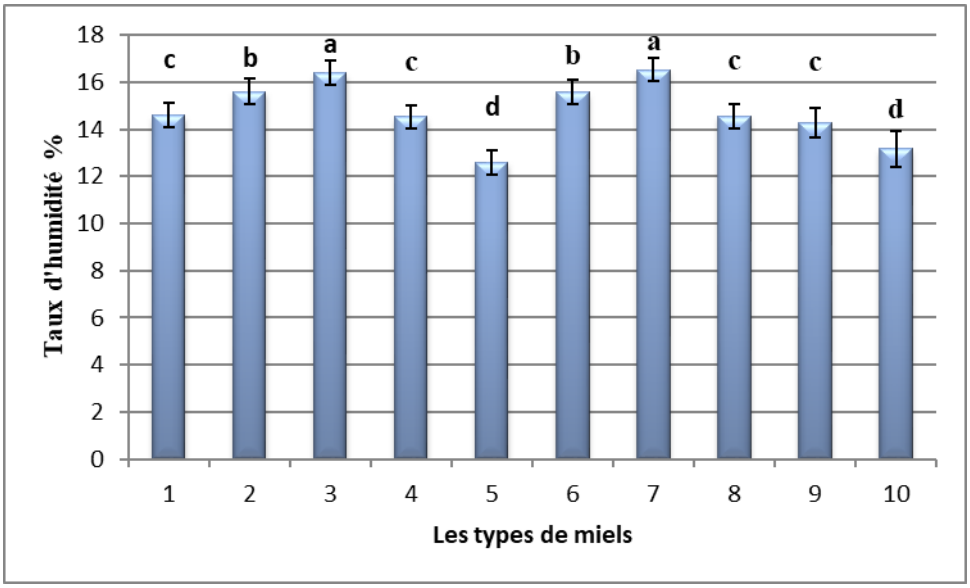


Figure 24. Le taux d'Humidité de chaque échantillon de miel avec groupement de Duncan Waller

Tous les résultats cadrent les normes proposées par le CODEX (≤21%) les données obtenues sont présentées dans la figure 24 Un taux d'humidité élevé peut entraîner la fermentation du miel pendant le stockage cette réaction est due à l'action des levures osmotolérantes conduisant à la formation de l'alcool éthylique et le dioxyde de carbone. L'alcool peut être ensuite oxydé en acide acétique et de l'eau résultant en un goût amer (Chirife et al, 2006).Les risques de fermentation d'un miel sont très élevés dans le cas ou sa teneur en eau est supérieure à 19%, la fermentation devient rare dans les miels Ayant une teneur en eau inférieur à 19% c'est le cas de tous nos échantillons. Au-dessous de 17% la fermentation n'intervient pas a cette faible valeur d'humidité. Selon (Thrasyvoulou et Tananaki, 2018) la cristallisation des miels est directement liée à quelques paramètres sensibles tels que la teneur en eau. Les miels avec une teneur en eau de 15 à 18% on une bonne cristallisation et c'est le cas des échantillons E7, E3, E2 et E6 par contre le E1, E8, E4, E9, E10 et E5 porte des valeurs inférieur à 15. La teneur en eau obtenue des échantillons étudiés est trouvée dans l'intervalle de 12,6 à 16,53% ces résultats sont similaires a des résultats obtenus par des études précédentes sur des miels Algériens tel que les recherches de (Chettoum et al, 2023 ; Diafat et al, 2023; Derrar et al, 2024). La teneur en eau du miel est essentielle pour inhiber ou limiter la croissance microbienne. C'est un facteur essentiel qui influe sur la stabilité du miel et sur la

réaction microbienne et le type de microorganismes présents dans le miel (Ikhsan et al, 2022). Par conséquent, le miel de pot se détériore plus rapidement que le miel d'apis (Nordin et al, 2018). L'augmentation de la teneur en eau fournit un environnement idéal pour la croissance de nombreuses bactéries associées aux abeilles Meliponini. Des bacilles des genres Bacillus et Streptomyces ont été découverts dans des échantillons de miel de pot (Ngalimat et al, 2019). On pense que ces bactéries contribuent à prévenir l'altération du miel en supprimant la croissance des germes pathogènes. L'interaction complexe entre la teneur en eau du miel et l'activité microbienne souligne l'importance de maintenir des niveaux d'humidité optimaux pour la conservation du miel, car les écarts peuvent soit améliorer, soit compromettre sa durée de conservation et sa qualité

3. Taux de sucre

La mesure de la teneur en sucre est très importante pour connaître la qualité de nos miels étudiés. L'ensemble des résultats obtenus est regroupé dans le tableau 7 et représenté par la figure 25.

Tableau 7. Le taux de sucre de chaque échantillon de miel

Échantillons	Teneur en sucre m±SD
E1	**85,4± 0.52**
E2	**84,4±0.53**
E3	**83,6±0.52**
E4	**85,46±0.50**
E5	**87,4±0.52**
E6	**84,43±0.51**
E7	**83,46±0.50**
E8	**85,43±0.51**
E9	**85,73±0.64**
E10	**86,83±0.76**

L'examen des résultats montre que la teneur en sucre varie entre 83,60% et 87.40% pour l'ensemble des échantillons. L'analyse de test non paramétrique de Wilcoxon pour la comparaisons des Moyennes de taux de sucre à relever une différences très hautement significatif ($p<0.0027$; $Ch2=25.23$;ddl=9) avec une valeur de $r^2=0.98$ pour les différentes échantillons analysées. Les mêmes résultats ont été trouvés par l'emploi d'un modèle linéaire

généralisé (GLM). Aucune déférence significative n'a été trouvé entre les répétitions (p=0.8139 ; F=0.44 ; ddl=2). Une différence très hautement significative entre les taux d'humidité de différentes échantillons (p=0.0001, F=36.39, ddl=9) . Le groupement des groupes homogène, par le test de Duncan Waller, donne 4 groupes distinctifs. Le groupe a contient E3 et E7, le groupe b est représenté par les échantillons E2 et E6, le groupe c contient le E1, E8, E4 et le E9. Le groupe d regroupe E5 et E10.et cela veut dire que les échantillons de même groupe ont un taux d'humidité pareil statistiquement.

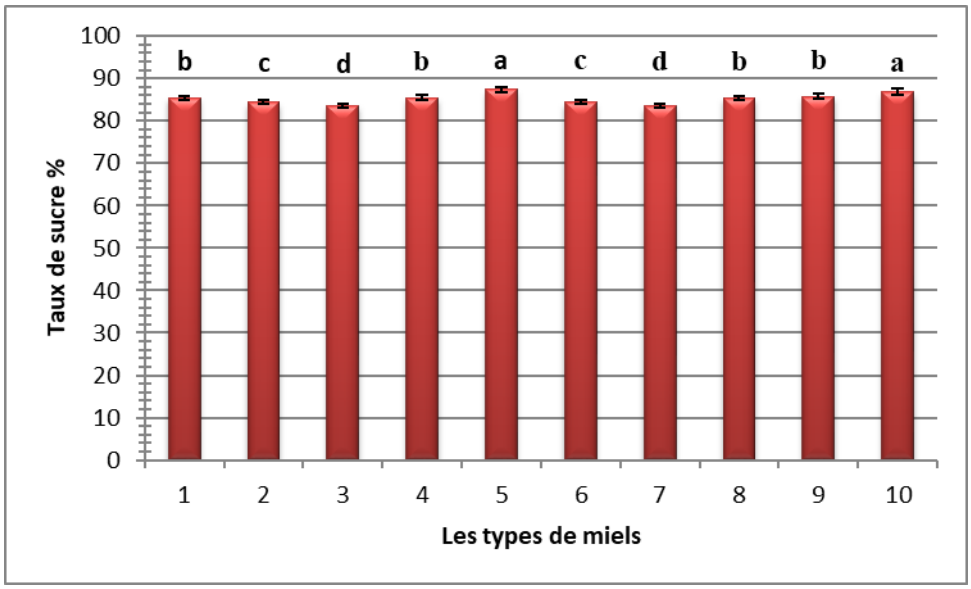


Figure 25. Les taux de sucre des échantillons de miel avec groupement de Duncan Waller

La variation de la concentration en sucre dans le miel est influencée par un certain nombre de variables, telles que l'origine botanique du miel, le climat et la situation géographique. (Pascual-Mate et al, 2018). Par rapport au miel obtenu pendant la saison sèche, le miel extrait pendant les mois pluvieux présente généralement une quantité de sucres réducteurs. Les niveaux de sucre diminuent en raison de l'augmentation de la teneur en eau provoquée par l'humidité élevée pendant la saison des pluies (Singh et Singh, 2018).La durée de stockage est un autre élément important qui peut avoir un impact sur la diminution de la teneur en sucre du miel. Des quantités plus élevées de sucres réducteurs et une réduction de l'acidité ont été associées à des durées de stockage plus longues (Karnia et al, 2020). Il est intéressant d'observer comment différents facteurs, tels que les conditions environnementales et la durée de stockage, jouent un rôle important dans la composition du miel d'abeille, affectant à la fois ses caractéristiques gustatives et nutritionnelles (Gadge et al, 2024).

4. HMF

La mesure de la teneur en HMF est très importante pour connaître la qualité de nos miels étudiés et ce critère est retenu par Codex *Alimentarius.* L'ensemble des résultats obtenus est regroupé dans le tableau 8 et représenté par la figure 26.

Tableau 8. Le taux d'HMF de chaque échantillon de miel

Échantillons	HMF m±SD
E1	**38,50±0.26**
E2	**36,48±0.65**
E3	**39,68±0.39**
E4	**31,29±1.53**
E5	**36,21±0.73**
E6	**26,70±0.46**
E7	**34,99±0.47**
E8	**27,24±0.42**
E9	**38,65±0.48**
E10	**39,79±0.54**

L'examen des résultats montre que les HMF varient entre 26.7-39.79 mg/kg pour les échantillons.

L'analyse de test non paramétrique de Wilcoxon pour la comparaison des valeur de HMF à relever une différence très hautement significatif ($p<0.0010$; Ch2=27.93; ddl=9) avec une valeur de $r^2=0.98$ pour les différentes échantillons analysées. Les mêmes résultats ont été trouvés par l'emploi d'un modèle linéaire généralisé (GLM). Aucune déférence significative n'a été trouvé entre les répétitions ($p=0.9996$; $F=0.00$; ddl=2). Une différence très hautement significative entre les taux d'HMF de différentes échantillons ($p=0.0001$, $F=137.65$, ddl=9) . Le groupement des groupes homogène, par le test de Duncan Waller, donne 5 groupes distinctifs et un seul group intermédiaire. (Figure 26).

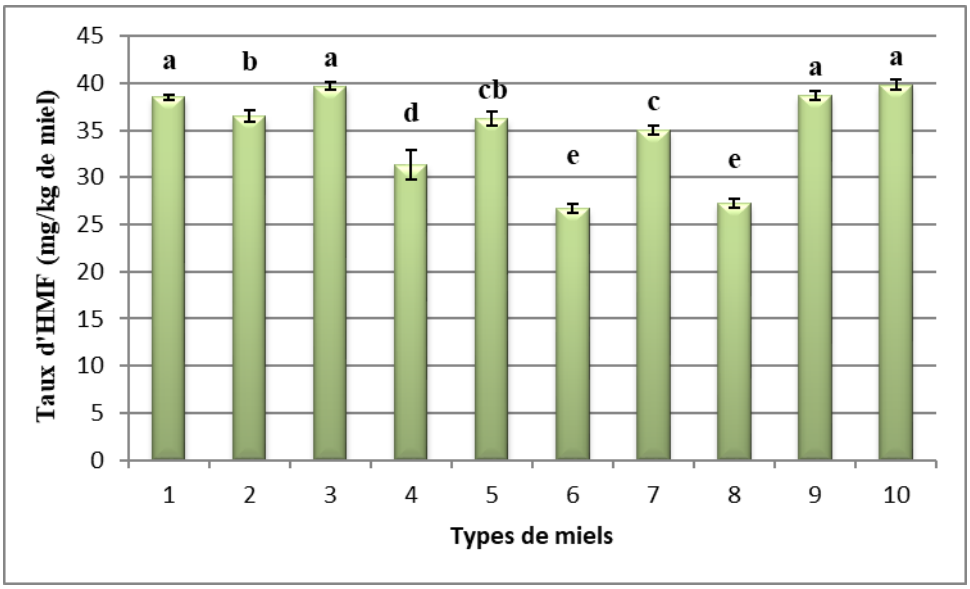


Figure 26. Le taux d'HMF des échantillons de miel avec groupment de Duncan Waller

Le HMF, molécule organique hétérocyclique à six atomes de carbone et groupes fonctionnels d'aldéhyde et d'alcool, est utilisé pour évaluer la fraîcheur et le vieillissement du miel (Crane, 1983). Il s'agit d'un produit intermédiaire important qui résulte de deux réactions : la réaction de Maillard et la décomposition de la 3- désoxyglucosone (Salis et al, 2021). Le HMF est normalement absent du miel frais, mais sa teneur augmente au cours du traitement et du vieillissement (Ismail et al, 2021). Des conditions de stockage défavorables, des températures plus élevées, des processus de chauffage plus longs, des niveaux de pH et des sources florales peuvent tous modifier la concentration de HMF dans le miel (Ismail et al, 2021). Selon la Commission du Codex Alimentarius (Codex Alimentarius, 2019), le miel provenant de pays ou de régions connaissant des températures ambiantes tropicales, ainsi que les mélanges comprenant ce type de miel, ne doivent pas dépasser la valeur de 80 mg/kg de miel pour le HMF. La surveillance et le contrôle des teneurs en HMF dans le miel sont essentiels non seulement pour assurer la qualité, mais aussi pour garantir la conformité avec les normes et réglementations internationales. La limite spécifiée sert de référence pour éviter la formation excessive de HMF, qui pourrait être le signe d'un traitement ou d'un stockage inadéquat ou de conditions environnementales défavorables. Le respect de ces normes contribue à la qualité et à la sécurité globale des produits du miel sur le marché mondial, ce qui permet aux consommateurs d'avoir confiance dans la fraîcheur et l'authenticité du miel qu'ils consomment.

5. Relation entre PH et taux d'HMF

Tableau 9. Matrice de corrélation des paramètres étudies

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 10
Prob > |r| under H0: Rho=0

	TS	TH	PH	HMF
TS	1.00000	-1.00000 <.0001	0.12426 0.7323	0.14254 0.6945
TH	-1.00000 <.0001	1.00000	-0.12426 0.7323	-0.14254 0.6945
PH	0.12426 0.7323	-0.12426 0.7323	1.00000	-0.67078 0.0337
HMF	0.14254 0.6945	-0.14254 0.6945	-0.67078 0.0337	1.00000

Le calcul des coefficients de corrélation linéaire entre les variables prise deux à deux ont été réalisé grâce au logiciel SAS9. Il consiste à étudier netteté des relations existantes entre les 4 paramètres physico-chimiques.

L'étude de la matrice de corrélation montre que :

- L'humidité est significativement corrélé avec le taux de sucre, la valeur de cette corrélation est r=0,0001.
- L'HMF est significativement corrélé avec le PH, la valeur de cette corrélation est r= 0.6945
- Une corrélation négative entre ph et HMF (p=0,0337) avec une valeur de coefficient de r= -0,0542.

- Équation de la droite de régression de HMF en fonction de pH est comme suit:

  pH= - 0,0542 HMF+ 6,7598

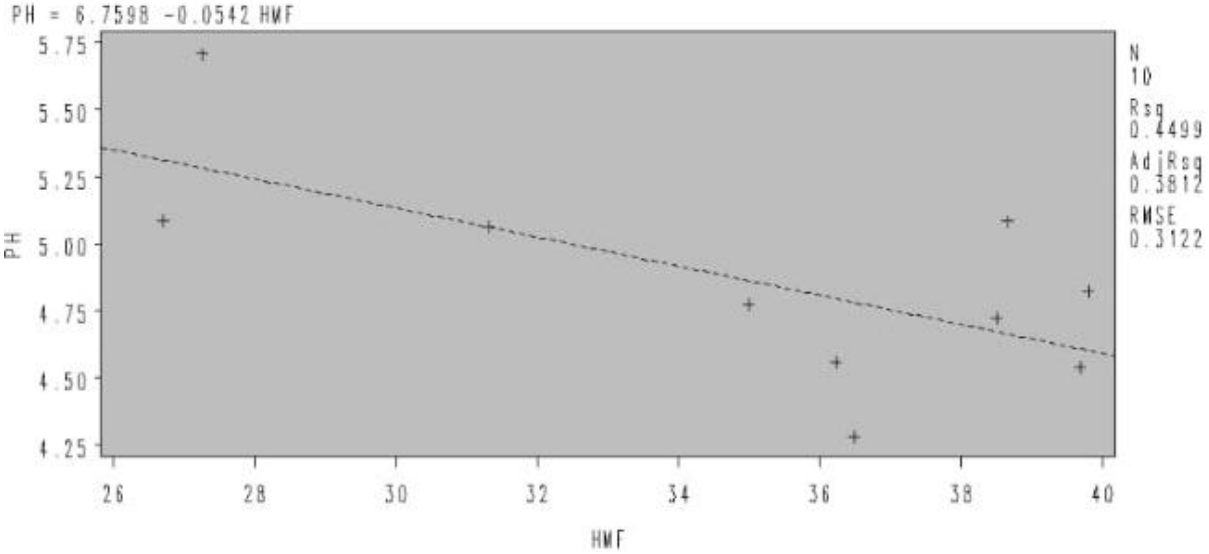


Figure 27. La droite de régression de HMF en fonction de PH

6. Spectroscopie infrarouge ATR IR

Dans la présente étude, la spectroscopie ATR-FTIR a été utilisée pour comparer les échantillons de miel sur la base de leurs différences spectrales dans la région spectrale 4000-650 cm1. Un spectre ATR-FTIR représentatif du miel est présenté à la figure 28. Le tableau 10 présente l'affectation des bandes ainsi que les modes de vibration correspondants dans le spectre ATR-FTIR du miel. Sur la base de la littérature (GallardoVelázquez, Osorio-Revilla, Loa, et Rivera-Espinoza, 2009 ; Kelly, Downey, et Fouratier, 2004 ; Movasaghi, Rehman, et Rehman, 2008 ; Sivakesava et Irudayaraj, 2001 ; Subari et al, 2012 ; Tewari et Irudayaraj, 2004, 2005). La figure 29 montre les spectres infrarouges comparatifs des 10 échantillons dans la région des 4000-650 cm1. Dans cette figure, les différences spectrales entre les groupes sont clairement visibles.

Tableau 10. Affectation générale des bandes du spectre ATR-FTIR du miel. Les références correspondantes sont indiquées entre parenthèses.

Régions	Type de liaison	Références
Region 1 650–940 cm1	Région anomérique des hydrates de carbone	(Mathlouthi & Koenig, 1986; Subari et al., 2012)
	C–H la flexion (principalement à partir des hydrates de carbone)	(Gallardo-Velázquez et al., 2009; Kelly et al., 2004; Tewari & Irudayaraj, 2004)
	Vibrations annulaires (provenant principalement des hydrates de carbone)	(Tewari & Irudayaraj, 2004)
Region 2 940–1175 cm1	C–O et C–C étirement (hydrates de carbone)	(Subari et al., 2012; Tewari & Irudayaraj, 2005)
	Vibrations annulaires (provenant principalement des hydrates de carbone)	(Gallardo-Velázquez et al., 2009; Tewari & Irudayaraj, 2004)
Region 3 1175–1540 cm1	O–H étirement/flexion	(Gallardo-Velázquez et al., 2009; Tewari & Irudayaraj, 2004)
	C–O étirement (hydrates de carbone)	(Tewari & Irudayaraj, 2004)
	C–H étirement (hydrates de carbone)	(Tewari & Irudayaraj, 2005)
	C= O étirement des cétones	(Tewari & Irudayaraj, 2004)
Region 4 1600–1700 cm1	O–H étirement/flexion (eau)	(Cai & Singh, 2004; Stuart, 1997)
	C=O l'étirement (principalement à partir des hydrates de carbone)	(Gallardo-Velázquez et al., 2009)
	N–H flexion de l'amide I (principalement les protéines)	(Philip, 2009)
Region 5 2800–4000 cm1	C–H étirement (hydrates de carbone)	(Gallardo-Velázquez et al., 2009)
	O–H étirement (acides carboxyliques)	(Movasaghi et al., 2008)
	NH3 étirement (acides aminés libres)	(Gallardo-Velázquez et al., 2009; Sivakesava & Irudayaraj, 2001)

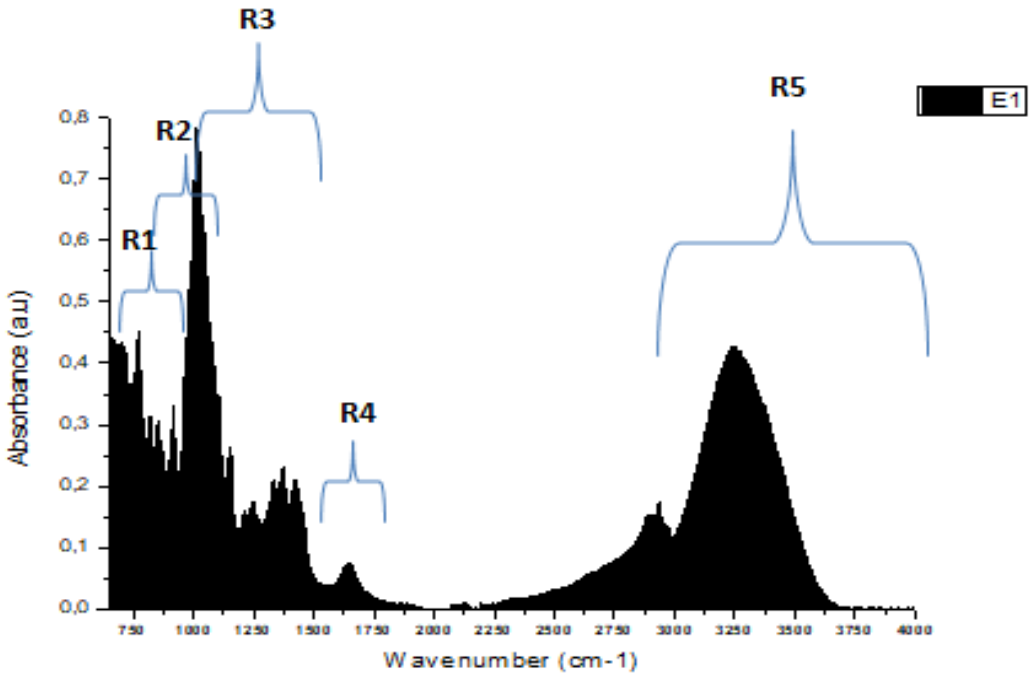


Figure 28. Spectre ATR-FTIR représentatif du miel dans la région spectrale 4000-650 cm1.

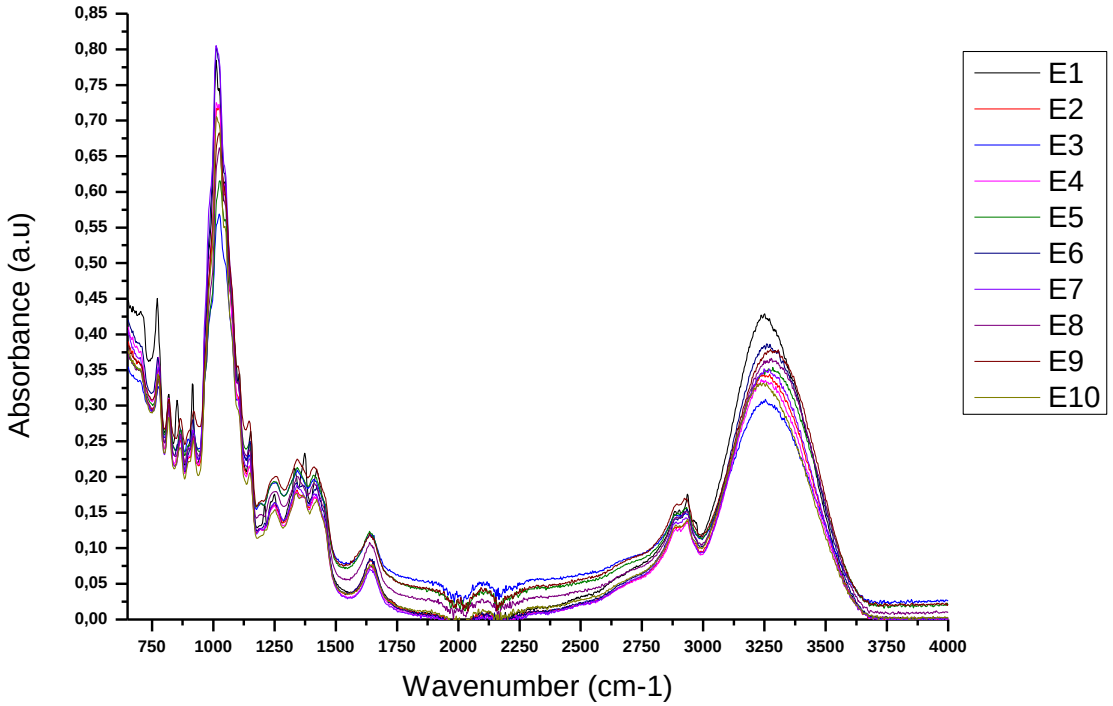


Figure 29. Spectres ATR-FTR comparatifs de tous les échantillons dans la région spectrale 4000-650 cm-1.

La meilleure différenciation obtenue est dans la région 1800-750 cm1. Cette région comprend la région anomérique à 950-750 cm1 qui a souvent été préférée pour l'analyse spectrale des hydrates de carbone en spectroscopie IR. L'analyse dans cette gamme permet de distinguer les bandes caractéristiques des conformateurs a et b ou des vibrations des anneaux pyranoïdes et furanoïdes des mono et polysaccharides (Mathlouthi & Koenig, 1986). Outre les conformères alpha et bêta, la région de l'empreinte digitale (1800-750 cm-1) contient d'autres contributions provenant de différentes molécules. L'eau (autour de 1640 cm-1) et une quantité infime de molécules de protéines produisent des bandes dans la région indiquée. Les différences entre les échantillons de miel peuvent également être liées non seulement à la teneur en eau des différents miels, mais aussi à l'interaction entre les molécules d'eau et les hydrates de carbone, en fonction de leur structure. L'attribution précise des bandes dans cette région ne peut être affirmée sans équivoque. Cependant, la région de l'empreinte digitale fournit un spectre unique pour chaque composé où la position et l'intensité des bandes sont spécifiques à chaque polysaccharide (Filippov, 1992 ; Li-Chan et al, 2010). Les résultats de la présente étude montrent qu'il existe de nombreuses variations considérables dans les paramètres spectraux des échantillons de miel provenant de différentes origines botaniques et géographiques.

Conclusion et perspectives

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité physico-chimique et botanique des miels produits et collectés dans neufs wilayas (Tlemcen, Mostaganem, Deux régions différentes, Blida, Alger, Msila, Djelfa, Relizene, Chlef, Laghouat) en Algérie. Des différentes analyses sont effectuées**,** nous ont permis donc d'avoir des résultats très intéressants et exploitables dans le domaine agro-alimentaire et la santé.

L'étude physico-chimique a montré que: La détermination de la teneur en eau dans les échantillons de miel étudiés est importante pour la qualité du miel. Elle nous a permis de connaître les conditions de stockage, la fermentation de miel le climat et les conditions d'extraction de miel. Les résultats obtenus montrent que tous les échantillons de miel étudiés contiennent un taux d'humidité inférieur à 17%. La fermentation devient rare dans les miels Ayant une teneur en eau inférieur à **19%** c'est le cas de tous nos échantillons.

La mesure du pH pour tous les échantillons de miel étudiés sont aussi importants pour connaître le type de miel .Les résultats du pH révèlent que les tous les échantillons présentent un pH inférieur à 6 .Les valeurs de pH de miel diffèrent selon la durée de stockage, période de récolte, taux d'humidité (un miel ayant une humidité élevé favorisent la fermentation qui résulte une production d'acide) et le type de nectar (par exemple le miel de nectar de trèfle est plus acide que les autres miels.).

Les critères de qualité tels que l'hydroxyméthylfurfural (HMF) la teneur en sucre sont utilisés pour apprécier les détériorations dues au stockage inconditionné et à la chaleur. Les résultats obtenus montrent que la plus part de nos miels sont des miels consommables. On enregistre aussi que la plus part des échantillons présentent des taux en HMF élevés dans la majorité des échantillons mais ne dépasse pas l'énormes.

Les spectres de la spectroscopie ATR-FTIR de nos échantillons montre une différence spectrale dans l'ensemble des régions spectrale et cela veut dire qu'il existe une variation dans la composition de nous échantillons provenant de différentes origines géographiques et botaniques.

Les différents paramètres étudiés montrent que les échantillons de miel collectés chez les différents apiculteurs sont de bonnes qualités par rapport aux normes internationales. Toutes fois, la qualité du miel est affectée par différents facteurs dont dépend la qualité: L'origine botanique et géographique, les conditions et la durée de stockage et de transport, la nourriture de l'abeille et la richesse botanique de la région.

Conclusion et perspectives

En Algérie, il n'y a pas encore une législation sur le miel et son étiquetage et la date de péremption, comme il en existe dans d'autre pays du monde. Cette loi pourrait contribuer à protéger les consommateurs, les futurs clients internationaux du "Miel d'Algérie" et les apiculteurs contre la concurrence déloyale.

En perspective, il convient de poursuivre cette étude par :

- La réalisation des mesures de conservation et de stockage.
- - Créer une réglementation (législation) Limités l'utilisation et la consommation du miel par une date d'altération péremption pour pouvoir commercialiser ces miels qui sont de bonnes qualités et préservées la santé public.

Listes des références

- Agournaz S, Atrouz Z. Evaluation de la bio activité des miels in vitro [Mémoire]. Alger : Université d'Alger ; 2018

- Akhal, Y., Belkacem, K., & Bouhadjer, Z. (2022). *Analyses physicochimiques et activité antioxydante et atimicrobienne de quelques miels de la wilaya de Tizi-Ouzou* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

- Amiot M J., Aubert S., Gonnet M., Tacchini M. (1989). Les composés phénoliques des miels : étude préliminaire sur l'id entification et la quantification par familles. Apidologie, 20, (2), pp : 115- 125.

- Amirat A., 2014. Contribution à l'analyse physicochimique et pollinique du miel de Thymus algeriensis de la région de Tlemcen, mémoire de master, Université AbouBekr Belkaid, Tlemcen, 60 p.

- Amri A. ; 2010. Contribution à l'étude approfondie de quelques miels produits en Algérie Aspect physico-chimique et botanique, Thèse de doctorat, Annaba, p136

- ARIBI, M., BENCHEIKH, S. E., & MOHAMED, H. (2020). Valorisation des produits de la ruche en tant que fertilisant biologique : une revue. Revue des Régions Arides, 45(2), 20-32.

- Avisse I. Grand traité des miels, Editions Le Sureau, 2014, p. 293-80-111-113.

- Avril. G, Hampikian S (2014). La sante naturelle avec l'apitherapie: miel, propolis, pollen, gelée royale ... Terre vivante

- Bechet G., 2002. Les trésors de la ruche. Chapitre 2 : Articles journal le soir, p21-22. France.

- Biri M., 2003. Le grand livre desabeilles : cours d'apiculture moderne. Edition VECCHI. 256p.

- Blanc M., 2010. Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Université de LIMOGES. Faculté de Médecine et de Pharmacie.

- BOBIS O, BERRETTA AA, VILAS-BOAS M et DE JONG D (2023). Éditorial : Potentiel thérapeutique de la propolis – des études in vitro aux essais cliniques. Devant. Pharmacol. 14:1192045.

- Bogdanov S. Honey composition. *Bee Product Science. 2011 ; 1 – 9* BRADBEAR N. 2005. Apiculture et moyens d'existence durables. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. ISSN 1813-6001. Rome. 64p

- BOGDANOV, S. (2017). « History, Uses and Trade, Bee Product Science », Beeswax Book: Chapter 2p10-11.

- Bogdanov,S., Lullmann ,C Et Martin ,P.(1999.) Qualité Du Miel Et Norme International Relative Au Miel. Rapport De La Commission International Du Miel Du Miel. Abeille Cie N° 71-4.1 2.

- Bonté, F., & Desmoulière, A. (2013). Le miel, origine et composition. Actualités pharmaceutiques, 52(531), p : 18-21.

- Bouchema-Benaziza D, Schweitzer P. Caractérisation des principaux miels des régions du Nord de L'Algérie. Cah Agric. 2010 ; 19 : 432 – 438

- Bruneau E., 2009. Les produits de la ruche in Clément H. et al. Le Traité Rustica de l'apiculture Editions Rustica, Paris, p 354-387

- BUDIMAN, A. S., et al. (2022). L'adéquation de la propolis en tant que composant bioactif des biomatériaux. Frontiers in Pharmacology, 13, 930515.

- Cai, S., & Singh, R. B. (2004). A distinct utility of the amide III infrared band for secondary structure estimation of aqueous protein solutions using partial least squares methods. Biochemistry, 43, 2541–2549.

- Catherine B., 2010. Les bienfaits de l'apithérapie, p.157.

- Cherbuliez T. (2001c) Bee Venom Therapy – General Principles Part 2 in Apimondia (2001).

- Chettoum, A., Feknous, N., Boumendjel, M., Mekhancha, D. E., Boudida, Y., Sedari, A., ... & Messarah, M. (2023). Biological, physicochemical and antibacterial properties of pure honey harvested at the municipality of Seraïdi (Annaba, north east of Algeria). *Food Science and Technology*, *43*, e41022.

- Chettoum, A., Feknous, N., Boumendjel, M., Mekhancha, D. E., Boudida, Y., Sedari, A., ... & Messarah, M. (2023). Biological, physicochemical and antibacterial properties of pure honey harvested at the municipality of Seraïdi (Annaba, north east of Algeria). *Food Science and Technology*, *43*, e41022.

- Chirife, J., Zamora, M. C., & Motto, A. (2006). The correlation between water activity and% moisture in honey: Fundamental aspects and application to Argentine honeys. *Journal of Food Engineering*, *72*(3), 287-292.

- Chouia A., 2014 : Analyses polliniques et caractérisations des composés phénoliques du miel naturel de la région d'Ain zaâtout, Université Mohamed Khider, Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie. Biskra. pp 201.

- Clément H., 2009. L'abeille, sentinelle de l'environnement. Edition Alternatives, 33 Rue SAINT-ANDRÉ-DES-ARTS 75006 Paris.

- Codex A, Intergovernmental TFO. Joint FAO/WHO Food Standard programme Codex Alimentarius Commission TwentyFourth Session Geneva, 2-7 July 2001. Codex.

- Codex Alimentarius (2019). "Revised codex standard for honey," in CODEX STAN 12-1981. Rome Italy: FAO/OMS, Codex Alimentarius Commission.

- Crane, E. (1983). A Book of Honey. Bucks County: Encore Editions

- Crane,e. (1979). The flowers honey comes from. In: honey. A comprehensive survey (edited by e.crane), london: heinemann.pq .3- 76.

- Cuvillier A.M., 2015. Miel, Propolis, Gelée royale : Les abeilles alliées de notre système immunitaire. Université de Lille 2. Faculté des Sciences Pharmaceutiques. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, p21.

- da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., and Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. Food Chem. 196, 309–323. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.09.051

- Dailly H. Le réfractomètre : un outil essentiel. Abeilles et Cie. 2008 ; 122 : 30 – 32

- Darrigol J., 2007. Apithérapie : miel, pollen, propolis, gelée royale. Edition Escalquens : Dangeles p 260.

- de Almeida-Muradian, L. B., Stramm, K. M., Horita, A., Barth, O. M., da Silva de Freitas, A., and Estevinho, L. M. (2013). Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from Melipona subnitida and Apis mellifera. Int. J. Food Sci. & Tech. 48, 1698–1706. doi: 10.1111/ijfs.12140

- Debuyser E., 1984. La propolis. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en Pharmacie. Université De Nante, Faculté de pharmacie.

- Derrar, S., Lo Turco, V., Albergamo, A., Sgrò, B., Ayad, M. A., Litrenta, F., ... & Di Bella, G. (2024). Study of Physicochemical Quality and Organic Contamination in Algerian Honey. *Foods*, *13*(9), 1413.

- Diafat, A., Mekhalfi, H., Dehiri, M., Meribai, A., Bouaziz, F., & Bahloul, A. (2023). Microbiological quality, physicochemical properties, pollen analyses and mineral contents of honeys from Bordj Bou Arreridj region (Algeria). *Journal of Food Safety & Food Quality/Archiv fuer Lebensmittelhygiene*, *74*(3).

- Diafat, A., Mekhalfi, H., Dehiri, M., Meribai, A., Bouaziz, F., & Bahloul, A. (2023). Microbiological quality, physicochemical properties, pollen analyses and mineral contents of honeys from Bordj Bou Arreridj region (Algeria). Journal of Food Safety & Food Quality/Archiv fuer Lebensmittelhygiene, 74(3).

- Donadieu Y. (1978). Le miel thérapeutique naturel, 2° Edition, Paris, Maloine edit, pp : 36

- Donadieu, Y. (2008). La Propolis Editions Dangles. Paris, 90p E.
- DUPONT, M., MARTIN, J., LEBLANC, S., & ROUSSEAU, A. (2021). Valorisation des biomolécules de la cire d'abeille : applications et perspectives. Revue Française des Corps Gras, 18(1), 1-15.
- Durand M., 1999. Les abeilles. Edition minerva, Genéve (suisse), pp : 163-164
- EL-Metwally A.A.E. (2015). Factors affecting the physical and chemical characteristics of egyptian beehoney. Ph.D. Thesis, Fac. Agric. Cairo Univ., 320p.
- EMMANUELLE H., JULIE C. et LAURENT G., 1996 - Les Constituants Chimiques du Miel. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. APISERVICES, Galerie Virtuelle apicole
- Eric M., 2016. Un hiver sans maladie grâce aux abeilles.
- ESCUREDO, O., SEIJO, M. C., & GARCIA-ALLENDE, M. T. (2020). Valorisation des produits de la ruche en tant que fertilisant biologique : une revue. Agriculture, 10(9), 387.
- Evahelda, S., Aini, S. N., and Afriani, Z. L. (2021). Chemical characteristics of kelulut honey (Trigona Sp.) in Bangka Tengah District, Indonesia. Int. E-Conf. Sust. Agric. Farm. Sys. 694, 12072. doi: 10.1088/1755-1315/694/1/012072
- Ferhoum, F. (2010). Analyses physico chimiques de la propolis locale selon les étages bioclimatiques et les deux races d'abeille locales (Apis mellifica intermissa et Apis mellifica sahariensis) (Doctoral dissertation, Boumerdés, Université M'hamed Bougara. Faculté des Sciences de L'ingénieur).
- Filippov, M. P. (1992). Practical infrared spectroscopy of pectic substances. Food Hydrocolloids, 6(1), 115–142.
- FRATINI, S., CILIA, L., MANCINI, B., COSTA, P., PELLEGRINI, P., FLAMINI, I., ... ROMOLI, A. (2020). Valorisation des produits de la ruche en tant que ingrédients cosmétiques naturels et biologiques : une revue. International Journal of Cosmetic Science, 42(6), 525-542.

- Fruleux S., 2018. Composition de la gelée royale.
- Gadge, A. S., Shirsat, D. V., Soumia, P. S., Pote, C. L., Pushpalatha, M., Pandit, T. R., ... & Karuppaiah, V. (2024). Physiochemical, biological, and therapeutic uses of stingless bee honey. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*, 1324385.
- Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., Loa, M. Z., & Rivera-Espinoza, Y. (2009). Application of FTIR-HATR spectroscopy and multivariate analysis to the quantification of adulterants in Mexican honeys. Food Research International, 42, 313–3318.
- Gauthier C., 2014. La récolte du pollen : un débouché supplémentaire à la portée de tous.
- Gharbi M., 2011. Les produits de la ruche : Origines-Fonctions naturellesComposition propriétés thérapeutiques. Apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire. Th. Doc. Vét. Univ CLAUDE-BERNARD-LYON1, 234p.
- Gonnet, E. (1987). *Détermination de la diffusivité thermique des produits alimentaires par la méthode impulsionnelle: application aux produits pastiers* (Doctoral dissertation, Atelier duplication).
- Gonnet, m. (1982). Le miel ; composition, propriétés, conservation. station expérimentale d'apiculture. P : 1-18.
- Gout J., Jardel C., 2008. 250 réponses aux questions d'un ami des abeilles. Edition de la Lesse, ISBN 978-2-35191-043-6, p22-213. Consulté le 19/04/2020.
- Hamet H., 1859. Cours pratique d'apiculture (culture des abeilles). Professé au jardin du Luxembourg, p20/295.
- Henri Joyeux PR., 2014. Livre dans sa 2éme édition « Les Abeilles et le chirurgien – de l'Apiculteur à l'Apithérapeute».
- Ikhsan, L. N., Chin, K., and Ahmad, F. (2022). Methods of the dehydration process and its effect on the physicochemical properties of stingless bee honey: a review. Mol. 27, 7243. doi: 10.3390/molecules27217243

- Ismail, N. I., Kadir, M. R. A., Zulkifli, R. M., and Mohamed, M. (2021). Comparison of physicochemical, total protein and antioxidant profiles between Malaysian Apis and Trigona honeys. Mal. J. Analys. Sci. 25, 243–256

- ITELV, 2016. Les cahiers de l'ITELV Apiculture 6. Production de pollen. P20.

- Jean-François M., 2016a. Fabrication de la gelée royale par les abeilles.

- Jean-François M., 2016b. Le venin, arme des abeilles et produit médical/ MielDirect. Mise à jour par Sophie Fruleux, 2019.

- KABILOGLU, A., KOCABAGLI, N., & KEKEC, A. I. (2023). Effets de l'extrait de propolis sur les performances de croissance et l'état de santé des veaux laitiers. Trop Anim Health Prod, 55, 115.

- Karabagias IK, Karabournioti S, Karabagias VK, Badeka AV. Palynological, physicochemical and bioactivity parameters determination, of a less common Greek honeydew honey : “dryomelo”. Food Control. 2020 ; 109 :106940.

- Karnia, I., Hamidah, S., and Thamrin, G. A. R. (2020). Pengaruh masa simpan madu kelulut (Trigona sp) terhadap kadar gula pereduksi dan keasaman. Jurnal Sylva Scienteae. 2, 1093–1099.

- Kelly, J. F. D., Downey, G., & Fouratier, V. (2004). Initial study of honey adulteration by sugar solutions using mid-infrared (MIR) spectroscopy and chemometrics. Journal of Agricultural Food Chemistry, 52, 33–39.

- KUDLACIK-KRAMARCZYK, S., KRZAN, M., JAMROZY, M. PRZYBYLOWICZ, A., & DRABCZYK, A. (2023). Explorer le potentiel des pansements hydrogel à base de gelée royale en tant que matériaux innovants pour le soin des plaies. International Journal of Molecular Sciences, 24(10), 8738.

- Laaidi K., Laaidi M., Besancenot J., 2012. Pollens, pollinoses et météorologie. p.41-56.

- Laudine L. (2010). Du nectar a un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques a l'intention de l'apiculteur amateur. Ecole Nationale Vétérinaire De Lyon. N° 085, pp : 195.

- Laurence S., 2019. Docteur en pharmacie conseils santé. Que faut-il savoir sur la propolis.

- Lee, H., Churey, J. J., and Worobo, R. W. (2008). Antimicrobial activity of bacterial isolates from different floral sources of honey. Int. J. Food Microbiol. 126, 240–244. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2008.04.030

- Lequet L. (2010) .Du Nectar au Miel de Qualité: Contrôle Analytique du Miel et Conseils Pratiques à l'intention de l'Apiculteur Amateur .Thèse de Doctorat Vétérinaire .Université Claude-Bernard Lyon I, France, 46-121.

- LESMANA, R., ZULHENDRI, F., FEARNLEY, J., IRSYAM, I. A., RASYID, R. P. H. N., ABIDIN, T., ABDULAH, R., SUWANTIKA, A., PARADKAR, A., Lobreau-Callen D, Clément M-C, Marmion Les miels. Techniques de l'ingénieur Filière de production : produits d'origine animale base documentaire. 2000; F7000.

- Li-Chan, E., Chalmers, J. M., & Griffiths, P. (2010). Applications of vibrational spectroscopy in food science. 1 Instrumentation and fundamental applications. Chichester: John Wiley & Sons.

- Louveaux J. (1959). La technologie du miel. Ann. Abeille, 2, (4), pp : 343-354.

- Louveaux J., 1985. Les abeilles et leur élevage. Édition Opida. Pp : 164

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

- Marchenay P., Bérard L, (2007). Livre L'homme, l'abeille et le miel. p232

- Marieke M., Henk van B., Leen van't L., Jaap K., Jan V., 2005. Produits de l'apiculture -PMB, propriétés transformation et commercialisation, p101.

- Mathlouthi, M., & Koenig, J. L. (1986). Vibrational spectra of carbohydrates. Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry, 44, 7–89.

- Meda A., Lamien C. E., Romito M., Millogo J., Nacoulma O G. (2005). Determination of total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. Food Chemistry, 91, pp : 571–577.

- Michel de S., 2016. Les secrets des produits de la ruche.

- MOHAMED, E. K., OSMAN, A. A., MOGHAZY, A. M., & ABDEL RAHMAN. A. S. (2022). Effets protecteurs de la propolis contre la puissance multi-organique induite par la doxorubicine via la suppression du stress oxydatif, de l'inflammation, de l'apoptose et des altérations histopathologiques chez les rats femelles albinos. Biointerface Research in Applied Chemistry, 12, 1762-1777.

- Morsy, A. S., Soltan, Y. A., El-Zaiat, H. M., Alencar, S. M., & Abdalla, A. L. (2021). Bee propolis extract as a phytogenic feed additive to enhance diet digestibility, rumen microbial biosynthesis, mitigating methane formation and health status of late pregnant ewes. Animal Feed Science and Technology, 273, 114834.

- Movasaghi, Z., Rehman, S., & Rehman, I. (2008). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy of biological tissues. Applied Spectroscopy Reviews, 43(2), 134–179.

- Mutsaers Marieke, Blitterswijk Henk van, Jan van de. (2005)Produits de l’apiculture propriétés, transformation et commercialisation. P 42, 44, 48 Fondation Agromisa et CTA, Wageningen Agrodok 42 Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas

- Ngalimat, M. S., Rahman, R. N. Z. R., Yusof, M. T., Syahir, A., and Sabri, S. (2019). Characterisation of bacteria isolated from the stingless bee, Heterotrigona itama, honey, bee bread and propolis. Peer Journal. 7, Article e7478. doi: 10.7717/peerj.7478

- Nicolson S.W., 2011. Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two.

- Nordin, A., Sainik, N. Q. A. V., Chowdhury, S. R., Saim, A. B., and Idrus, R. B. H. (2018). Physicochemical properties of stingless bee honey from around the globe: a comprehensive review. J. Food Comp. Anal. 73, 91–102. doi: 10.1016/j.jfca.2018. 06.002

- Odoux, J. F., Aupinel, P., Gateff, S., Requier, F., Henry, M., & Bretagnolle, V. (2014).ECOBEE: a tool for long-term honey bee colony monitoring at the landscape scale in WestEuropean intensive agroecosystems. Journal of Apicultural Research, 53(1), p : 57-66. ISO690.

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

- Oudjet, K., (2012): Le miel : Une denrée à promouvoir. Infos-CACQE. Algérie. N0 = 02. 3pp

- Pascual-Mate, A., Oses, S. M., Fernandez-Muino, M. A., and Sancho, M. T. (2018). Methods of analysis of honey. J. Apic. Res. 57, 38–74. doi: 10.1080/00218839.2017.1411178

- Persano oddo, l et bogdanov ,s.(2004). Determination of honey botanical origin: problems and issues.apidologie, 35:s2-s3

- Philip, D. (2009). Honey mediated green synthesis of gold nanoparticles. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 73(4), 650–653.

- Philippe J., 2007. Le guide de l'apiculteur, La compagne des éditions de la Lesse, France

- Prost J.P., 2005. Apiculture, connaître l'abeille, conduit durucher.7ème Édition. Paris, 689p.

- Ravazzi G., 2003. Abeille et apiculture. Edition de VECCHI.159p.

- Rossant A., 2011. Le miel un composé complexe aux propriétés thèse de rustica. 2002, 354p.

- Salis, S., Spano, N., Ciulu, M., Floris, I., Pilo, M. I., and Sanna, G. (2021). Electrochemical determination of the 'furanic index' in honey. Molecules 26, 4115. doi: 10.3390/molecules26144115

- SARGAZI, M., & TAGHIAN, F. (2023). Composés bioactifs de la gelée royale et exercice améliorant la cardiomyopathie et l'état redox chez les patients sous thérapie de substitution à la méthadone : Essai clinique randomisé. Journal of Herbal Medicine, 38, 100634.

- Singh, I., and Singh, S. (2018). Honey moisture reduction and its quality. J. food Sci. Technol. 55, 3861–3871. doi: 10.1007/s13197-018-3341-5

- Sivakesava, S., & Irudayaraj, J. (2001). Prediction of inverted cane sugar adulteration of honey by Fourier transform infrared spectroscopy. Journal of Food Science, 66, 972–978.

- Soltan, Y. A., & Patra, A. K. (2020). Bee propolis as a natural feed additive : bioactive compounds and effects on ruminal fermentation pattern as well as productivity of ruminants. Indian J. Anim. Hlth, 59(2), 50-61.

- Stéphane B., Ph., D., 2015. La gelée royale.

- Subari, N., Saleh, J. M., Shakaff, A. Y. M., & Zakaria, A. (2012). A hybrid sensing approach for pure and adulterated honey classification. Sensors, 12, 14022–14040.

- Tewari, J. C., & Irudayaraj, J. M. K. (2005). Floral classification of honey using midinfrared spectroscopy and surface acoustic wave based z-Nose sensor. Journal of Agricultural Food Chemistry, 53, 6955–6966.

- Tewari, J., & Irudayaraj, J. (2004). Quantification of saccharides in multiple floral honeys using Fourier transform infrared microattenuated total reflectance spectroscopy. Journal of Agricultural Food Chemistry, 52, 3237–3243.

- Thrasyvoulou, A., Tananaki, C., Goras, G., Karazafiris, E., Dimou, M., Liolios, V., ... & Gounari, S. (2018). Legislation of honey criteria and standards. *Journal of Apicultural Research*, *57*(1), 88-96.

- Tosi Enzo A., Ciappini Maria C., Cazzolli Ampelio F., Tapiz Luis M., 2006. Physicochemical characteristics of propolis collected in Santa Fe (Argentine). APIACTA 41. P.110-120.

- Touati, H. T., & Garnelkabeche, A. (2021). Propriétésantibactériennes du produit dela ruchecontre des isolatspathogène (Doctoral dissertation, Universite laarbi tebessi tebessa).

- VURAL, O., TUNÇ, A., KAMASZEWSKI, M., & AKSAKAL, E. (2023). La gelée royale est-elle une source alternative durable de lipides en aquaculture ? Influence des niveaux alimentaires de gelée royale sur la composition en acides gras du poisson zèbre. Journal of Animal and Feed Sciences, 161997, 1-15.

- White, j.w.(1978.)Honey.advances in food research.24:287-374.

- YAHIA MAHAMMED SARAH, YAHAIA MAHAMMED WISSAM, 2015. Analyses physico-chimique du miel de quelque miel de la wilaya : Ain Defla, Djendel, Bathia,

- YANG, J ; HE, Y ; NAN, S ; LI, J ; PI, A., YAN, L ; XU, J ; & HAO, Y. (2023). Effet thérapeutique des nanoparticules de propolis sur la cicatrisation des plaies. Journal de la Science et de la Technologie de la Livraison de Médicaments, 82, 104284.

Résumés

Résumé

Dans le cadre de l'étude et le contrôle de qualité physico-chimique et botanique des miels produite en Algérie dans différentes régions (10 wilayas) du pays. Dix échantillons de miels sont étudiés et comparés aux normes internationales du fait qu'il n'existe pas de législation propre à l'Algérie qui protège le consommateur contre le marché informel. Dans ce contexte général, nous nous sommes donc intéressés à l'étude de qualité de ces miels (pH, humidité, Taux de sucre, HMF et la spectroscopie infrarouge ATR IR). Les différentes analyses montrent que les échantillons de miel étudiés sont de bonnes qualités par rapport aux normes internationales. Par ailleurs, l'étude nous a également renseignées sur les paramètres suivants : l'origine botanique et géographique et la durée et les conditions de stockage. Nos résultats montrent que l'ensemble des échantillons sont consommables

Mots clés : Miel, Qualité du miel, origine botanique, origine géographique.

Abstract

As part of the study and control of the physico-chemical and botanical quality of honeys produced in Algeria in different regions (10 wilayas) of the country. Ten samples of honey were studied and compared with international standards, given that Algeria has no legislation of its own to protect consumers from the informal market. Against this backdrop, we investigated the quality of these honeys (pH, moisture, sugar content, HMF and ATR IR spectroscopy). The various analyses show that the honey samples studied are of good quality by international standards. international standards. The study also provided us with information on the following parameters: botanical and geographical origin, and storage duration and conditions. Our results show that all samples are consumable.

Key words: Honey, honey quality, botanical origin, geographical origin.

ملخص

في إطار دراسة ومراقبة الجودة الفيزيائية والكيميائية والنباتية للعسل المنتج في الجزائر في مناطق مختلفة (10 ولايات) من البلاد. تمت دراسة عشر عينات من العسل ومقارنتها بالمعايير الدولية، حيث أن الجزائر ليس لديها تشريعات خاصة بها لحماية المستهلكين من السوق غير الرسمي .في هذا السياق العام، قمنا بدراسة جودة هذا العسل (الأس الهيدروجيني والرطوبة ومحتوى السكر وعامل الحموضة والأشعة تحت الحمراء والتحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء ATR). تُظهر التحاليل المختلفة أن عينات العسل التي تمت دراستها ذات نوعية جيدة بالمعايير الدولية .المعايير الدولية. كما زودتنا الدراسة بمعلومات عن المعايير التالية: المنشأ النباتي والجغرافي، ووقت التخزين وظروفه. أظهرت نتائجنا أن جميع العينات صالحة للاستهلاك .

الكلمات الرئيسية: العسل، وجودة العسل، والمنشأ النباتي، والمنشأ الجغرافي.