

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Amar Thelidji

Faculté des Sciences

Département de Biologie

جامعة عمار ثليجي – الاغواط

كلية العلوم

قسم البيولوجيا



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme Master en Biologie

Option : Biochimie

Thème



**Propriétés physicochimiques et polliniques du
miel d'Eucalyptus produit en Algérie**

Présenté par :

Zakhrouf Khadidja Hibat Allah et Chatta Amina

Devant le jury :

M. Benaceur Farouk

Président

M^{me}. Kraza Lamia

Examineur

M. Zerrouk Salim

Encadreur

Année universitaire : 2019-2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنْ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ
﴿٦٨﴾ ثُمَّ كُلِي مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلًّا يَخْرُجُ مِنْ
بُطُونِهَا شَرَابٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ
يَتَفَكَّرُونَ ﴿٦٩﴾

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ

« O Prophète, ton Seigneur a inspiré aux abeilles leur mode de vie et leurs moyens de subsistance. Il leur a inspiré de prendre les cavernes des montagnes, les cavités des arbres et les treilles pour demeures (68). -Puis Allah - qu'Il soit exalté- leur a inspiré de se nourrir de tous les fruits des arbres et des plantes ; Il leur a rendu disponibles, à cette fin, des moyens que leur Seigneur leur avait préparés et rendus faciles. De leurs estomacs sort un liquide de différentes couleurs, qui apporte une guérison pour les hommes. Il y a dans cette chose merveilleuse des preuves évidentes de l'existence d'un Créateur Tout-Puissant et Sage, pour un peuple qui réfléchit pour en tirer profit et gagner ainsi un bonheur permanent (69) »

(Sourate El Nahl : verset 68 – 69).

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu le Tout Puissant de nous avoir donné la foi et la sagesse et nous inclinons humblement devant sa bonté, lui qui nous a donné courage et santé pour achever ce travail.

Nous tenons à remercier particulièrement :

Notre promoteur **Mr. Zerrouk Salim** pour son encadrement de qualité, pour l'assistance qu'il nous a témoigné, pour sa disponibilité, pour ses orientations, pour sa compréhension, pour les efforts qu'il avait consentis avec beaucoup de sympathie et de patience, pour sa gentillesse et ces précieux conseils tout le long de notre mémoire et de notre étude sans lesquels ce travail n'aurait pas vu le jour, qu'il trouve ici d'expression de notre vive gratitude.

Que nous vifs remerciements allant à **M. Benaceur** qui nous nous a fait l'honneur de présider le jury. Nous adressons également nos hommages les plus respectueux à **Mme. Kraza** qui nous a fait l'immense honneur d'accepter d'être examinatrice de ce mémoire

Nous exprimons nos reconnaissances à tous les enseignants du département de biologie pour avoir fortement contribué à enrichir nos connaissances.

Nous voudrions remercier toute la promotion Biochimie Appliquée 2019/2020.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mon cher père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.

A ma chère et douce mère pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

A ma sœur Houria et mes frères

Enfin à toutes les personnes qui comptent pour moi, intervenues dans ma vie à un moment ou à un autre et qui m'ont accompagné et soutenu.

Et

Tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer...

Khadidja Hibat Allah

Dédicace

A mes très chers parents a mes frères et mes sœurs

A tous mes amis (es) à tous ceux qui me sont chers

A tous ceux qui m'ont encouragé

et soutenu durant ce travail

Chatta Amina

SOMMAIRE

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I

Généralités

I. 1. L'abeille	3
I. 1. 1. Définition.....	3
I. 1. 2. Description des races d'abeilles Algériennes	4
I. 1. 3. L'habitat de l'abeille.....	5
I. 1. 4. Les habitants	6
I. 1. 4. 1. Reine	6
I. 1. 4. 2. Les ouvrières	7
I. 1. 4. 3. Les faux-bourdons	7
I.2. Les produits de la ruche	8
I.2.1.La cire	8
I.2.2. La propolis.....	8
I.2.3. Pollen	9
I.2.4. Gelée Royale	9
I.2.5. Venin	10
I.2.6. Miel	10
I.2.6.1.Origine du miel.....	11
I.2.6.1.1. Le nectar.....	11
I.2.6.1.2. Le Miellat.....	12
I.2.6.2.Elaboration du miel	14
I.2.6.2.1.Travail des abeilles	14
I.2.6.2.2.Travail de l'apiculteur	15
I.2.6.3. Récolte du miel.....	16

Chapitre II

Caractéristiques physico-chimiques du miel

II. Caractéristiques physico-chimiques du miel	16
II.1. Composition chimique	16

II.1.1. Teneur en eau.....	16
II.1.2. Sucres.....	16
II.1.3. Les protéines.....	18
II.1.4. Les lipides.....	18
II.1.5. Les enzymes	19
II.1.6. Les vitamines.....	19
II.1.7. Les acides organiques.....	19
II.1.7. Sels minéraux et oligoéléments	20
II.1.8. Les composés aromatiques	20
II.1.9. Composés phénoliques et caroténoïdes	20
II.1.10. Hydroxyméthylfurfural (HMF)	20
II.1.11. L'acidité.....	21
II.1.12. Les acides aminés	21
II.1.13. Divers	21
II.2. Propriétés physiques.....	21
II.2.1. L'indice de réfraction.....	21
II.2.2. Le pH	22
II.2.3. Conductivité électrique.....	22
II.2.4. La densité.....	23
II.2.5. Viscosité	23
II.2.6. Pouvoir rotatoire	23

Chapitre III

Propriétés organoleptique

III. Propriétés organoleptique.....	23
III.1. La couleur	23
III.2. L'odeur.....	23
III.3. Le gout	23
III.4. La Cristallisation	23

Chapitre IV

Les propriétés biologiques et thérapeutiques du miel

IV. Les propriétés biologiques et thérapeutiques du miel	24
IV.1. Valeur alimentaire et diététique.....	24
IV.2. Propriétés thérapeutiques.....	24

IV.2.1. Activité cicatrisante.....	24
IV.2.2. Activité anti-inflammatoire.....	25
IV.2. 3. Activité antibactérienne du miel	26
IV.2. 4. Activité antifongique du miel	28
IV.2.5. Activité antioxydante du miel	28

Chapitre V

Analyse pollinique

V. Analyse pollinique.....	29
V.1. Généralités	29
V.2. Application de la méliissopalynologie	29
V.3. Description des grains de pollens	30
V.3.1. l'intine	30
V.3.2. L'exine	30
V.4. La morphologie des grains de pollen.....	31
V.4.1. Taille et couleur des grains de pollen.....	31
V.4.2. Symétrie et forme.....	31
V.4.3. Apertures	33

Partie expérimentale

Matériel et méthode

I. 1. Echantillonnage	34
I. 2. Protocole d'analyse	35
I. 2.1. Analyse pollinique.....	36
I. 2.2. Analyses physicochimiques.....	38
I. 2.2.1. Détermination de l'indice de réfraction et la teneur d'eau	38
I. 2.2.2. Les sucres totaux.....	39
I. 2.2.3. Le pH et L'acidité	39
I. 2.2.4. Conductivité électrique	40
I.2.3. analyse oragnoleptique	41
I. 2.3.1. La couleur	41

Résultats et discussions

II .1. L'Analyse pollinique.....	42
II .2. Les analyses physicochimiques.....	42
II .2.1. La teneur en eau.....	43

II .2.2. Les sucres totaux	44
II .2.3. Le pH	45
II .2.4. L'acidité libre	46
II .2.5. La Conductibilité électrique	48
II.3. Analyse organoleptique.....	49
II .3.1. La couleur	49
Conclusion et perspectives.....	51
Références bibliographiques.....	51
Annexes.....	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les différences entre miel de nectar et miel de miellat (teneurs moyennes).....	13
Tableau 2: Teneurs en sucres des miels.	17
Tableau 3: Propriétés et indications thérapeutiques plus spécifiques attribuées aux principaux miels uni-floraux.....	25
Tableau 4: Présentation des échantillons de miel étudiés	34
Tableau 5: La couleur du miel exprimée en absorbance et en mm Pfund.....	42
Tableau 6: Variation de l'intensité de couleur en fonction des échantillons étudiés.	50

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Schéma d'une ouvrière	3
Figure 2 : <i>Apis mellifera sahariensis</i>	4
Figure 3: <i>Apis mellifera intermissa</i>	5
Figure 4 et 5: Ruches d'abeilles	6
Figure 6: La Reine	6
Figure 7: Les abeilles ouvrières.....	7
Figure 8: Le faux bourdon	7
Figure 9: La cire d'abeille.	8
Figure 10: La propolis.	8
Figure 11: Le pollen en pelote.....	9
Figure 12: Des larves dans la gelée royale.	10
Figure 13: Un psylle (a) et un Puceron vert (b) sécrétant du miellat.....	13
Figure 14: Abeille cueillant du miellat	14
Figure 15: Abeille cueillant du Nectar	14
Figure 16: La trophallaxie des abeilles.....	14
Figure 17: Enfumage des abeilles.....	15
Figure 18 : Désopercutation des cadres.....	15
Figure 19: Extraction du miel.....	15
Figure 20: Schéma d'un grain de pollen.	31
Figure 21: Morphologie de quelques types des grains de pollen	32
Figure 22: Principaux types d'ouvertures	33
Figure 23: Schéma générale du méthodologie expérimentale.....	36
Figure 24: Centrifugation du miel.	37
Figure 25: Mesure la teneur d'eau et degré de Brix par réfractomètre.....	39
Figure 26: Conduite de l'analyse du pH et de l'acidité libre du miel.....	39
Figure 27: Détermination de la conductivité électrique du miel	41
Figure 28: Etapes de la mesure l'absorbance des miels.	41
Figure 29: Distribution de la teneur en eau des miels analysés.....	44
Figure 30: Distribution des sucres totaux des miels analysés.	45
Figure 31: Distribution du pH des miels analysés.....	46
Figure 32: Distribution de l'acidité libre des miels analysés.....	47
Figure 33: Distribution de la conductivité électrique des miels analysés.....	49

LISTE DES ABREVIATION

ACL:	Acidité Libre.
CE:	Conductivité Electrique
HMF:	Hydroxymethylfurfural.
IR:	Indice De Réfraction.
JORF:	Journal Officiel De La République Française.
M:	La Masse Du Miel.
Méq:	Milliéquivalent.
MS:	Matière Sèche.
ST:	Sucre totaux.
pH:	Potentiel d'Hydrogène

Résumé

Le présent travail a pour but d'évaluer la qualité de 11 échantillons de miel d'eucalyptus de différentes régions de l'Algérie par des analyses physicochimiques et polliniques.

Durant notre expérimentation, nous avons effectué les analyses suivantes: le pH, l'acidité libre, la conductibilité électrique, la teneur en eau, les sucres totaux et la couleur, ainsi l'analyse pollinique qualitative.

L'analyse pollinique qualitative révèle que les 11 échantillons de miels ne sont pas du miel d'eucalyptus mais ils sont des miels multifloraux

Les analyses physicochimiques montrent que la majorité des échantillons (90.9%) de miels sont conformes aux normes du Codex Alimentarius et l'Union Européenne.

Ces analyses sont intéressantes pour le producteur comme pour le consommateur qui permet de vérifier l'origine florale des miels et les conditions de conservation.

Mots clés: Algérie, Miel d'Eucalyptus, Analyses physicochimiques, Analyse pollinique.

Abstract

The purpose of this work is to assess the quality of 11 samples of eucalyptus honey from different regions of Algeria through physiochemical and analysis of pollen grains.

During this study, we performed the following analyzes: pH, free acidity, electrical conductivity, water content, total sugars and color, as well as a qualitative analysis of pollen grains.

The pollen qualitative analysis showed that all samples were multi-flower honey and not eucalyptus honey.

Physiochemical analyzes showed that the majority of honey samples (90.9%) comply with Codex standards and European Union standards.

These analyzes are of interest to both the producer and the consumer, which enables verification of the botanical origin and storage conditions of honey.

Key words: Algeria, eucalyptus honey, physiochemical analyzes, pollen analysis.

الملخص

الغرض من هذا العمل هو تقييم جودة 11 عينة من عسل الكاليتوس من مناطق مختلفة من الجزائر عن طريق التحليلات الفيزيوكيميائية والطلعية. خلال هذه الدراسة، أجرينا التحليلات التالية: الأس الهيدروجيني، الحموضة الحرة، التوصيل الكهربائي، محتوى الماء، إجمالي السكريات واللون، بالإضافة إلى التحليل النوعي لحبوب اللقاح. أظهر التحليل النوعي لحبوب الطلع أنّ جميع العينات عبارة عن أعسال متعددة الأزهار وليست أعسال الكاليتوس. أظهرت التحليلات الفيزيوكيميائية أنّ غالبية عينات العسل (90.9 %) تتوافق مع معايير الدستور الغذائي ومعايير الاتحاد الأوروبي. هذه التحليلات تهم كل من المنتج والمستهلك والتي تمكّن من التحقق من الأصل النباتي وظروف تخزين العسل.

الكلمات المفتاحية: الجزائر، عسل الكاليتوس، تحليلات فيزيوكيميائية، تحليل طلعي.

Introduction

Introduction

Depuis la nuit des temps, la première préoccupation de l'homme fut de satisfaire ses besoins alimentaires, puis il dut lutter contre les maladies qui touchaient son corps. Donc, il a cherché dans son environnement des produits naturels qui pourraient le combler dont on trouve le miel. Ce produit noble de la ruche est considéré comme étant l'une des denrées alimentaires les plus appréciées par l'homme. En effet, la première peinture représentant des hommes cueilleurs de miel a été retrouvée en Espagne, et daterait d'environ 10 000 ans avant J.-C (**La Catoire Fantasque, 2013**).

Le miel est un produit sucré fabriqué par les abeilles mellifiques à partir du nectar aussi bien le miellat. Composé essentiellement de sucre dont les principaux le fructose et le glucose mais aussi il renferme une large gamme de composés qui varient en fonction de la source florale utilisée par les abeilles, la période de la récolte et les conditions géo-climatiques des régions concernées (**Mbogning et al., 2011**).

Le miel n'est pas seulement un aliment sucré mais également un produit médicinal car il possède plusieurs propriétés biologiques qui sont dues essentiellement à sa composition chimique notamment (**Da Silva et al., 2016**).

Le miel est un produit très complexe dont la fabrication demande plusieurs étapes qui toutes ont une influence sur sa composition chimique finale. En effet, la composition qualitative de ce produit est soumise à de nombreux facteurs très variables qu'il est impossible de maîtriser tels que : la nature de la flore visitée et celle du sol sur lequel pousse ces plantes, les conditions météorologiques lors de la miellée, la race des abeilles, l'état physiologique de la colonie. Un miel de qualité est avant tout un miel fraîchement récolté dont le taux d'humidité est en dessous de 18%, et qui a été bien filtré et décanté. La qualité d'un miel est le reflet du respect des bonnes pratiques apicoles par l'apiculteur.

Un miel de qualité supérieur doit être très propre, très concentré en sucres, se présenter dans un état physique défini (cristallisé ou liquide), et n'avoir aucun goût étranger au miel (**Rossant, 2011**).

Introduction

Ce travail est mené en vue d'étudier la qualité physico-chimique et pollinique de 11 échantillons de miel Algérien. C'est pourquoi, après avoir rappelé les connaissances bibliographiques sur le miel et en particulier ses propriétés physico-chimiques et biologiques, la partie expérimentale comprend des analyses physico-chimiques et polliniques. En outre, il y a aussi la présentation des résultats obtenus et leur discussion en comparant aux travaux effectués auparavant.

Partie

Bibliographique

Chapitre I

Généralités

I. Généralité

I. 1. L'abeille :

I. 1. 1. Définition :

Le mot « abeille » vient du nom latin *Apis* qui signifie la « mouche à miel », elle fait partie des insectes sociaux. Il existe plus de 20000 espèces d'abeilles qui sont d'un intérêt majeur pour la pollinisation, ainsi que dans la survie, la dissémination et l'évolution de 80% de plantes à fleurs (Vaissiere, 2006).

Apis mellifera, ou abeille mellifique, est une espèce dont les diverses races sont cultivées pour produire du miel, du pollen, de la gelée royale, de la propolis, de la cire et, dans certains cas, du venin.

Du point de vue morphologique, le corps de l'abeille se divise en trois parties : tête, thorax et, Abdomen (Ravazzi, 2007) (Figure 1).

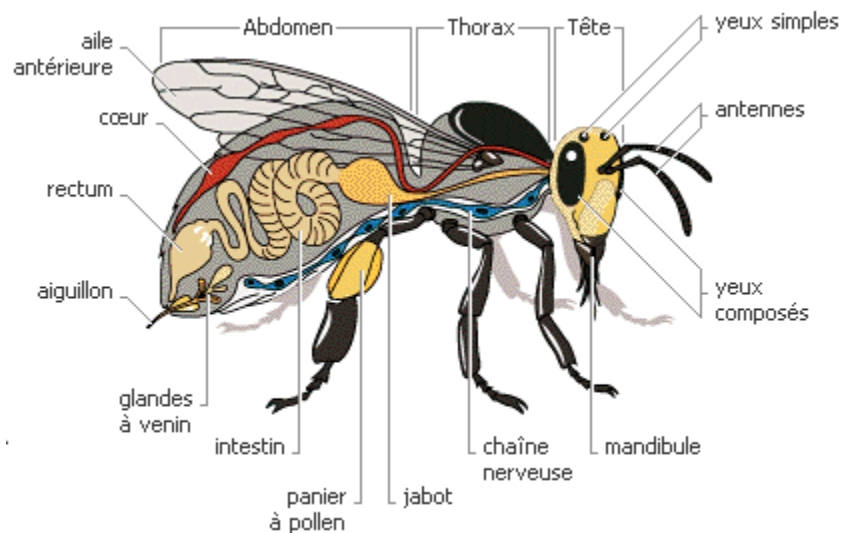


Figure 1: Schéma d'une ouvrière (Mackowiak, 2009).

I. 1. 2. Description des races d'abeilles Algériennes

Parmi les plus répandues en Algérie on trouve :

➤ *Apis mellifera sahariensis* (ou abeille Sahara)

Selon Frère (2010), *Apis mellifera sahariensis* est définie comme suit :

- Elle vit dans le sud marocain, en bordure de la frontière algérienne et du Sahara (Ain Safra);
- Elle est de couleur jaune-rouge, très douce, butine très loin (plus de 5 km) ;
- Elle résiste aux températures les plus élevée ;
- Résistante aux vents de sable fréquent.



Figure 2 : *Apis mellifera sahariensis* (Clément, 2009)

➤ *Apis mellifera intermissa*

A.m. intermissa est une race d'abeilles mellifères assez grosses dont les populations sont situées entre l'Atlas et la Méditerranée au nord, la côte atlantique à l'ouest. Elle est en position intermédiaire entre les abeilles tropicales.

- Bonne reproductrice de miel, peu agressive ;
- Résistantes au climat méditerranéen ;
- Supporte mal les hivers rigoureux.



Figure 3: *Apis mellifera intermissa* (Clément, 2010).

I. 1. 3. L'habitat de l'abeille :

L'apiculteur met à la disposition de chacune de ses colonies une caisse en bois, la « ruche à cadres ». Sur la face antérieure de celle-ci est aménagée une fente, c'est le trou de vol, par où les abeilles entrent.

Une ruche est une structure artificielle, presque fermée, abritant une colonie d'abeilles butineuses qui vit, produit du miel et élève de nouvelles générations d'abeilles.

Il s'agissait autrefois d'une structure tressée ou creusée dans un tronc mort. L'équivalent naturel de la ruche est souvent nommé "nid" qui est une matrice dense de cellules hexagonales de cire d'abeille. Les abeilles utilisent les cellules pour le stockage de la nourriture (miel et pollen), et pour le renouvellement de la population œufs, larves et pupes). Seules les espèces du sous-genre *Apis* sont élevées dans des ruches construites par l'Homme, mais seulement deux espèces ont pu être domestiquées (*Apis mellifera* en occident et *Apis cerana* en Orient).

À l'état naturel, les abeilles sauvages peuvent établir leur colonie à l'air libre, à partir d'un essaim suspendu à une branche d'arbre, dans des anfractuosités, cavité d'un arbre creux (vivant ou mort), anfruosité dans la roche, cheminée ou cavité dans une construction (Karl Von Frisch, 2011).



Figure 4: Ruche d'abeille



Figure 5:Ruche d'abeille

I. 1. 4. Les habitants :

Trois castes structurent la société des abeilles : la reine, les ouvrières et les faux bourdons. Fort différents sur le plan morphologique comme dans leur espérance de vie, les membres de chaque caste assurent une tâche particulière. Chez les abeilles, chacun travaille dans l'intérêt du groupe, et la vitalité de ce dernier dépend de la survie de chacun. Au sein de la ruche en effet, aucun individu ne peut vivre seul (**Clément, 2009**).

I. 1. 4. 1. Reine :

Issue d'un œuf similaire à celui de l'ouvrière, mais pendu dans une cellule royale accroché aux rayons, la larve de la reine, nourrie uniquement avec la gelée royale, émerge seize jours plus tard. La reine peut vivre trois ou quatre ans, elle pond des œufs et régule les activités de la colonie grâce aux phéromones que secrètent ses glandes mandibulaires.



Figure 6: La Reines (**Sylvie, 2016**).

I. 1. 4. 2. Les ouvrières :

Ce sont des femelles qui forment la caste la plus nombreuse, leur système buccal permet la récolte du nectar ou du miellat qu'elles emmagasinent dans leurs jabots. Leurs pattes arrières sont munies d'outils adaptés à la récolte du pollen et de la propolis. L'espérance de vie d'une ouvrière varie au cours de l'année de quatre à cinq semaines pour les abeilles d'été à plusieurs mois pour les abeilles d'hiver.



Figure 7: Les abeilles ouvrières (Sylvie, 2016).

I. 1. 4. 3. Les faux-bourdon :

Les mâles naissent vingt-quatre jours après la ponte des œufs déposés dans des alvéoles plus grandes que celles des ouvrières. Ils font leur apparition au printemps lorsque la colonie s'est fortement développée et que les jeunes reines commencent à naître. Leur rôle unique consiste en effet à assurer la fécondation de ces reines.



Figure 8: Le faux bourdon (Sylvie, 2016).

I.2. Les produits de la ruche :

I.2.1.La cire :

La cire est le produit de sécrétion des glandes cirières de l'abeille ouvrière, du 13^{ème} au 18^{ème} jour de son existence, c'est une matière grasse qui se solidifie sous forme de fines lamelles presque transparente sert de matériaux de construction des cellules ou alvéoles hexagonales dont sont faits les rayons de la ruche (**Amirat, 2014**).



Figure 9: La cire d'abeille.

I.2.2. La propolis :

La propolis est un matériau recueilli par les abeilles à partir de certains végétaux. Cette résine végétale est utilisée par les abeilles comme mortier et anti-infectieux pour assainir la ruche. L'origine du mot propolis est associée au grec pro qui signifie « devant, en avant de », et polis, « la cité ». Elle contient des flavonoïdes et des composés phénoliques, et sa pharmacologie est étendue (**CLÉMENT, 2009**).



Figure 10: La propolis.

I.2.3. Pollen :

Le pollen est la seule source naturelle en matière azotée de la ruche (**Frias et al., 2016**). C'est le gamète mâle des plantes à fleurs, il va servir à féconder les ovules situés dans les ovaires de la plante. Un grain de pollen contrairement aux cellules, possède deux noyaux : un noyau végétatif et un noyau reproducteur. Le pollen se présente sous forme de grains microscopiques enfermés dans les anthères des étamines. Ils sont transportés sur d'autres fleurs, soit par le vent (pollen légers), soit par les insectes (pollen lourd). Le pollen est récolté par les abeilles durant presque toute l'année.

Les abeilles perdent une partie de leur récolte (10% environ) qui tombe dans un terroir où l'apiculteur la recueille. Dans la ruche, le pollen est stocké dans les alvéoles, comme le miel il ne subit pas des transformations même s'il est souvent mélangé au miel dans les mêmes alvéoles pour former ce que l'on appelle (pain d'abeille) (**Draiaia, 2016**).



Figure 11:Le pollen en pelote.

I.2.4. Gelée Royale :

C'est une substance blanchâtre sécrétée par les abeilles ouvrières. Elle constitue un complément alimentaire exceptionnel aux effets rapides et puissants servant à l'alimentation des jeunes abeilles de la ruche puis destinée uniquement à la reine. Elle est composée de 65% d'eau, 15% de protéines et 12% de glucides s (**Fredot, 2009**).



Figure 12: Des larves dans la gelée royale.

I.2.5. Venin :

Le venin est un produit biologique de l'abeille qui n'est pas récolté sur les plantes comme le miel, le pollen et la propolis. C'est une sécrétion glandulaire stockée dans une vésicule spéciale et éliminée en cas de danger dans un réflexe d'auto-défense.

Seules les femelles sont pourvues d'un dard et d'organes de production et de stockage du venin. La reine a la particularité de posséder un dard lisse (comme les guêpes). Ceci lui Permet de le retirer de sa victime sans dommages. Les ouvrières ont un dard dentelé et ne Peuvent, en général, pas le retirer (**Nicolaÿ, 2014**).

I.2.6. Miel :

Le miel est le seul produit au monde qui soit consommé par l'homme et fabriqué par l'insecte ; de couleurs et de saveurs variées, paré de mille vertus, il parvient sur notre table telle que les infatigables ouvrières l'ont élaboré, en prélevant les ressources dans leur environnement sans ajout ni transformation naturel et authentique.

Le miel est défini comme étant la substance naturelle sucrée produite par les abeilles mellifiques de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar des fleurs ou de certaines sécrétions provenant de plantes qu'elles butinent, transforment, combinent avec des matières propres, emmagasinent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche (**Codex Alimentarius, 2001**). Elle peut être fluide, épaisse ou cristallisée.

I.2.6.1.Origine du miel :

Le miel provient des plantes par l'intermédiaire des abeilles à partir du nectar recueilli dans la fleur et /ou du miellat récolté sur les plantes (**Buba et al., 2013**).

I.2.6.1.1. Le nectar :

Le nectar, qui est en générale la source principale de miel, est le liquide sucré sécrété par les glandes dites nectarifères, présentes sur de nombreuses plantes, il se produit à la surface des parties spéciales appelés nectaires, qui sont en forme de turgescences, situés soit sur les feuilles, appelés nectaires extra floraux, soit sur les fleurs, (sépalés, pétales, carpelles) appelés nectaires floraux, retrouvés par exemple chez la plante de Thym (**Amri, 2016**).

Le nectar est formé à partir de la sève de la plante au niveau des cellules des glandes nectarifères où siègent des transformations biochimiques complexes, conférant au précieux liquide une composition très variée. C'est une solution acide et sucrée destinée à attirer les insectes pollinisateurs tels que les abeilles, composé essentiellement d'eau (80%) et de sucres (20%) à des concentrations pouvant être variables, il peut de ce fait être plus ou moins visqueux. Les sucres principalement retrouvés sont le saccharose (miel de Rhododendron), le glucose (miel de Lierre) ou le fructose (miel d'Acacia), dépendant de l'origine florale (**Darrigol, 2007**). En outre, le nectar contient en quantité infime des acides organiques, des protéines (enzymes et acides aminés libres), des composés inorganiques, des vitamines et des pigments phénoliques issus des pollens et exprimant un arôme et une couleur propre à chaque espèce végétale. Ces substances attribueront au miel une véritable « carte d'identité » phytosociologique (**Koechler, 2015**).

Nair, (2006), ajoute que les miels de nectar de fleurs peuvent être divisés en deux groupes:

a- Miels mono floraux :

Un miel unifloral (monofloral) est un miel récolté par les abeilles sur une espèce végétale unique. De tels miels sont exceptionnels, car il est rare que l'abeille ne butine qu'une seule espèce mellifère. On peut donc considérer que ces miels unifloraux naturels, sont des miels provenant d'une plante déterminée mais non à 100 %.

b- Miels multi floraux :

Miels donnés par plusieurs espèces végétales ou sans origine florale précise, il peut y avoir la dominance d'un pollen accompagné par d'autres, en petites quantités ou bien il peut présenter une mosaïque de pollens.

I.2.6.1.2. Le Miellat :

Par temps sec ou encore dans les zones où les fleurs sont rares voire inexistantes telles que les forêts de conifères, l'abeille va pouvoir se procurer par défaut de source hydrocarbonée habituelle, un substitut au nectar : le miellat. Contrairement au nectar, le miellat n'est pas bénéfique pour l'abeille butineuse. En effet par sa composition particulièrement riche en éléments indigestes, cette substance n'a pas bonne réputation pour l'hivernage de la ruche (**Schweitzer, 2004**).

Le miellat est fabriqué à partir des excréments de certains insectes suceurs de sève laissées sur les végétaux (**Gharbi, 2011**). Ces insectes sont des hémiptères et des homoptères comme les pucerons, les cochenilles, les cigales et les psylles (**Figure.13**). Ces derniers possèdent des pièces buccales leur permettant de percer la surface des feuilles ou l'écorce des arbres afin d'en prélever la sève élaborée pour s'en nourrir (**Koehler, 2015**). Une fois absorbée, la sève passe dans l'estomac de l'insecte, chemine dans le tube digestif où les Molécules de sucres sont ensuite fractionnées puis recombinaées. L'intestin va absorber approximativement 10% de ces sucres et l'excédent ressortira enfin par l'anus sous forme de petites gouttelettes de miellat que les abeilles pourront venir sucer directement sur le corps du puceron, sur les feuilles ou bien les aiguilles. Les plantes hôtes de ces producteurs de miellat sont le plus souvent des arbres forestiers ou d'ornementation comme le sapin, l'épicéa, le pin sylvestre, le chêne ou le mélèze (**Jean-Prost et Le Conte, 2005**).

Le miellat est un liquide épais, sombre et visqueux composé de sucres plus complexes que le nectar, comme le mélézitose ou l'erlose. Cependant, le mélézitose peut représenter un réel danger s'il est présent en grande quantité dans les ruches car il peut durcir comme de la pierre. On y retrouve également plus d'acides organiques, de minéraux et d'azote, sa composition se rapproche donc d'avantage de celle de la sève végétale que de celle du nectar (**Unaf, 2011**).

La production de miellat peut être sujette à des variations assez importantes : elle dépend notamment des conditions météorologiques auxquelles les pucerons sont très sensibles, mais également des nombreux prédateurs naturels ciblant ces insectes suceurs : coccinelles, guêpes (Marchenay, 1988). Au contraire, certaines espèces de fourmis se nourrissent de miellat et vont jusqu'à élever des pucerons afin d'obtenir leurs excréments (Adam, 2011).

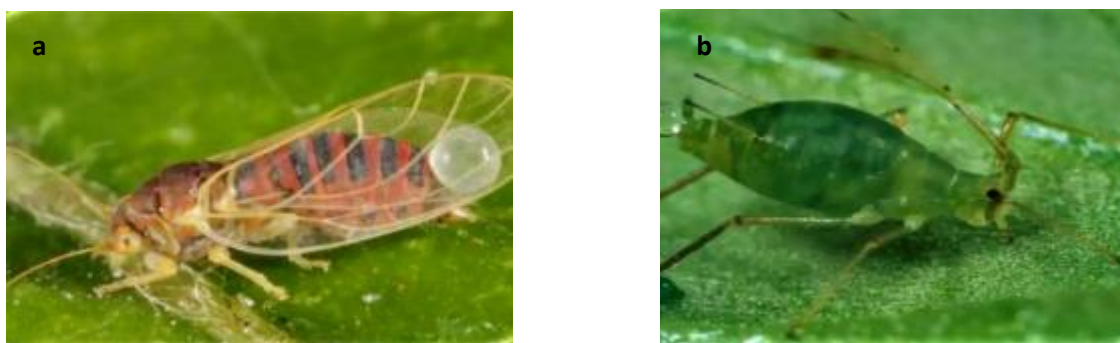


Figure 13: Un psylle (a) et un Puceron vert (b) secrétant du miellat.

Tableau 1: Les différences entre miel de nectar et miel de miellat (teneurs moyennes) (Boulaaba, 2019).

	Miel de miellat	Miel de nectar
Acidité	33 méq/kg	22,4 méq/kg
PH	4,5	3,9
Minéraux	0,58%	0,26%
Fructose + glucose	61,6%	74%
Mélézitose	8,6	0,2
Raffinose	0,84	0,03
Maltose + isomaltose	9,6	7,8

I.2.6.2.Elaboration du miel :

I.2.6.2.1.Travail des abeilles :

L'élaboration du miel commence lorsque les abeilles butineuses recueillent le nectar et/ou le miellat (Figure.13, Figure.14), par aspiration avec leurs trompes et qu'elles l'emmagasinent dans le jabot en y ajoutant de la salive ce qui le rend fluide et surtout l'enrichit en enzyme (la gluco-invertase) qui transforme les polysaccharides en sucres simples.



De retour à la ruche, la butineuse transfère le nectar « prédigéré » à des abeilles ouvrières qui vont par trophallaxie compléter et achever la transformation commencée, avant d'aller dégorger ce liquide dans les alvéoles de cire disponibles. La trophallaxie correspond au transfert du nectar d'une abeille à une autre, de bouche en bouche, par régurgitations successives (Figure.15).

Ainsi, au fil des échanges entre les abeilles, la composition de la miellée évolue ; sa teneur en eau s'abaisse tandis que sa concentration en sucres augmente, elle s'enrichit en substances salivaires, notamment des enzymes (invertase, diastase, glucoseoxydase).

Les abeilles ventileuses créent un flux d'air afin de déshumidifier progressivement le futur miel. Lorsqu'il atteint la teneur en eau souhaitée, 17% en moyenne, pour environ 83% de sucres, les abeilles bouchent les alvéoles par un opercule de cire, afin qu'il soit protégé de l'humidité. Au terme de ces différentes étapes, une solution super-saturée en sucres est obtenue : le miel.



Figure 14: Abeille cueillant du miellat



Figure 15: Abeille cueillant du Nectar



Figure 16: La trophallaxie des abeilles.

<http://les-abeilles.e-monsite.com>

I.2.6.2.2.Travail de l'apiculteur :

L'apiculteur récolte le miel qui a été fabriqué par les abeilles. Les différentes étapes de la récolte sont l'enfumage des abeilles (Figure16), le décollage et brossage des cadres et le transport dans un véhicule étanche jusqu'à la miellerie.

Une fois arrivé à la miellerie, l'apiculteur procède à la désoperculation (Figure.17), qui consiste à enlever la pellicule de cire à l'aide d'un couteau à désoperculer en tranchant la couche de cire de bas en haut (Biri, 1986).

Ensuite vient, l'extraction (Figure.18), en utilisant une machine appelée extracteur qui fait sortir le miel des cadres. Il s'agit d'une cuve où l'on dispose quelques cadres désoperculés. Par la suite, une manivelle fait tourner les cadres et par le biais de la force centrifuge les gouttes de miel sont projetées sur les parois (Jean-Prost et Le Conte, 2005).

A la sortie de l'extracteur, le miel contient des impuretés et est alors filtré. C'est une grille à double filtre qui va retirer diverses particules de propolis, de cire, d'opercules, de pattes d'abeilles ou de pollen. Une fois filtré, le miel doit encore reposer 4 à 5 jours à une température de 20 °C minimum pour faire remonter en écume l'ensemble des dernières impuretés. Cette écume est ensuite enlevée avant l'étape suivante. Enfin prêt, le miel peut être conditionné en pots avec des capsules qui assurent leur étanchéité et munis d'un étiquetage conforme avec toutes les mentions légales y afférentes.



Figure 17: Enfumage des abeilles.

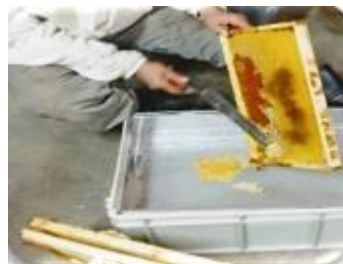


Figure 18 :
Désoperculation des cadres.



Figure 19:
Extraction du miel

I.2.6.3. Récolte du miel :

Pour conserver au miel tout son arôme et pour éviter que certains éléments biologiques et les enzymes ne soient détruits, le miel doit être récolté en prenant certaines précautions indispensables. Il doit en outre être exempt de corps étrangers et d'impuretés. Pour le purifier, on peut passer le miel dans un filtre grossier (le diamètre des mailles ne doit pas être inférieur à 0,2 mm). Cette filtration ne doit pas supprimer le pollen. Par ailleurs, aucune substance ne doit être ajoutée ni aucune autre substance essentielle retirée du miel (**Bogdanov *et al.*, 2003**).

Chapitre II :

**Caractéristiques physico-
chimiques du miel**

II. Caractéristiques physico-chimiques du miel

Le miel était utilisé depuis l'antiquité comme la seule source de sucre dans de nombreuses civilisations. Son originalité, sa rareté et sa désirabilité l'ont associé très tôt à de nombreuses significations symboliques, magiques, divines et thérapeutiques (**Cheorun J et al., 2005 ; Ioiriche N, 1979**).

Cette dernière est réalisé par différent auteurs vue le terme de santé excite tout le monde (**Sultan et al., 2016**).

Les caractéristiques physicochimiques consistent l'un des facteurs majeur déterminants la qualité du miel.

II.1. Composition chimique :

II.1.1. Teneur en eau :

La teneur en eau a un pourcentage optimum de 17 à 18% qui garantira une bonne conservation du miel, plus cette teneur est élevée plus y a un risque de fermentation. Elle conditionne son poids spécifique et sa cristallisation. Elle dépend de plusieurs facteurs tels que les conditions métrologiques lors de la production, de l'humidité dans la ruche, ainsi que des conditions de récolte (**Delphine, 2010**).

La teneur en eau dépend de la source du miel, des conditions climatiques et d'autres facteurs (le degré de maturation). Si la teneur en eau du miel est supérieure à 20%, ce dernier a des chances de fermenter (**Gupta et al., 2014**).

II.1.2. Sucres :

Le miel a constitué pendant des millénaires en Occident, la seule source abondante de matières sucrées dont on pouvait disposer (**Canini et al., 2005**). Chaque miel susceptible de contenir une bonne dizaine de sucre, ce sont des mono, di, tri ou polysaccharides représentaient les 80% de poids total de miel dont la composition moyenne est rassemblée dans le tableau 2 (**Bessas, 2008**). Les glucides sont responsables de plusieurs propriétés physico-chimiques du miel tels que la viscosité, l'hygroscopicité et la granulation (**Can et al., 2015**).

Tableau 2: Teneurs en sucres des miels (**Bessas, 2008**).

Sucres	Miel de nectar (%)	Miel de miellat (%)	Sucres	Miel de nectar (%)	Miel de miellat (%)
Fructose	32,5-45,2	28,3 - 39,8	Di-Saccharides	1,1-5,5	0,5-5
Glucose	24,3-39,9	19 - 31,5	Mélézitose + raffinose	0,1-1,1	1,1-23,5
Saccharose	0,05-6,2	0,05 – 1,0	Maltotriose	0,1-4	0,1-1,3
Maltose	0,1-2,3	0,5 - 2,5	Oligo-Saccharides	1-3	1-3
Turanose	0,8-2,9	0,5-2,5	Isomaltose	0,2-2,2	0,1-10,8
Tréhalose	0,05-1,5	0,1-2,4	Total	61,5-82,5	60,5-81,0

II.1.2.1. Rapport fructose/ glucose :

Le rapport fructose/glucose est généralement variable selon les espèces. Chez le colza (*Brassicaceae*), la teneur en glucose est supérieure au fructose, ce qui provoque la cristallisation rapide du miel. Chez le thym (*Laminaceae*), la teneur en fructose est supérieure au glucose, ce qui rend le miel liquide. Le rapport fructose/glucose est très variable de 0.8 à 1.8 avec une moyenne de 1.2 (**Rossant, 2011**).

II.1.2.2. Saccharose :

Le miel est principalement composé d'un monosaccharide le glucose et le fructose et du saccharose. Dans la plupart des miels, ce dernier se situe au dessous de 5% (**Codex Alimentarius, 2001**). Dans le miel de miellat et/ ou mélange entre nectar et miellat ou miel d'acacias, de lavande et de *Bankia Menzienii* pas plus 10% (**Draiaia, 2016**).

II.1.2.3. Maltose :

La teneur en maltose est sensiblement plus élevée que la teneur en saccharose, aussi bien dans les miels de fleurs que dans les miels de miellat. Ces derniers lorsqu'ils sont purs, contiennent souvent 2 à 3 fois et parfois jusqu'à 10 fois plus de maltose que du saccharose. Compte tenu de l'ensemble du groupe de Maltose, il est possible de rencontrer des miels contenant 10% de maltose et d'iso maltose (**Cavia et al., 2006**).

II.1.2.4. Mélézitose :

Une teneur élevée en Mélézitose est caractéristique de certains miels de miellat, tandis que ce sucre fait défaut dans les miels des fleurs (miels de nectar). Le Mélézitose considéré comme étant le sucre prépondérant dans les relations pucerons-fourmis (**Buckley, 1987; Yao et Akimoto, 2001**). Ainsi dans l'expérience de (**Volkl et al., 1999**), le Mélézitose et les raffinoses ne sont retrouvés que chez les pucerons myrmécophiles. Le Mélézitose serait synthétisé à partir du glucose et du sucrose dans le but d'attirer les fourmis (**Yao et Akimoto, 2001**).

II.1.3. Les protéines :

Selon **Anklam (1998)**, les protéines du miel pourraient provenir du nectar végétal, de l'abeille ou du pollen. Ils jouent un rôle important dans la formation du miel. Ainsi, leur réduction ou absence dans des miels frelatés, surchauffés ou stockés en excès sert d'indicateur de fraîcheur.

Le miel contient moins 5mg/g de protéines, le pollen est la source principale de protéine de miel (**Baume et al., 2004**).

Il est montré que la richesse en protéines essentiellement les peptones, des albumines, des globulines et des nucleo-protéines, proviennent de la plante et/ou de l'abeille et qui diffère selon l'origine botanique des miels (**Laouar, 2017**).

II.1.4. Les lipides :

Principalement des stérols sous forme de cholestérol libre ou d'esters de cholestérol, on retrouve aussi des triglycérides et des acides gras libres. Ils sont présents à l'état de traces dans la plupart des miels, le miel de tournesol en étant le plus riche (**Laurent, 2014**).

II.1.5. Les enzymes :

Elles ont deux origines, animale pour celles apportées par la salive de l'abeille et végétale pour celles qui sont présentes dans le nectar. Elles sont présentes en proportions assez importantes (**Laurent, 2014**).

Les enzymes d'origine animale :

- l'Invertase : participe à l'hydrolyse du saccharose formant le fructose et le glucose,
- l'Amylase : participe à l'hydrolyse de l'amidon en maltose puis en glucose,
- la Glucose-oxydase : participe à l'oxydation du glucose en acide gluconique, libérant du peroxyde d'hydrogène. Elle est également retrouvée dans la gelée royale. Elle est très sensible à la lumière et n'est active que pour une teneur en eau supérieure à 17 %, elle intervient dans la régulation de cette teneur qui avoisine donc 17% pour la plupart des miels.

Les enzymes d'origine végétale :

- la catalase : responsable la dégradation du peroxyde d'hydrogène,
- les phosphatases acides.

Il convient de noter que le chauffage dénature les enzymes et entraîne par conséquent une diminution de l'activité enzymatique du miel.

II.1.6. Les vitamines :

Le miel en contient très peu. Solubles dans l'eau, elles appartiennent presque exclusivement au groupe B : la thiamine (B1), la riboflavine (B2), la pyridoxine (B6), l'acide pantothénique (B5), l'acide nicotinique (B3), la biotine (B8) et l'acide folique (B9) sont généralement issus du pollen. Il est également possible d'y trouver de la vitamine C (**Desmouliere et al., 2013**).

II.1.7. Les acides organiques :

Les miels contiennent des acides organiques (dont certains sont volatils), ainsi que des lactones. Leur provenance est diverse : certains sont issus du nectar directement, d'autres sont le fruit de réactions, enzymatiques et de fermentations. Les acides identifiés dans le miel sont : l'acide gluconique (constituant acide majoritaire, issu du glucose), les acides butyriques, l'acide acétique, l'acide formique, l'acide lactique, l'acide succinique,

l'acide pro glutamique, l'acide malique et l'acide citrique. L'acidité totale est la somme des acides libres et des lactones. Légalement, elle ne doit pas dépasser 50 milliéquivalents par kg. Pour les miels destinés à l'industrie, la limite tolérée est de 80 milliéquivalents (**Lequet, 2010**).

II.1.7. Sels minéraux et oligoéléments :

Une trentaine de minéraux différents sont présents dans le miel : le potassium est largement majoritaire mais on trouve également du phosphore, du sodium, du calcium, du magnésium, du soufre et du cuivre. La teneur en minéraux varie entre 0,02 et 1,03 % selon l'origine botanique et géographique du miel. Les miels de miellat et les miels de coloration foncée contiennent en général plus de minéraux que les miels de nectar et les miels clairs (**Bruneau, 2011; Deschamps, 1998; Gharbi, 2011**).

II.1.8. Les composés aromatiques :

L'arôme est un facteur de qualité important dans les produits alimentaires. L'arôme du miel dépend de la composition de la fraction volatile, qui est sous l'influence de la composition du nectar et de l'origine florale. Certaines de ces arômes ont été identifiées, notamment le méthylantranilate dans les miels d'orangers et de lavandes; le formaldéhyde et l'acétaldéhyde dans les miels de colza et de trèfle. Des alcools et des esters peuvent aussi être rencontrés dans la plupart des miels (**Gonnet, 1986; Jelen, 2012**).

II.1.9. Composés phénoliques et caroténoïdes :

Ce sont des métabolites secondaires des plantes, présents dans le miel en faibles quantités mais en grand nombre. Leur principale origine est le nectar et les sécrétions végétales (**Al-Mamary et al., 2002 ; Bogdanov et al., 2004**). Certains phénols participent à l'arôme au même titre que les substances terpéniques. En plus des composées phénoliques, le miel contient aussi des caroténoïdes qui sont responsables en partie de la couleur et de l'antioxydant (**küçük et al., 2007**).

II.1.10. Hydroxyméthylfurfural (HMF) :

Egalement appelé « HMF », ce composé est issu de la transformation du fructose en milieu acide. Il se forme lentement au fur et à mesure que le miel vieillit : c'est un « indicateur d'âge ». Une teneur anormalement élevée en HMF peut trahir un stockage

prolongé ou un chauffage excessif, tous deux synonymes de dégradation. La teneur en « HMF » doit être en général inférieure à 40 mg/kg (**Cetam, 2010**).

II.1.11. L'acidité :

L'acidité provient d'acides organiques existant dans le miel mais aussi de sa fermentation. L'ancienne norme prescrit une valeur maximale de 40 meq/kg, dans le projet du **Codex Alimentarius, (2001)**, elle a été augmentée à 50 meq /kg. Il existe des miels ayant une teneur naturelle en acide plus élevée.

II.1.12. Les acides aminés :

Une partie des acides aminés du miel provient des abeilles, une autre du nectar, le principal acide aminé est la proline. La teneur en acides aminés d'un miel donne des informations sur l'origine botanique de celui-ci (**Ouchemoukh et al., 2007**).

La teneur en proline donne des informations sur la maturité du miel et peut servir à détecter des falsifications, on considère qu'un miel est arrivé à maturité lorsque sa teneur en proline est supérieure à 183 mg/kg. Des valeurs plus basses indiquent un manque de maturité ou une falsification (**Moniruzzaman et al., 2014**).

II.1.13. Divers :

Le miel contient également des éléments figurés : grains de pollen, spores de champignons, algues microscopiques, levures, etc (**Hoyet, 2005**).

II.2. Propriétés physiques :

II.2.1. L'indice de réfraction :

L'indice de réfraction est une propriété optique qui caractérise toute substance transparente. Il est en fonction de la teneur en eau et de la température. L'indice de réfraction du miel est d'autant plus élevé que sa teneur en eau est basse (**Ravazzi, 2007**).

L'indice de réfraction varie de façon linéaire avec la teneur en eau, de telle sorte qu'il est possible de connaître très rapidement cette teneur en mesurant l'indice de réfraction (**Clément, 2009**).

Cet indice est couramment utilisé ; il permet de calculer la teneur en eau d'un miel. La valeur énoncée par le réfractomètre oscille entre 1,47 et 1,50 (**Cernak et al., 2012**).

II.2.2. Le pH :

Le pH ou (potentiel Hydrogène) détermine dans une solution la concentration des ions dissociés H⁺ (acide) ou OH⁻ (basique). Les phénomènes de dégradations spontanées du miel lors de son vieillissement naturel ou d'un chauffage sont largement dépendants du pH (**Guerzou, 2014**).

Généralement le miel et le miellat couvrent deux unités pH :

* 3,5 > pH < 4,5 ; pour les miels issue de nectar ou en léger mélange à des miellats,

* 4,5 > pH < 5,5 ; pour les miels de miellat (**Guerzou, 2014**).

II.2.3. Conductivité électrique :

La conductivité électrique est un paramètre qui montre une grande variabilité liée à l'origine florale, il est considéré comme l'un des meilleurs paramétrés pour la différenciation entre les miels de différentes origines florales (**Terrab et Heredia, 2004 ; Terrab et al., 2004**).

Ce paramètre permet de distinguer aisément des miels de miellat de ceux des fleurs, les premiers ayant une conductibilité bien plus élevée que les seconds (**Huchet et al., 1996**).

Cette mesure dépend de la teneur en minéraux et de l'acidité du miel, plus elles sont élevées, plus la conductivité correspondante est élevée. Les miels de nectar à l'exception des *Banksia*, *Erika*, *Eucalyptus*, *Eucryphia*, *Leptospermum*, *Melaleuca*, *Tilia* et les mélanges du miel de nectar et de miellat ont une conductivité inférieure à 0,8 mS/cm. Les miels de miellat et le miel de châtaignier ont une conductivité supérieure à 0,8 mS/cm (**Bogdanov et al., 2001**).

II.2.4. La densité :

La densité d'un miel homogène est le rapport exprimé en nombre décimal de la masse volumique de ce miel sur la masse volumique de l'eau pure à 4°C. (La masse volumique s'exprime en kg/m^3).

La densité du miel varie approximativement de 1,39 à 1,44 à 20°C. Le miel est donc un produit relativement dense. Les variations de la densité proviennent surtout des variations de la teneur en eau. Plus un miel est riche en eau et moins il est dense.

On peut pratiquement se servir de la densité comme moyen de connaître la teneur en eau d'un miel (**Karl Von Frisch, 2011**).

II.2.5. Viscosité :

Elle varie en fonction de la température, de la teneur en eau et de la composition chimique du miel. 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 modifier sa composition (**Donadieu, 2008**). A 35°C, tous les miels sont fluides. Certains sont thixotropes (c'est à-dire que ces miels lorsqu'on les agite, ils deviennent liquides mais reprennent leur viscosité première après repos) comme ceux d'*Erica* et surtout de *Calluna* (**Clémence, 2005**).

II.2.6. Pouvoir rotatoire :

Le pouvoir rotatoire et la caractéristique optique que possèdent les sucres de dévier le plan de la lumière polarisée. Il est utilisé pour distinguer entre les miels de nectar et les miels de miellat (**Gonnet, 1982**).

Cette propriété est très utilisée pour la détermination de l'origine botanique du miel (**Nanda et al., 2003**).

Chapitre III
Propriétés organo-
leptiques

III. Propriétés organoleptique

III.1. La couleur :

En fonction de ses origines florale et géographique, le miel peut présenter différents couleurs. Il existe des miels limpides comme de l'eau, des miels jaunes, ambrés, verdâtres, rougeâtres, et certains presque noirs. À l'exception du violet et du bleu la couleur des miels varie à l'infini. Les pigments colorent et aromatisent les miels. Ce sont principalement des caroténoïdes, des xanthophylles et des flavonoïdes (**Clemence, 2005**).

III.2. L'odeur :

Dans les différents miels, les odeurs varient considérablement mais s'évaporent très rapidement. Elles sont végétales, florales ou fruitées, puissantes ou non, fines, lourdes, vulgaires. Une odeur de fumée ou de fermentation est un défaut (**Fredot, 2009**).

III.3. Le gout :

Certains nectars donnent au miel un goût agréable. Le miel peut présenter une grande variété de saveurs et d'arômes différents selon l'origine florale de nectars (**Gherzou, 2014**).

III.4. La Cristallisation :

La cristallisation du miel est un phénomène naturel, qui peut se déclencher plus ou moins rapidement selon l'origine florale et donc la composition des miels. Elle est également dépendante du rapport entre le taux de fructose et le taux de glucose contenu dans le miel ainsi que du taux d'humidité et la température du lieu de stockage. Les miels dont la teneur en glucose est < 28 g/100g ou dont le rapport glucose/eau est < 1.7 restent plus longtemps liquides (**Laouar, 2017**). La cristallisation sera très rapide pour un miel de colza et très lente pour un miel d'acacia.

Chapitre IV :
Les propriétés biologiques
et thérapeutiques

IV. Les propriétés biologiques et thérapeutiques du miel

IV.1. Valeur alimentaire et diététique :

Le miel est un aliment glucidique à haute valeur énergétique (320 calories par 100 g ou 13400 joules / kg) il est composé essentiellement d'un couple d'hexoses :

- Le glucose, qui est assimilé directement ;
- Le fructose, qui est assimilé après une légère transformation.

Le miel présente sur le sucre ordinaire l'avantage de contenir des sels minéraux ainsi que des substances aromatiques qui rendent sa consommation plus agréable. Le miel est un aliment très favorable à la croissance des jeunes enfants (**Prost, 2005**), et il est adapté aux personnes âgées ainsi qu'aux sportifs. De part sa richesse en éléments biologiques, le miel peut être introduit dans certains régimes alimentaires mais il n'est pas considéré comme un aliment complet car il est pauvre en protéines, en lipides, et en vitamines (**Blasa et al., 2007**).

IV.2. Propriétés thérapeutiques :

Le miel est une substance qui est très riche en sucre, constituée principalement par des glucides (dont le fructose et le glucose sont les composants principaux), et d'autres composés tels que l'eau, les protéines, les vitamines, les minéraux, les lipides, les acides aminés, les acides organiques, les composés phénoliques, flavonoïdes, caroténoïdes, les enzymes, les composés volatils (**Azeredo et al., 2003 ; Saxena et al., 2010 ; Alquarni et al., 2012**). Il présente plusieurs effets thérapeutiques (tableau 3) (activité antioxydante, action cicatrisante, anti-inflammatoire, antifongique, antibactérienne...) (**Gharbi, 2011**).

IV.2.1. Activité cicatrisante :

Les propriétés cicatrisantes du miel tiennent à ses caractéristiques physiques, chimiques et enzymatiques. Le miel, par sa saturation en sucres entretient une pression osmotique trop élevée pour inhiber la croissance des microbes (activité antimicrobienne) (**Chepulis, 2008 ; Stewart et al., 2014**). C'est l'action synergique des différents composants du miel qui explique son activité cicatrisante par l'apport qu'il fait aux cellules en ressources nécessaires à leur multiplication (**Laurent, 2014**).

IV.2.2. Activité anti-inflammatoire :

L'effet anti-inflammatoire du miel a été démontré par différents auteurs (**Gharbi, 2011**), et semblent provoquer la disparition des douleurs et gonflements (**De Bodt, 2005**).

Tableau 3: Propriétés et indications thérapeutiques plus spécifiques attribuées aux principaux miels uni-floraux (**Ait Lounis, 2012**).

Origine botanique	Propriétés plus spécifiques	Indicateurs Plus particulières
Acacia	- Régulateur intestinal	- Paresse intestinal, notamment chez le jeune enfant
Bruyère	Antiseptique des voies urinaires et diurétiques ; -Antianémique ; -Dynamogénique des voies respiratoires et des voies urinaires.	- Affections de l'arbre urinaire dans son ensemble et dans le régime diététique de l'insuffisance rénale et chronique ; - Certains anémies ; - Etats de fatigue en général ; -convalescences; Sénescences
Eucalyptus	Antiseptique des voies respiratoires et des voies urinaires.	- Affection touchant à la sphère respiratoire et à l'arbre urinaire dans leur ensemble
Oranger	- Antispasmodique ; - Sédatif nerveux	-Etats Spasmodiques d'origines diverses ; -Nervosisme en général et troubles qui en découlent : insomnies, palpitations
Sapin	Antianémique ; - Antiseptique et anti-inflammatoire des voies respiratoires ; - Diurétique.	- Certaines anémies ; - Affection touchant à la sphère respiratoire dans tout son ensemble ; - Affections de l'arbre urinaire dans son ensemble et dans le régime diététique de l'insuffisance rénale et chronique
Lavande	-Antiseptique	Affection touchant à la sphère

	et antiinflammatoire des voies respiratoires; - Antispasmodique ; - Sédatif nerveux.	des respiratoire dans tout son ensemble ; -Rhumatismes -chroniques (arthrose).
Thym	Antiseptique général	Maladies infectieuses en général touchant aussi bien les sphères respiratoires, digestives et urinaires.
Tilleul	Antispasmodique ; - Sédatif nerveux.	- États spasmodiques d'origines diverses ; -Nervosisme en général et troubles qui en découlent : insomnies, palpitations.
Trèfle	Dynamogénique	- Etats de fatigue ; - Convalescences ; - Efforts physiques (chez les sportifs en particulier.

IV.2. 3. Activité antibactérienne du miel :

Le terme antibactérien fait référence à un ensemble de composés qui ont la capacité d'éliminer (bactéricide) ou de réduire (bactériostatique) la croissance des microbes tels que les bactéries. Les propriétés antibactériennes du miel proviennent principalement des « inhibiteurs » (**Kwakman et Zaat, 2012**) dont :

IV.2. 3.1. L'effet osmotique :

L'effet osmotique du miel est lié à sa forte concentration en sucres. En effet, ces derniers ont une activité antibactérienne par leur pouvoir d'abaissement de l'activité de l'eau. La quantité d'eau libre ou activité de l'eau exprime le degré de disponibilité de l'eau dans un milieu ou un produit donné. Entre les sucres du miel et les molécules d'eau, il se produit une forte interaction, et par conséquent, il y a très peu d'eau libre disponible pour le développement des microorganismes. Le miel agit donc de manière osmotique, en provoquant une forte déshydratation des germes qui n'ont plus alors suffisamment d'eau pour survivre (**Rigal, 2012**).

IV.2. 3.2 Le pH acide :

Le pH du miel est relativement acide, situé généralement entre 3,5 et 4,5. Même si de nombreuses bactéries sont capables de supporter un pH bas, ce pH semble être efficace pour ralentir ou éviter la croissance de certaines espèces de bactéries (**Molan, 2002**).

IV.2. 3.3 Peroxyde d'hydrogène :

Le peroxyde d'hydrogène est le principal facteur responsable de cette activité antimicrobienne, produit par l'oxydation du glucose par l'enzyme glucose-oxydase, qui est activée par les dilutions successives du miel (**Iurlina et Fritz, 2005**). Selon la réaction suivante :



Cette réaction confère une activité antiseptique au miel, cette enzyme n'est pas active dans le miel pur, elle devient active en miel dilué (**Bogdanov et Blumer, 2001**).

IV.2. 3.4 Activité non peroxydique :

L'activité peroxydasique n'est pas la seule responsable de l'effet antibactérien, certains miels sont doués d'une activité qualifiée de "non peroxydasique", c'est-à-dire qu'ils conservent un fort pouvoir antibactérien même quand leur activité peroxydasique est neutralisée (catalase, chauffage...). Contrairement à l'activité peroxyde, l'activité non peroxyde requiert aucune dilution et est donc efficace de façon immédiate. **Molan (2002)**, a affirmé la présence de plusieurs substances non peroxydes dans le miel en faibles quantités et qu'elles contribuent significativement à l'activité antimicrobienne. Les facteurs « non peroxydes » sont nombreux tels que le méthylglyoxal, la défensine-1, des flavonoïdes et autres composés polyphénolique (**Estevinhol et al., 2008**)

IV.2. 3.5 La défensine-1 :

La défensine-1, également connue sous le nom de royalisine, est un peptide antibactérien synthétisé par les glandes hypo pharyngiennes et mandibulaires des abeilles, conserve dans le miel ses propriétés immunitaires. Les défensines sont aussi présentes chez l'homme. Elles sont divisées en deux groupes : les α - défensines, qui se situent au sein de

certaines granules sécrétoires dans les leucocytes ou au niveau des cellules immunitaires spécialisées, et les β -défensines, qui se trouvent dans l'ensemble des épithéliums et au sein de nombreux organes. Elles jouent un rôle prépondérant dans les pathologies infectieuses et modulent la réponse immunitaire (**Rossant, 2011**).

IV.2. 4. Activité antifongique du miel :

Il a été démontré que le miel est capable d'éliminer certaines toxines, notamment d'origine fongique. Une solution de miel comparée à une solution isotonique de saccharose inhibe complètement la croissance des moisissures comme *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatis*, *l'Aspergillus niger*, *l'Aspergillus parasiticus*, *Candida albicans*, *Penicillium spp*, *Penicillium chrysogenum* (**Rossant, 2011**).

IV.2.5. Activité antioxydante du miel :

Les antioxydants jouent un rôle important dans la préservation des aliments et la santé humaine, par désactivation et stabilisation des agents d'oxydation (espèces réactive oxygénées) responsables de nombreuses maladies (**Meda et al., 2005**). L'activité antioxydant du miel est due à la présence de nombreux composants parmi lesquels on retrouve les flavonoïdes, les acides phénoliques, la vitamine C, la vitamine E, etc. Il a été mis en évidence qu'une forte corrélation existait entre l'activité antioxydant et la teneur en acides phénoliques (**Oryan et al., 2016**).

Chapitre V :
Analyse pollinique

V. Analyse pollinique

V.1. Généralités :

La science qui a pour l'objectif d'étude du pollen est la palynologie (du grec *palyno*: répandre de la poussière et *logos*: étude). Ce terme a été utilisé pour la première fois par Hyde et Williams en 1944 (**Boughediri, 2003**).

Le seul moyen infaillible pour délivrer la « carte d'identité » d'un miel est de faire son analyse pollinique, car le miel contient d'innombrables grains de pollen (plusieurs millions dans un kilo de miel). Chaque miel porte en lui la marque de son origine définie par le pollen des fleurs butinées par les abeilles qui récoltées le nectar.

La palynologie appliquée à l'apiculture ou Mellissopalynologie contribue étroitement à la connaissance des rapports de tout ordre qui existe entre l'abeille et la plante (**Louveaux et Abed, 1984**).

V.2. Application de la méliissopalynologie :

La méliissopalynologie est l'étude des grains de pollen présents dans le miel, ce qui permet de détecter les mélanges et les fraudes, mais aussi de labelliser des miels certifiés, en ce qui concerne leur composition. Cette discipline vise à identifier et à compter au microscope les différents éléments figurés, présents dans les sédiments du miel obtenus par centrifugation principalement les grains de pollen, mais également d'autres éléments tels que les éléments indicateurs de miellat (HE), les levures (indicatrices d'une éventuelle fermentation et de l'état de conservation des miels), de spores fongiques, ainsi que d'autres éléments tel que l'amidon (**Yang, 2014**).

Deux types d'analyses sont appliqués dans la Méliissopalynologie :

a/ L'analyse pollinique qualitative : Elle consiste à mesurer le nombre de grains de pollen du taxon considéré par rapport au nombre total de grains de pollen dans l'échantillon

b/ Analyse pollinique quantitative : Consiste à compter à l'aide d'un microscope optique le nombre total d'éléments présents dans le sédiment d'un volume connu d'une dilution de miel.

V.3. Description des grains de pollens :

Le pollen est la seule source naturelle en matière azotée de la ruche. C'est le gamète mâle des plantes à fleurs, il va servir à féconder les ovules situés dans les ovaires de la plante. Un grain de pollen contrairement aux cellules, possède deux noyaux : un noyau végétatif et un noyau reproducteur. Le pollen se présente sous forme de graines microscopiques enfermées dans les anthères des étamines (**Chefrou, 2007**). Ils sont transportés sur d'autres fleurs, soit par le vent (pollen légers), soit par les insectes (pollen lourd).

La composition du pollen dépend fortement de source végétale, avec d'autres facteurs tels que les conditions climatiques, le type de sol et des activités d'apiculteurs (**Morais et al., 2011**).

Pour récolter le pollen, l'apiculteur dispose à l'entrée de la ruche un peigne à pollen qui ôte le pollen de la corbeille lors du passage de l'abeille. Un bac se situe en dessous de celui-ci pour le réceptionner.

L'enveloppe du grain de pollen est constituée de deux parties principales :

V.3.1. L'intine :

Couche interne de sporoderme, perméable, constituée de cellulose, de pectines, de callose et de protéines (**Marouf, 2000**).

Elle entoure la partie centrale constituée par le cytoplasme qui contient les noyaux. Cette couche disparaît rapidement à la mort du contenu cellulaire (**Jeanne, 1994**).

V.3.2. L'exine :

Couche externe du sporoderme, lisse, réticulée. Elle se compose de deux couches superposées : l'endexine et l'ectexine (**Pons, 1970**).

1. L'endexine : est une couche inférieure lisse et homogène.
2. L'ectexine : est une couche extérieure qui est généralement d'une structure compliquée.

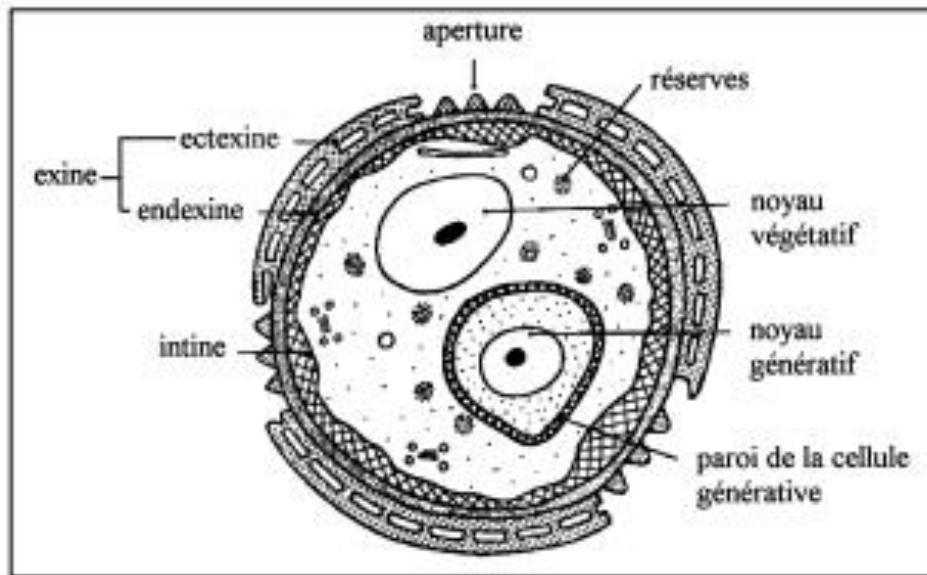


Figure 20: Schéma d'un grain de pollen (Laaidi et al., 1997).

V.4. La morphologie des grains de pollen :

V.4.1. Taille et couleur des grains de pollen :

V.4.1.1. La taille :

La taille change d'une espèce à l'autre, et parmi les petits grains de pollen, nous citons celui de *Mysotis* (Borraginaceae) avec un diamètre de 5 μm . Les plus gros pollens ont une taille variante entre 200 et 250 μm , se rencontrent chez les Gymnospermes et quelques Angiospermes, comme par exemple : *Cucurbita sp.* (Cucurbitaceae), *Betula sp.* (Betulaceae), *Prunus sp.* (Rosaceae) (Belaid, 1998).

V.4.1.2. La couleur :

La diversité des couleurs du pollen est très importante. On peut trouver certains guides qui décrivent les couleurs des différentes espèces de pollen. Il est variable en fonction de la nature des fleurs. La couleur d'une espèce peut varier légèrement et par ailleurs, plusieurs espèces peuvent avoir une couleur similaire.

V.4.2. Symétrie et forme :

Plusieurs termes utilisés pour désigner des éléments du globe terrestre servent à décrire les grains de pollens (pôle, équateur, méridien) (Figure. 21).

La forme du grain de pollen se définit par la valeur du rapport existant entre les dimensions de l'axe polaire P et celles de l'axe équatorial E (P/E) (Miskovsky et Petzold, 1992).

*P=E le grain de pollen est sphéroïdal ou équiaxe, ex : *Plantago sp.*

*P>E le grain de pollen est prolé ou longiaxe, ex : *Iris sp.*

*P< E le grain de pollen est oblé ou bréviaxe, ex : *Vitis vinifera, Castania vulgaris*. Les formes que peuvent avoir les grains de pollen sont très variables. D'après (Saxena, 1993).

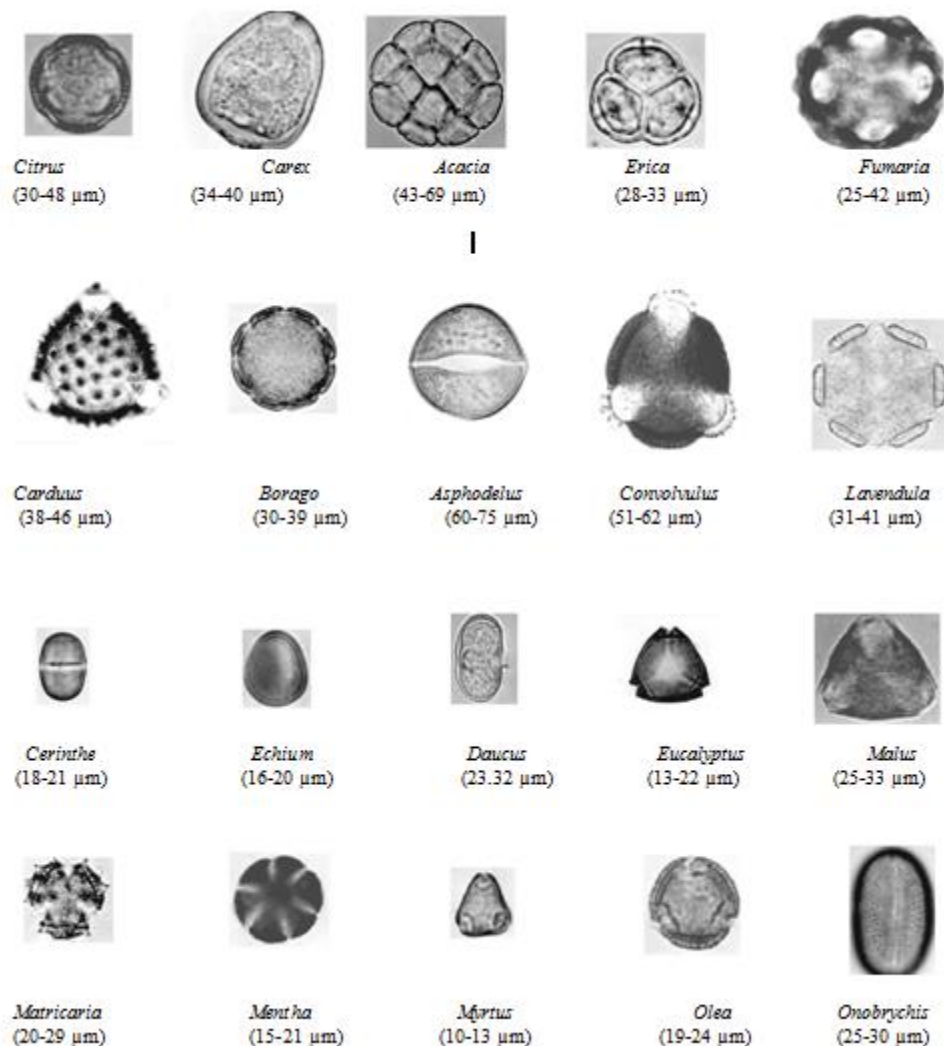


Figure 21: Morphologie de quelques types des grains de pollen (Ricciardelli D'Albore, 1998).

V.4.3. Apertures :

Selon **Laouar (2017)**, le sporoderme présente généralement des amincissements correspondant au point de sortie du tube pollinique, c'est-à-dire les apertures se sont des ouvertures (pores ou sillons) et des régions spécialisées du sporoderme qui plus minces que le reste du sporoderme (**Figure. 22**).

De forme et de nombre variables, à travers lesquelles le tube pollinique sortira et allongera lors de la germination de grain du pollen. On appelle « pores » les apertures de forme arrondie.

-Les apertures de forme allongées sont appelées «sillons ».

-Pores et sillons peuvent être combinés sur un même pollen, il est alors dit : « colporé ».

-En absence d'apertures, le pollen est dit : «inaperture ».

Les apertures jouent un rôle dans la régulation du volume des grains en fonction de l'humidité ambiante. Quand ces ouvertures sont absentes, il existe une partie de l'exine qui est fine et mince permettant la sortie du tube pollinique, on parle donc de zone germinale, comme chez le genre *Pinus*.

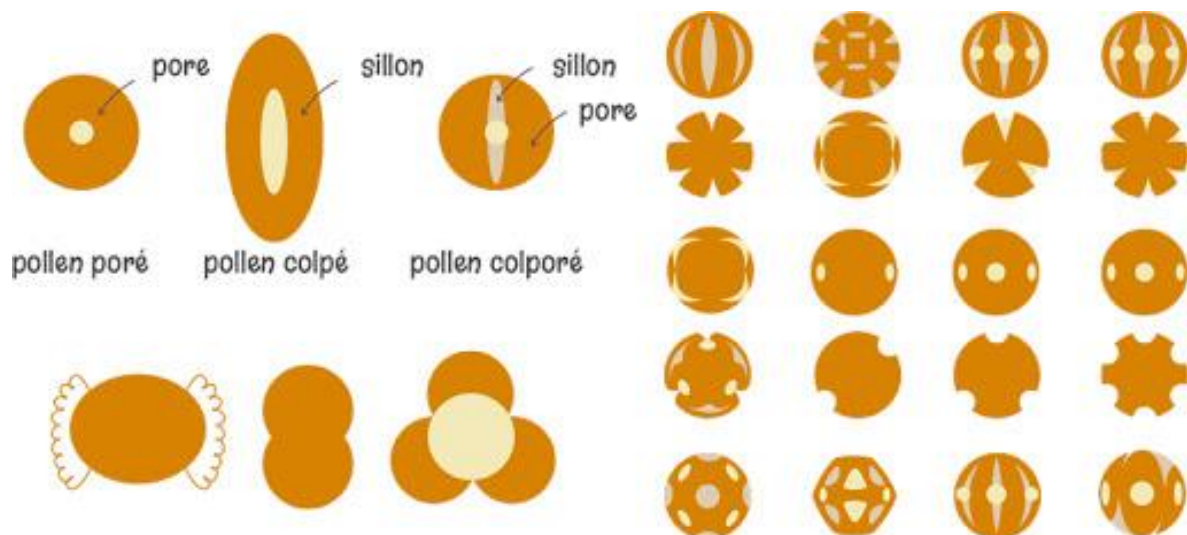


Figure 22:Principaux types d'apertures (**Albore, 1998**).

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

I. 1. Echantillonnage :

Le nombre d'échantillons de miel d'Eucalyptus ayant fait l'objet de notre étude est de onze (11). Ces derniers ont été collectés à travers des apiculteurs professionnels dans les années 2018 et 2019 dans plusieurs régions, réparties sur sept (7) Wilayas (**Tableau 4**).

Pour chacun d'eux, nous avons attribué un code qui sera utilisé avec les différentes analyses

Ce travail d'étude a été effectué au niveau des laboratoires de notre département de Biologie.

Tableau 4: Présentation des échantillons de miel étudiés

Echantillon	Région	Année de récolte	L'origine botanique selon les apiculteurs
P1	Tipaza	2018	Eucalyptus
P2	Bouira	2018	Eucalyptus
P3	Ain Defla	2018	Eucalyptus
P4	Tipaza	2019	Eucalyptus
P5	Mostaganem	2018	Eucalyptus
P6	Blida	2019	Eucalyptus
P7	Tizi-Ouzou	2019	Eucalyptus
P8	Bejaia	2019	Eucalyptus
P9	Tipaza	2018	Eucalyptus
P10	Tizi-Ouzou	2018	Eucalyptus
P11	Tizi-Ouzou	2019	Eucalyptus

Les échantillons du miel récoltés sont conservés dans un flacon en verre stérile, hermétiquement fermé et gardé à la température ambiante, cette technique est utilisée pour protéger les composés sensibles à la chaleur et à la lumière.

Les échantillons du miel sont analysés de point de vue physico chimique, (teneur en eau, sucres totaux (degré de Brix), pH, conductivité électrique, couleur et acidité) et une analyse pollinique pour pouvoir enfin donner une appellation juste au miel. Toutes les analyses ont été effectuées en deux répétitions.

Cet examen microscopique pollinique qualitatif donne des informations:

- sur son origine géographique;
- sur son origine botanique;
- sur l'éventuelle souillure du miel;
- sur la quantité de levures;
- sur la présence éventuelle anormale de particules insolubles dans l'eau.

Le rôle principal de cette analyse est donc de déterminer, confirmer, voire d'infirmer les origines botaniques et géographiques des miels.

I. 2. Protocole d'analyse :

Nous avons adopté le protocole d'analyse présenté au niveau de l'organigramme ci-après :

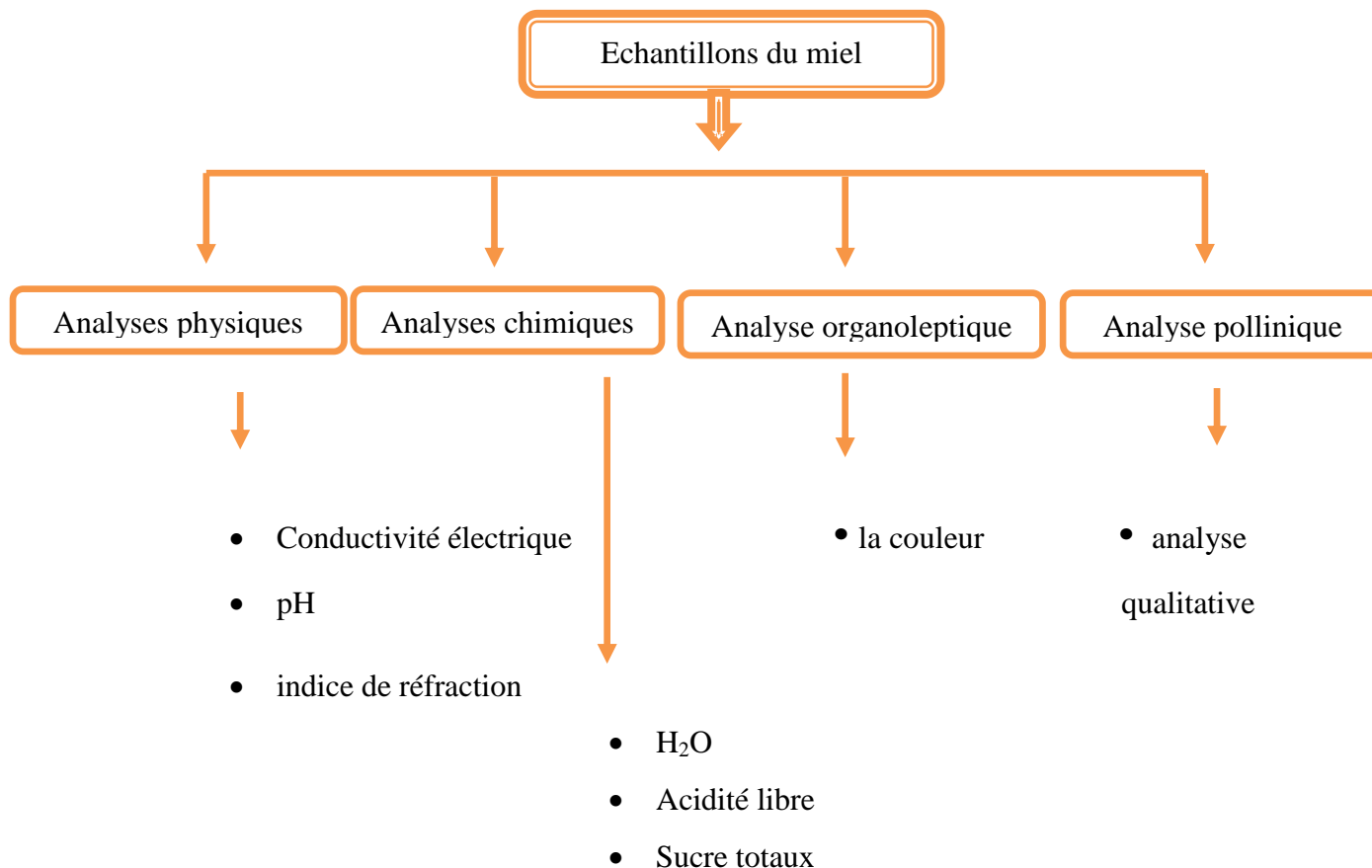


Figure 23:Schéma générale du méthodologie expérimentale.

I. 2.1. Analyse pollinique :

Le protocole utilisé pour l'analyse pollinique des échantillons de miel, est celui préconisé par la commission internationale de la botanique apicole (**Louveaux et al., 1978**).

L'extraction du pollen présent dans le miel est basée sur la différence de densité entre le pollen et le miel dilué.

- 10 grammes d'un miel bien homogénéisé sont versés dans un bécher. On les dilue dans 20 ml d'eau chaude (pas plus de 50 °C), on utilise la plaque chauffante pour chauffer l'eau.
- La solution est centrifugée pendant 30 minutes à 3600 tours/minute et le liquide surnageant est jeté de façon à ne conserver que le culot de centrifugation. (Les durées et vitesses de centrifugation peuvent varier selon les cas).
- Ce culot est ensuite mis en suspension dans de l'eau distillée puis centrifugé à nouveau 15 minutes à 3600 tours/minute (**Féguere24**). Le surnageant est éliminé.



Figure 24: Centrifugation du miel.

- On aspire ensuite le culot à l'aide d'une pipette pasteur et on le dépose sur une lame.
- On laisse évaporer l'excédent d'eau sur la plaque chauffante avant de déposer une goutte de gélatine glycinée qui fixera la préparation, et on la recouvre avec une lamelle

- L'identification se fait au microscope à différents grossissements (400X à 1000X)
- La morphologie des grains est variée et caractéristique. Les caractères considérés sont la symétrie, la forme, la taille, les apertures (pores ou sillons) ainsi que l'ornementation de l'exine.

Après l'identification du grain de pollen, l'interprétation de la lame dans sa globalité est tout aussi délicate. Elle combine à la fois l'identification et le dénombrement. Elle doit en effet révéler une association cohérente et logique des espèces en rapport avec la couverture végétale correspondant au climat de la région de provenance de l'échantillon. Il est donc nécessaire d'avoir de bonnes connaissances en écologie et en botanique. Ces grains de pollen, identifiés sont cependant de bons marqueurs de l'environnement d'où provient le miel.

I. 2.2. Analyses physicochimiques :

I. 2.2.1. Détermination de l'indice de réfraction et la teneur d'eau :

La mesure de la teneur en eau se fait très simplement au moyen d'un réfractomètre (Figure 25). On adopte la méthode réfractométrique de Chataway (**Bogdanov, 2002**).

La détermination de la teneur en eau s'effectue par la mesure optique de l'indice de réfraction du miel à 20 °C. Le miel à analyser doit être homogénéisé et parfaitement liquide, on le met dans un flacon fermé hermétiquement et on le place dans un étuve à 40 °C, jusqu'à ce que tous les cristaux de sucres soient dissous.

Après refroidissement à température ambiante à l'aide d'une spatule, une goutte de miel est déposée sur la surface du prisme. La lecture de l'indice de réfraction est effectuée à travers l'oculaire au niveau de la ligne horizontale de partage entre une zone claire et une zone obscure. Cette ligne coupe une échelle verticale graduée directement en pourcentage d'humidité dans le miel. La température du prisme est notée.

Si la lecture est faite au-dessus de 20°C, on ajoute 0.00023 par degré et dans le cas contraire on soustrait 0.00023 par 1°C. On exprime le pourcentage d'eau après la mesure de l'indice de réfraction à l'aide du tableau de Chataway (**Annexe 1**).



Figure 25: Mesure la teneur d'eau et degré de Brix par réfractomètre.

I. 2.2.2. Les sucres totaux :

Ils représentent la plus grande partie de la matière sèche du miel, le fructose et le glucose sont les principaux sucres trouvés en grand pourcentage, avec environ 90% (Gonnet, 1982).

La mesure des sucres totaux est faite au même temps avec la mesure de l'indice de réfraction par refractomètre abbé (Conti, 2000; Conti et al., 2007).

I. 2.2.3. Le pH et L'acidité :

Un échantillon de 10 g de miel est dissous dans 75 ml d'eau distillée, et le pH est mesuré on utilisant un pH-mètre (Figure 26). Ce dernier est étalonné avant son utilisation.



Figure 26: Conduite de l'analyse du pH et de l'acidité libre du miel.

L'acidité libre est le contenu de tous les acides libres dans le miel. L'échantillon de miel, qui est utilisé pour déterminer le pH, à l'aide d'une micropipette de 200 µl ont titré avec 0,1 M de solution d'hydroxyde de sodium à pH 8,30 afin de déterminer l'acidité libre. Elle est exprimée en milliéquivalents par kg de miel (**D'Arcy, 2007**).

$$\text{Acidité libre} = \text{volume de 0.1M NaOH (ml)} \times 10$$

I. 2.2.4. Conductivité électrique :

Selon la méthode parue au journal officiel de la république française (**JORF, 1977**). La conductibilité électrique est mesurée à 20 °C d'une solution à 20% de matière sèche. La mesure a été effectuée à l'aide d'un conductimètre avec électrodes. La masse de miel est pesée de la manière suivante:

$$M \text{ (g)} = \frac{5.100}{MS}$$

MS: étant la matière sèche du miel en gramme

M: étant la masse du miel en gramme.

Le miel de masse M a été dissous dans quelques ml d'eau distillé, puis complétée à 25ml dans une fiole jaugée cette solution de miel est versée dans un bêcher porté dans un bain marie thermostatique.



Figure 27: Détermination de la conductivité électrique du miel.

I.2.3. analyse organoleptique :

I. 2.3.1. La couleur :

La couleur a été déterminée avec un spectrophotomètre, on lisant l'absorbance des solutions des miels à 635 nm (10 g du miel dans un 20 ml d'eau distillé) (Naab *et al.*, 2008).

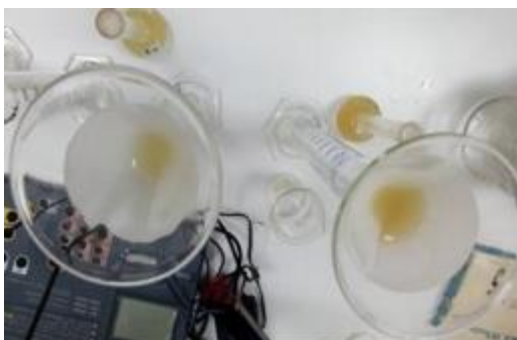


Figure 28: Etapes de la mesure l'absorbance des miels.

Le **Tableau 5** montre les couleurs du miel, l'absorbance et les valeurs en mm Pfund, obtenu par l'utilisation de la formule suivant:

$$\text{mmPfund} = -38.7 + 371.39 \times \text{Absorbance}$$

Tableau 5: La couleur du miel exprimée en absorbance et en mm Pfund (Naab et al., 2008).

La couleur du miel	Absorbance	mm Pfund
blanc d'eau	0.104 - 0.125	0 – 8
extra blanc	0.125 - 0.148	8 - 16.5
Blanc	0.148 - 0.195	16.5 – 34
ambré extra clair	0.195 - 0.238	34 – 50
ambréclair	0.238 - 0.333	50 – 85
Ambré	0.333 - 0.411	85 – 114
Foncé	> 0.411	> 114

Résultats et discussions

II .1. L'Analyse pollinique

Les miels naturels contiennent en suspension de nombreux grains de pollen. Leur absence permet de suspecter qu'il s'agit de sucre inverti. Les pollens proviennent des fleurs que l'abeille a visitées. L'accès au nectar met obligatoirement les butineuses en contact direct avec les étamines, lesquelles perdent une partie de leur pollen qui est capturé par la pilosité de l'abeille (**Laalam, 2018**).

La majorité des miels proviennent d'une flore bien diversifiée. Il est courant que les abeilles visitent à la fois une dizaine ou une vingtaine d'espèces végétales fleurissant en même temps dans leur secteur de butinage. Chaque abeille ne s'intéresse qu'à une espèce, mais nous devons considérer l'ensemble de la population d'une ruche, qui comporte des milliers de butineuses. Le nectar rapporté à la ruche provient de sources multiples. Il en résulte que les miels récoltés par l'apiculteur sont le plus souvent polyfloraux (**Bonte et Desmouliere, 2013**).

Le rôle principal de l'analyse qualitative des pollens dans le miel, est de déterminer, confirmer l'origine botanique et géographique du miel. Elle permet de contrôler leur qualité, et augmentant ainsi leur valeur économique. Elle a permis d'établir une liste des plantes, régulièrement visitées par l'abeille.

Après l'identification par comparaison avec des pollens de référence, malheureusement nous pouvons dire que tous les échantillons des miels analysés sont des miels polyfloraux et ne confirment pas son appellation florale présumée ' miel d'eucalyptus', c'est pour ça on travaille dans ce cas sur les miels **polyfloraux**.

II .2. Les analyses physicochimiques :

Le pH, la teneur en eau, les sucres totaux, (le degré de Brix) la conductivité électrique, l'acidité libre et la couleur sont des paramètres analysés sur différentes échantillons de miel algérien.

Ces paramètres physico-chimiques sont nécessaires pour l'identification de l'état et la qualité du miel.

II .2.1. La teneur en eau :

La teneur en eau influe sur la couleur de miel, sa viscosité, sa saveur, sa densité et sur son indice de réfraction, c'est le paramètre physicochimique le plus important pour l'étude de la conservation et la stabilité des nourritures en général. Ce paramètre est lié aux conditions climatiques, la saison de récolte, le degré de maturité et varie énormément, en fonction de la source florale (**Laouar, 2017**).

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que la teneur en eau des échantillons étudiés varie entre $15,6 \pm 0,6$ % et $21,5 \pm 0,1$ % avec une moyenne égale à $17,9 \pm 1,8$ % (**Figure 29**). En effet, tous les miels analysés sont conformes à la norme proposé par le **Codex Alimentarius (2001)**, sauf pour l'échantillon P10 qui a une teneur supérieur à 21%, ils sont susceptibles à la fermentation.

La teneur en eau est une donnée très importante à connaître car elle conditionne la qualité du miel. Les problèmes qui se posent pour les miels dont la teneur en eau est supérieure à 18% c'est au niveau du stockage, du conditionnement et de la stabilisation de leur état physique (présentation). En effet, ces miels sont sujets à l'effondrement de la texture cristalline, c'est-à-dire à la séparation en deux phases, l'une liquide contenant le lévulose et qui fermente avec la plus grande facilité, l'autre solide constituée surtout de glucose (**Laalam, 2018**). Les contrôles chimiques effectués pour un miel de qualité ont montré que la teneur en eau de plus de 95% des miels, est inférieure à la valeur prescrite de 18,5% (**Bogdanov, 2001**). Dans nos miels trois échantillons (P1, P7 et P10) dépassé cette valeur.

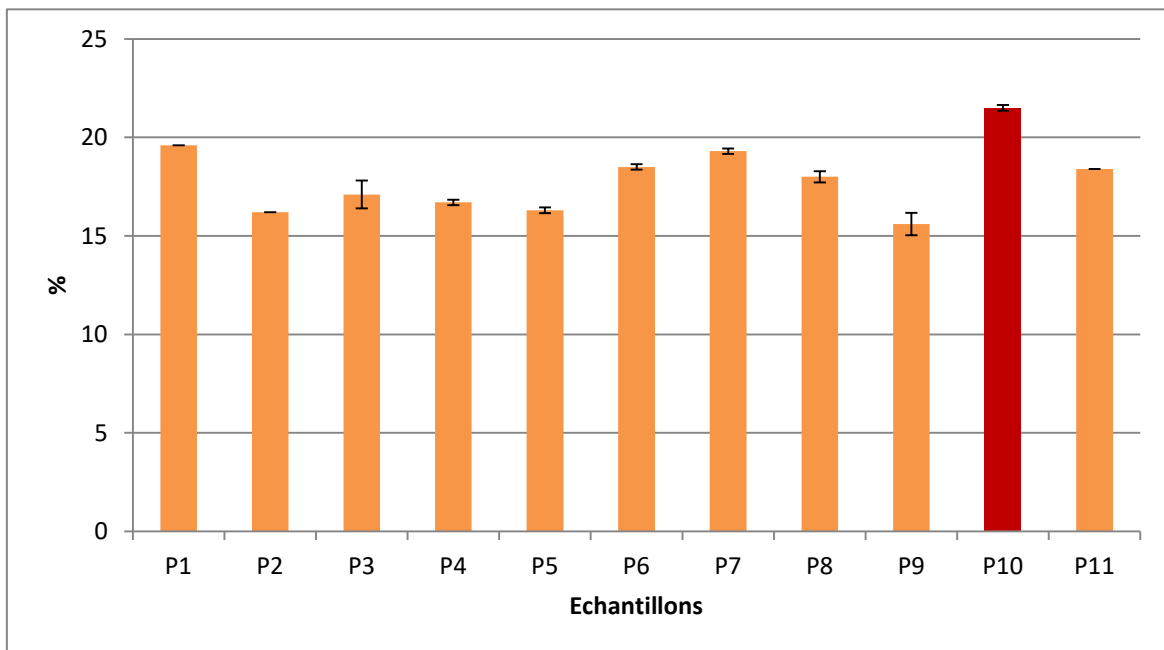


Figure 29: Distribution de la teneur en eau des miels analysés.

Une valeur trop grande d'humidité peut provenir d'une extraction trop précoce, un excès d'eau peut entraîner la fermentation de miel. Selon **Mehryar et al. (2013)**, les miels contenant moins de 17,1% d'humidité sont classés comme sûrs indépendamment de la teneur en levure.

Pour les miels Algériens, **Makhloufi et al. (2010)**, ont relevé des teneurs en eau entre 13,9 et 20,2%. **Haouam (2016)** a trouvé des valeurs entre 13,16 à 17,32% dans 30 échantillons de miels des régions arides du Nord Est algérien. **Terrab et al. (2003a)** ont découvert une teneur moyenne 17,25% dans 29 miels Marocains.

II .2.2. Les sucres totaux :

Les hydrates de carbone constituent la partie la plus importante du miel car ils représentent 95 à 99% de la matière sèche. C'est à dire que l'eau et les sucres forment la quasitotalité du miel. **Zerrouk et al. (2011)** confirment que l'eau et la teneur en sucre du miel sont inversement corrélées.

Les résultats des taux moyens en sucres totaux obtenus varient de 76,85 à 82,6% avec une moyenne de **80,4±1,7 (Figure30)**. Le miel de Bouira (P2) qui représente une

teneur en eau faible comme il a été indiqué auparavant, présente ici le taux de sucres totaux le plus élevé. Inversement, le miel Tizi-Ouzou (P10), avec le taux de sucre le plus faible, possède la teneur la plus élevée en eau. Ces résultats sont comparables de celle obtenue par **Laalam (2018)**, pour les miels Algériens avec une moyenne de 83%.

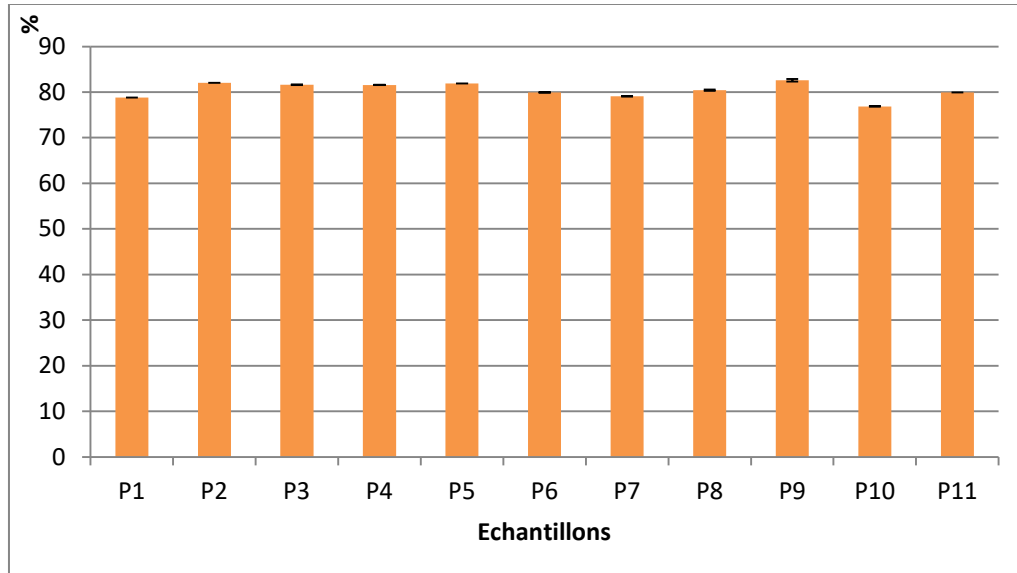


Figure 30: Distribution des sucres totaux des miels analysés.

II .2.3. Le pH :

Le miel est naturellement acide indépendamment de son origine géographique, qui peut être due à la présence d'acides organiques qui contribuent à sa saveur et sa stabilité contre la détérioration microbienne (**Ibrahim Khalil et al., 2012**).

Les valeurs de pH des miels étudiés tendent vers l'acidité, elles sont comprises entre $3,9 \pm 0,01$ (P7) et $4,3 \pm 0,01$ (P5) avec une moyenne de $4,1 \pm 0,01$ (**Figure 31**). Ces résultats sont similaires de celle rapportés par **Azonwade et al. (2018)**, qui ont trouvés une valeur de pH variant de 3.65 à 4.09, et comparables de celle obtenues par **Homrani (2020)**, qui trouve des valeurs de pH entre 3,58 et 4,66 avec une moyenne de 4,01.

Le pH du miel est influencé par les conditions durant l'extraction et la conservation, qui influence aussi la texture, stabilité et la durée de vie (**Silva et al., 2009**).

Les miels de nectar, très acides, ont un pH compris entre 3,5 et 4,5. Les miels de miellats, moins acides, ont un pH supérieur à 4,5 (**Schweizer, 2005; Gonnet, 1986**).

Les résultats de l'analyse de 93 miels espagnols obtenus par **Escuredo et al. (2019)** enregistrent une valeur moyenne de pH avec $4,4 \pm 0,2$. Les miels indiens enregistrent des pH voisins de 3,78 et 3,45 pour les miels de miellat et de nectar, respectivement (**Nayik et Nanda, 2015**).

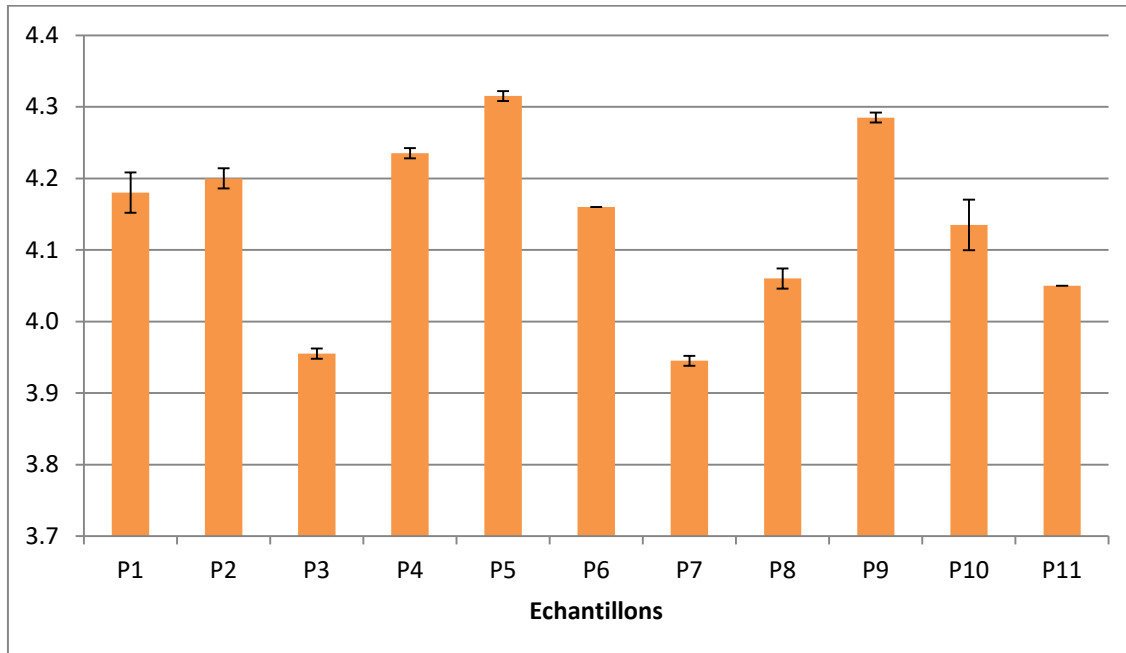


Figure 31: Distribution du pH des miels analysés.

II .2.4. L'acidité libre :

L'acidité est un critère de qualité très important durant l'extraction et le stockage du miel en raison de son influence sur la texture et la stabilité. Elle donne des indications très importantes de l'état du miel. Certains de ces acides proviennent du nectar ou du miellat, mais leur origine principale provient de sécrétions salivaires de l'abeille.

La teneur en acides libres varie selon la variété du miel. Dans les miels de miellat, elle est généralement supérieure à celle des miels de fleurs.

Globalement, les valeurs de l'acidité libre des échantillons de miels sont situées entre 25 méq/Kg et 42,5 méq/Kg, avec une moyenne de 35,22 pour les échantillons P8 et P11 respectivement (**Figure 32**), c'est-à-dire que tous les miels analysés sont dans la norme requise du **Codex Alimentarius (2001)**, qui est 50 meq /kg de miel, indiquant une absence de fermentation indésirable dans nos échantillons.

La plus faible valeur est constatée avec les échantillons (P1, P2, P3, P4, P5, P7, P8, P9) alors que les échantillons (P6, P10, P11) présentent les valeurs les plus élevées, ce qui indique que ces derniers sont plus riches en acides organiques par rapport aux autres échantillons.

Nos résultats concordent avec d'autres travaux réalisés sur des miels Algériens, **Makhloufi,(2010)** a trouvé des valeurs variant entre 3 et 22,50 meq /Kg, **Zerrouk et al. (2011)** signalent des valeurs entre 17.97– 49.1 meq/kg.

Prca et al. (2014) ont signalé des valeurs moyennes plus élevées de l'acidité dans des échantillons de miel multiflore. **Gebremariam et Brhane (2014)** ont trouvé une valeur moyenne de l'acidité égale à $12,66 \pm 10,61$ meq / kg de miel.

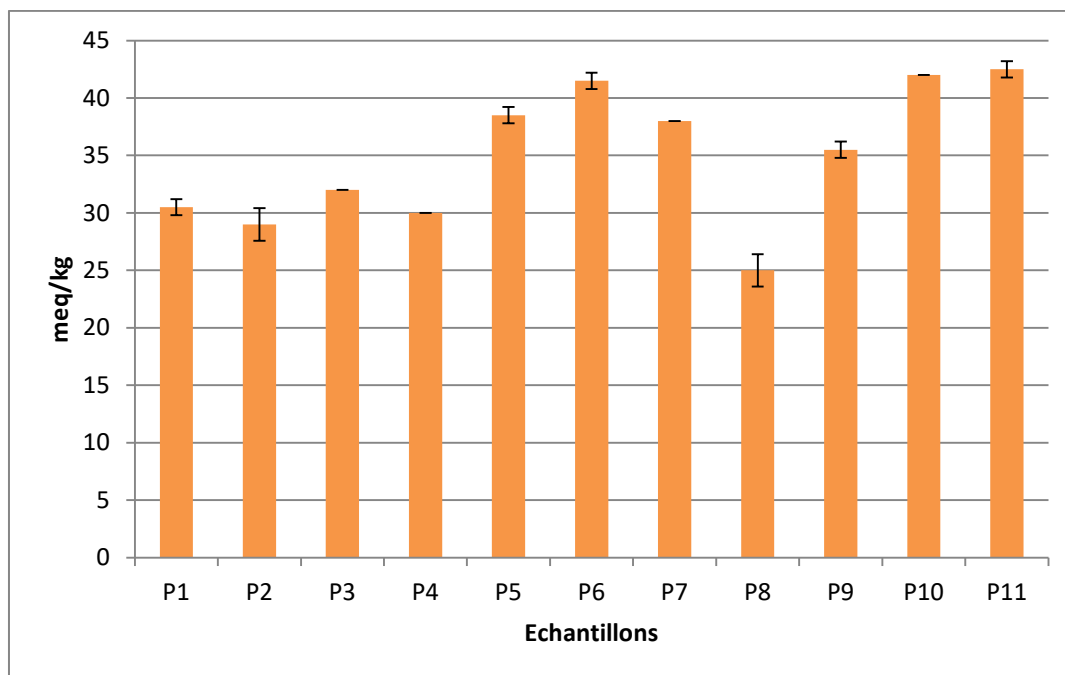


Figure 32: Distribution de l'acidité libre des miels analysés.

Selon **Ajlouni et al. (2010)**, Une acidité libre élevée peut être un indice d'une fermentation par des levures. En effet, au cours de la fermentation, le glucose et le fructose sont convertis en alcool, ce dernier est à son tour hydrolysé en présence d'oxygène et converti en acide acétique, ce qui contribue à l'augmentation de l'acidité libre. La variation de l'acidité dans les différents miels peut être attribuée à l'origine florale ou à des variations en raison de la saison de la récolte.

D'après **Schweitzer (2004)**, l'acidité naturelle du miel s'accroît lorsque le miel vieillit, lorsqu'il est extrait des rayons avec de la propolis et notamment lorsqu'il s'altère par fermentation.

II .2.5. La Conductibilité électrique

La conductivité électrique représente un outil fiable pour la détermination de l'origine botanique du miel, car un miel de nectar a une plus faible conductivité qu'un miel de miellat, et est désignée aujourd'hui lors de contrôles de routine du miel.

La conductivité électrique des miels analysés est comprise entre 479 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1214 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P8 et P5) avec une moyenne de 821,72 $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 11,27$ (**Figure 33**). **Draiaia en 2016** est également trouvé des valeurs similaires.

Selon les recommandations (**Codex Alimentarius, 2001**), les miels ayant une conductivité électrique inférieure à 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sont des miels issus de nectar, tandis que ceux qui sont issus de miellats ont des valeurs supérieures à 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui suggère que les échantillons (P2, P3, P4, P8 et P10) sont d'origine florale montrent des valeurs faibles, et pour les échantillons (P5, P6 et P9) sont des miels issus de miellats les valeurs les plus élevées, (P1, P7 et P11) qui est probablement un miellat ou un mélange nectar miellat

Ceci laisse penser que le miel d'échantillon (P5) 1214 ± 8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est le plus riche en minéraux. En effet, selon **Majewska et al. (2019)**, une corrélation linéaire est conclue entre la conductivité électrique et la teneur en matières minérales d'un miel. D'autres facteurs influent, également, sur la variabilité de la conductivité tels que l'acidité, sa composition en protéines et autres substances ionisables, la variabilité de l'origine botanique de ces miels ainsi que les conditions climatiques de la région de récolte (**Fechner et al., 2016**).

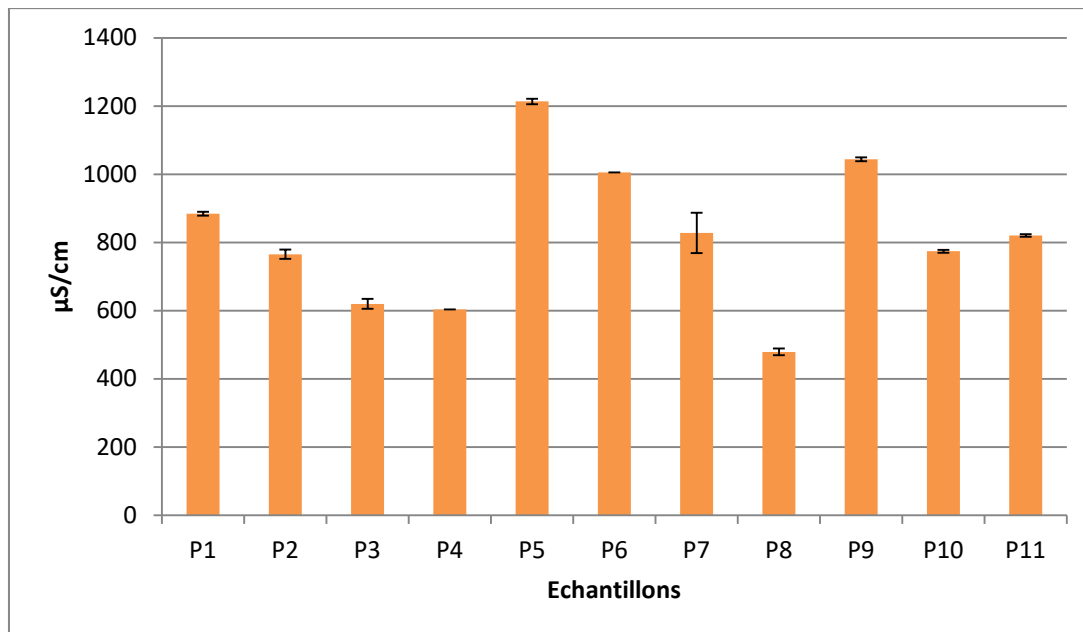


Figure 33: Distribution de la conductivité électrique des miels analysés.

II.3. Analyse organoleptique

II .3.1. La couleur

Le miel peut avoir des couleurs différentes allant du jaune clair à l'ambre, et de l'ambre foncé à presque noir avec un soupçon de rouge. Cette propriété est liée aux contenus en minéraux, le pollen et les composants phénoliques présents dans le miel et qui varie en fonction de l'origine géographique et les variétés botaniques visitées par les abeilles (**Ramalhosa et al., 2011**).

En outre, la couleur du miel peut être aussi influencée par la méthode de production et les pratiques agricoles (**Almeida-Muradian et al., 2013**). Certains changements se produisent également pendant le stockage (**Draiaia, 2016**).

Dans notre étude, la valeur de la couleur varie de 98 à 331 mm Pfund avec une moyenne de 196 ± 61 mm Pfund (**Tableau 6**). Ces résultats situés dans l'intervalle signalé par **Draiaia (2016)** pour les miels Algériens (entre 12 et 490 mm Pfund).

Nous pouvons constater que 90,9 % des échantillons étudiés étaient de couleur ambre foncé c'est-à-dire >114 mm Pfund, et un seul échantillon (9,1 %) était de couleur ambre (98 mm Pfund).

Tableau 6: Variation de l'intensité de couleur en fonction des échantillons étudiés.

Echantillon	mmPfund	Couleur
P1	186	ambre foncé
P2	134	ambre foncé
P3	98	Ambre
P4	215	ambre foncé
P5	183	ambre foncé
P6	201	ambre foncé
P7	179	ambre foncé
P8	157	ambre foncé
P9	235	ambre foncé
P10	234	ambre foncé
P11	331	ambre foncé

Conclusion

Conclusion

L'étude que nous avons menée a permis d'évaluer la qualité des miels à partir d'une analyse pollinique pour confirmer l'origine floral et de l'analyse de principaux paramètres physico-chimiques : teneur en eau, sucres totaux (degré de Brix), pH, conductivité électrique, couleur et acidité.

Les miels récoltés à travers de quelques régions d'Algérie, 3 échantillons de wilaya de Tipaza, 3 échantillons de wilaya de Tizi-Ouzou et cinq à d'autres wilayas : Bouira, Ain Defla, Mostaganem, Blida, Bejaia.

Les résultats obtenus concernant l'analyse pollinique qualitative montre que les miels analysés sont des miels polyfloraux, sans prédominance pollinique, et ne sont pas unifloraux (*Eucalyptus*), ce qui révèle l'importance de l'analyse pollinique dans le contrôle de la qualité et l'origine botanique du miel.

Les résultats physico-chimiques obtenus ont permis de déduire que tous les miels analysés s'accordent avec les normes établis par le Codex Alimentarius, sauf pour l'échantillon P10 de Tizi-Ouzou qui a une teneur d'eau supérieur à 21%, ils sont susceptibles à la fermentation.

Certains paramètres renseignent sur l'origine botanique dont le pH et la conductivité électrique, ces miels sont élaborés à partir de nectar ou un mélange de nectar et de miellat.

Afin de compléter cette étude, les recommandations suivantes sont proposées :

- Elargir l'échantillonnage aux miels de différentes régions d'Algérie, et de prendre en considération un nombre d'échantillons plus représentatif.
- Etudier d'autres propriétés des miels algériens (antimicrobiennes, thérapeutiques..).
- Tester plusieurs d'autres paramètres physico-chimiques avec des méthodes plus performantes pour la détection des fraudes.
- La commercialisation du miel doit être faite dans des pots en verre ou en plastique, qui doivent être portant toutes les informations indispensables (l'origine florale, la date de récolte, le nom et l'adresse de l'apiculteur).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ❖ **Adam, G. (2011).** Botanique apicole, production de nectar et de pollen. COURS, école d'apiculture Ruchers du Sud-Luxembourg, 11p.
- ❖ **Almeida-Muradian, L., Stramm, K., Horita, A., Barth, O., Freitas, A. et Estevinho, L. (2013).** Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*. International Journal of Food Science and Technology, 48 : 1698-1706.
- ❖ **Al-Mamary, M., Al-Meerri , A., Al-Habori ,M.(2002).** Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. Nutrition Research 22.1041-1047.
- ❖ **Amri, A. (2016).** Contribution à l'étude approfondie de quelques miels produits en Algérie : Aspect physico-chimique et botanique. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba, 170p.
- ❖ **Anklam, E.A. (1998).** Review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey, Food chemistry, 63, 549-562.
- ❖ **Azeredo, L.D.C., Azeredo, M.A.A., Souza, S.R. et Dutra, V.M.L. (2003).** Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. Food Chemistry, 80:249–254.
- ❖ **Baum, K. A, Rubink ,W.L, Coulson ,R. N, Vaughn ,M and Bryant ,J. R. (2004).** PollenSelection by Feral Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colonies in a Coastal PrairieLandscape, Environ Entomology. 33(3), 727-739.
- ❖ **Biri, M. (1986).** L'élevage moderne des abeilles, édition : Devecchi. S. a. paris. pp : 91-101.

- ❖ **Blasa, M., Candiracci m. A., Piacenti m. P., Andpiatti E. (2007).** Honey flavonoids as protection agents against oxidative damage to human red blood cells. *Food Chemistry*, 104.P: 1635-1640.
- ❖ **Bogdanov S. 2001.** Honey Quality and International Regulatory Standards. Review by the International Honey Commission. <http://www.apiservices-Article-Honey>
- ❖ **Bogdanov S., Bieri . k., Gremaud G., Iff D., Kanzig A., Seiler K., Stockli H. et Zurcher K. (2003)** .Produits Apicoles. 23 A Miel, 1-37.
- ❖ **Bogdanov S., Blumer P., (2001).** Propriété antibiotique naturelle du miel. *RSA*, 98(3),107-114.
- ❖ **Bogdanov, S., Ruoff , K., Oddo , P.L.(2004)** Physicochemical Methods For The Characterisation Of Unifloral Honeys .*Apidologie*.35:17p.
- ❖ **Boughediri, L. (2003).** Support de cours, palynologie et applications. Université Annaba, 194p.
- ❖ **Bruneau, E. (2011).**Chapitre IX : Les produits de la ruche. In : Clément et al., *Le traité rustica de l'apiculture*. Éditions Rustica, Paris, p. 354-387.
- ❖ **Buba, F., Gidado, A., Shugaba, A. (2013).** Analysis of biochemical composition of honey samples from North-East Nigeria. *Biochem Anal Biochem*. 2 (3), 139.
- ❖ **Buckley, RC.(1987).**Interactions involving plants, homoptera, and ants.*Annual Review of Ecology and Systematics* 8 : 111-135 p.
- ❖ **Canini , A., De Santis L., Leonardi D., Di Giustino, P., Abbale F., Damesse E. et Cozzani R. (2005).**Qualificazione dei mieli e piante nettariere del Camerun Occidentale. *La Rivista di Scienza dell'Alimentazione*, anno 34n, 4.

- ❖ **Cetam. (2010)**.(Centre d'Etudes Techniques Apicoles de Moselle). Les analyses. Disponible sur : <http://www.cetam.info/site/2010/07/24/les-analyses/> (page consultée le 17/11/2014)

- ❖ **Cernak ,M., Majtanova ,N., Cernak , A. et al .(2012)**. Honeyprophylaxisreduces the riskofendophthalmitisduringperioperativeperiod of eyesurgery. *PhytotherRes. Apr* ; 26(4) :613-6

- ❖ **Chefrou, A. (2007)**. Miel Algérien : Caractéristique physico-chimique et melissopalynologique (cas des miels de l'EST Algérie). Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat d'état des sciences, Université Badji Mokhtar Annaba.103p

- ❖ **Cheorun, J., JAE Kyung K., Jin Kang H. et al. (2005)**. Irradiation Effects on the Decontamination of Microorganisms in Honey. International Symposium « New Frontier of Irradiated food and Non-Food Products », 22-23 September

- ❖ **Chepulis, L. (2008)**. Healing honey: A naturalremedy for batterhealth and wellness. Ed: Brown Walker: 141.

- ❖ **Codex Alimentarius. (2001)**. Commission Standards, Codex Standards for Honey, (1981/ revised 1987/revised 2001), FAO– Rome. p 1–7.

- ❖ **Clémence, H. (2005)**. Le miel : de la source à la thérapeutique. Sciences pharmaceutiques. hal01733105

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

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

- ❖ **Delphine, I. (2010).** Le miel et ses propriétés thérapeutiques. Utilisation dans les plaies Doctorat en pharmacie. Faculté de pharmacie. Université de Limoges, pp. 56-57. Faculté de pharmacie. Université poincare de Nancy 1, pp.17-37.

- ❖ **Deschamps, V. (1998).** Production et commercialisation du miel. Thèse Méd. Vét., Université Paul-Sabatier, Toulouse III, 118p.

- ❖ **Desmouliere, A., Bonte, F., Couquet, Y., Rigal, M.L. (2013).** Le miel, quel intérêt en cicatrisation ? Actualités Pharmaceutiques, 52 (531), pp.17-35

- ❖ **Donadieu, Y. (2008).** Ma pharmacie naturelle. Faculté de médecine de Paris. <http://www.afssa.fr/index.htm> /Revue phytothérapie article 2008 Dr Descottes).

- ❖ **DRAIAIA R. 2016.** Caractérisation physico-chimique et appellation botanique des miels Algériens (Cas des ruches Langstroth). These de Doctorat. Universite Badji Mokhtar – Annaba. 279p.

- ❖ **Estevinhol, L., Prereira, .P., Moreira, L., Dias, L.G. and Prereira, E. (2008).** Antioxidant and antimicrobial effects of northeast Portugal honey. Food and Chemical Toxicology, 46(12): 3774-3779

- ❖ **FRÈRE, A. (2010).** ma méthode d'apiculture, édition Le courrier de livre 29, rue de condé, 75006 Paris.

- ❖ **Frias B E D, Barbosa C D, Lourenço A P. 2016.** Pollen nutrition in honey bees (*Apis mellifera*): impact on adult health. Apidologie, 47 (1):15- 25.

- ❖ **Gebremariam T., Brhane G., (2014).** Determination Of Quality And Adulteration Effects Of Honey From Adigrat And Its Surrounding Areas, International Journal Of Technology Enhancements And Emerging Engineering Research, 2(10).

- ❖ **Gharbi, M. (2011).** Les produits de la ruche : Origines - Fonctions naturelles Composition -Propriétés thérapeutiques. Apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire. Thèse Méd. Vét. Université Claude Bernard, Lyon, 247p.

- ❖ **Gonnet, M. (1986).** Le miel : composition, propriétés et conservation. Ed. OPIDA : 22.

- ❖ **GUERZOU, M. (2014).** In Etude comparative de la qualité de quelque miels algériens et ceux importés ; en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Sciences Agronomiques

- ❖ **Gupta, R.K., Rybroeck, W. et Johan, W. R,(2014).**Beeking for povertyallevaition and livelihood security. Ed. Springer : 1-114.

- ❖ **Haouam L. (2016) :** Etude physico-chimique et mellisopalynologique de quelques échantillons de miel (Nord- Est algérien), thèse de Doctorat en Biologie, Université Badji mokhtar Annaba, 102p

- ❖ **Hoyet, C., Laurain-Mattar ,D. (2005).** Le miel : de la source à la thérapeutique. Thèse de doctorat : Pharmacie. Nancy:Nancy1:<https://www.ajol.info/index.php/srst/article/viewFile/117860/107504>

- ❖ **HUCHET, E., COUSTEL, J., GUINOT, L. (1996)** Les constituants du miel [en ligne]. Disponible sur : www.beekeeping.com/articles/fr/chimie_miel.htm.

- ❖ **Ibrahim Khalil, Md. , Moniruzzaman, M., Boukraâ, L., Benhanifia, M., Asiful IslamNazmul Islam Md., Siti Amrah S and Siew Hua Gan. (2012).** Physicochemical and Antioxidant Properties of Algerian Honey, *Molecules*, 17, 11199-11215

- ❖ **Ioiriche, N. (1979).** Les abeilles, pharmaciennes ailées, 3ème édition, Moscou, Éditions Mir, 239p

- ❖ **Iurlina M.O.et Fritz R. (2005).** Characterisation of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. International Journal of Food microbiology.105,297-304.

- ❖ **JEANNE, F. (1994.)**- Le pollen : Récolte et conservation. pp : 211-214.

- ❖ **Jelen, H. (2012).** Food flavors:chemicalsensorytechnologyproperties. E. Taylors&Fransic Group, LLC : 389-390

- ❖ **Karl, V.F. (2011).** vie et mœurs des abeilles, Edition Albin Michel, 22 rue Huyghens, 75014 Paris. ISBN : 978-2-226-1872-7. ISSN : 0298-2447.

- ❖ **Koechler, S. (2015).** Le miel dans la cicatrisation des plaies : un nouveau médicament ? thèse en pharmacie, faculté de pharmacie université de lorraine, 2015, p67.

- ❖ **Küçük, M., Kolayli, S., Karaoglu, S., Ulusoy, E., Baltaci, C. et Candan,F.(2007).** Biologicalactivities and chemical composition of threehoneys of different types from Anatolia.Food Chemistry.100 : 526-534.

- ❖ **LAALAM H. 2018.** Etude melissopalynologique, physicochimique et antibactérienne de quelques échantillons de miels du sud Algérien. Thèse de doctorat. Université Kasdi Merbah – Ouargla. 111p

- ❖ **La catoire Fantastique.(2013).**<http://www.catoirefantastique.be/animaux/abeille/histoire-apiculture-prehistoire.html>.

- ❖ **Laouar ,H. 2017.** Analyses polliniques et physico-chimiques des miels du Nord Est algérien. Thèse de doctorat. Université d'Annaba. 126p.

- ❖ **Laurent , C. 2014.** L'abeille et le conseil à l'officine. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de Poitiers. 80p.
- ❖ **Makhloufi, C, Kerkvliet, J.D, D'Albore, G.R, Choukri , A and Samar , R, (2010).** Characterization of Algerian honeys by palynological and physic-chemical methods, *Apidologie*, 41, 509-521.
- ❖ **Marchenay, P.H. (1988).** Miels, miellats, miellées. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 35^e année. p 121-146.
- ❖ **Mbogning, E., Tchoumboue, J., Damesse, F., Sobze, M.S. et Canini, A. (2011).** Caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone Soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun. *Tropicultura*, 29 (3): 168-175.
- ❖ **Meda, A., Lamien, C. E., Romito. M ., Millogo ,J et Nacoulma, O.G.(2005).** Determination of total, phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina .
- ❖ **Mehryar, M., Esmaili, M., and Hassanzadeh, A. (2013).** Evaluation of Some Physicochemical and Rheological Properties of Iranian Honeys and the Effect of Temperature on its Viscosity. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 13 (6): 807-819.
- ❖ **Miskovsky ,J et Petzold ,M.(1992).** Spores et pollen. Ed. La Duralie. Paris. 248p.
- ❖ **Molan, P. C. (2002).**« Hydroxymethylfural (HMF) and related compounds. In : Stadler R.H. , Lineback D.R . (Eds), *ProCESS- Induced food Toxicant: Occurrence, formation mitigation and health risks*. Wiley-Blackwell: Hoboken.135.
- ❖ **Moniruzzaman, M., An C.Y., Rao ,P.V., Hawlader, M.N., Amirah ,S., Bintimohd, A., Sulaiman, S.A et Gan ,S.H.(2014).** Identification of phénolicacids and flavonoids in monofloral honey from Bangladech by High performance Liquid Chromatography : Determination of antioxidant capacity. *HindawiPublishing Corporation*.1-13.

- ❖ **Morais, M., Moreira, L., Feás, X., Estevinho, L. M. (2011).** Honeybee-collected pollen from five Portuguese Natural Parks: Palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*, 49 (5), 1096-1101

- ❖ **Nair, S. (2006)** In Biodiversité végétale et qualité du miel dans la région nord-ouest Algérienne. Mémoire de magister d'écologie.

- ❖ **Nanda, V., Sarkar BC., Sharma, HK., Bawa ,AS. (2003).** Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *J. Food Comp. Anal* 16 : 613-619.

- ❖ **Nayik, G. A. et Nanda, V., (2015).** Physico-Chemical, Enzymatic, Mineral and Colour Characterization of Three Different Varieties of Honeys from Kashmir Valley of India with a Multivariate Approach. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 65(2) : 101–108.

- ❖ **Nicolaÿ J. 2014.** Perspectives d'avenir en Apithérapie à l'officine. These Pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Université Angers, France. 187p.

- ❖ **Ouchemoukh, S., Louaileche, H., et Schweitzer, P. (2007).**Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Chemistry*.18 : pp 52-58.

- ❖ **Oryan , A., Alemzadeh, E., Moshiri, A.(2016).**Biological properties and therapeutic activities of honey in wound healing : a narrative review and meta-analysis. *Journal of Tissue Viability*, vol.25, p.98-118.

- ❖ **PONS, A. (1970).** Le pollen. Coll. Que sais-je ? Presses universitaires de France. 126p.

- ❖ **Prica, N., Živkov-Baloš1 M., Jakšić, S., Mihaljev, Z., Kartalović, ; B., Babić ,J. and Savić ,S. (2014).** Moisture and acidity as indicators of the quality of honey originating from Vojvodina region, *Arhiv veterinarske medicine*, 7(2), 99-109.

- ❖ **Prost ,P.J. (2005)** Apiculture, connaitre l'abeille –conduire le rucher. Lavoisier, Paris, p : 382.

- ❖ **Ramalhosa, E.E., Gomes, T.T., Pereira A.P., Dias, T.T. et Estevinho ; L.M. (2011).** Mead production tradition versus modernity.Advanced Food Nutritional Research. 63 : 101–118.

- ❖ **Ravazzi, G. (2007).** Abeille et Apiculture, Edition De Vecchi S. A, Paris.

- ❖ **Ricciardelli D'albore, G. (1998).** Mediterranean mellissopalynology. University of Chicago, 466p.

- ❖ **Rigal M-L. (2012).** Miel et gelée royale: Utilisations thérapeutiques dans le domaine cutané et applications en cosmétologie. Thèse de doctorat. Université de Limoges. 157p.

- ❖ **Rossant, A. (2011).**Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse d'exercice en Pharmacie. Limoges : Université de Limoges, 133 p.

- ❖ **SAXENA, M.R. (1993).** Palynology. A treatise. Oxford and IBH Publishing CO. PVT. LTD. 109p.

- ❖ **Saxena, S., Gautam, S. and Sharma, A. (2010).**Physical, biochemical and antioxidant tproperties of someIndian honeys.Food Chem ; 1(3) : 202-203.

- ❖ **Silva, L. R., Videira, R., Monteiro, A. P., Valentão, P.et Andrade, P.B. (2009).** Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. Microchemical Journal, 93 (1) : 73-77.

- ❖ **Sultan, A., Meo., Al-Asiri, S ., Mahesar ,AL., Ansari, M.J. (2016).**role of Honey in Modern Medicine.Saudi Journal of Biological Sciences.DOI: 10.1016/j.sjbs.12.010.

- ❖ **Sylvie C-N.(2016).** Les abeilles ouvrières : vie de la ruche ; Abeilles : accueillir une ruche chez soi

- ❖ **Terrab,A, Diez MJ and Heredia FJ. (2002).** Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry*, 79, 373–379.

- ❖ **Terrab A, Diez MJ and Heredia FJ, (2003).** Palynological, Physicochemical and Colour Characterisation of Moroccan Honeys. I. River and Gum (*Eucalyptus Camaldulensis* Dehnl.) Honey, *International J. of Food Sci. and Tech.* 38, , 379-386.

- ❖ **TERRAB, A., RECAMALES, A.F., HERNANZ, D., HEREDIA, F.J. (2004).** Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry*, 8: 537–542.

- ❖ **UNAF. (2011).** L’abeille, l’arbre et la forêt. *Abeilles et Fleurs*, 2011, hors-série Spécial, pp.6-7

- ❖ **Vaissiere. (2006).** Pollinisation, apiculture et environnement. *Traite Rustica de l’apiculture*.122p. Volume 15 numéros 2. Fédération des Apiculteurs du Québec .service de zootechnie

- ❖ **Yang,Y.(2014).** Qualification des miels de Corse par une approche multifactorielle : diversité pollinique et variabilité chimique. Autre. Université Pascal Paoli, 2014. Français. NNT : 2014CORT0009. tel-01258188

- ❖ **Yao, I., Akimoto, S. (2001).** Ant attendance changes the sugar composition of the honey dew of the drepanosiphidaphid *Tuberculatus quercicola*. *Oecologia*, 36-41.

- ❖ **Zerrouk, S., Fallico, B.G., Arena ,E.N., Gabriele ,F. Ballistreri G.F. and Larbi A. Boughediri, L.A. (2011).** Quality evaluation of some honey from the central region of Algeria, *Jordan Journal of Biological Sciences*, 4(4), 243 – 248.

Annexes

Annexe 1: Table de CHATAWAY

Teneur en eau	Indice de réfraction	Teneur en eau	Indice de réfraction
g/100 g	20°C	g/100 g	20°C
13.0	1.5044	19.0	1.4890
13.2	1.5038	19.2	1.4885
13.4	1.5033	19.4	1.4880
13.6	1.5028	19.6	1.4875
13.8	1.5023	19.8	1.4870
14.0	1.5018	20.0	1.4865
14.2	1.5012	20.2	1.4860
14.4	1.5007	20.4	1.4855
14.6	1.5002	20.6	1.4850
14.8	1.4997	20.8	1.4845
15.0	1.4992	21.0	1.4840
15.2	1.4987	21.2	1.4835
15.4	1.4982	21.4	1.4830
15.6	1.4976	21.6	1.4825
15.8	1.4971	21.8	1.4820
16.0	1.4966	22.0	1.4815
16.2	1.4961	22.2	1.4810
16.4	1.4956	22.4	1.4805
16.6	1.4951	22.6	1.4800
16.8	1.4946	22.8	1.4795
17.0	1.4940	23.0	1.4790
17.2	1.4935	23.2	1.4785
17.4	1.4930	23.4	1.4780
17.6	1.4925	23.6	1.4775
17.8	1.4920	23.8	1.4770
18.0	1.4915	24.0	1.4765
18.2	1.4910	24.2	1.4760
18.4	1.4905	24.4	1.4755
18.6	1.4800	24.6	1.4750
18.8	1.4895	24.8	1.4745
		25.0	1.4740

Annexe 2: les normes de Codex Alimentarius et l'Union Européen (Bogdanov, 2002)

Critères de qualité	Projet du Codex	Projet de l'UE
Teneur en eau		
Général	≤ 21 g/100g	≤ 21 g/100g
Miel de bruyère, de trèfle	≤ 23 g/100g	≤ 23 g/100g
Miel industriel ou miel de pâtisserie	≤ 25 g/100g	≤ 25 g/100g
Teneur en sucres réducteurs	≥ 65 g /100 g	≥ 65 g /100 g
Miels qui ne sont pas mentionnés ci-dessous	≥ 45 g /100 g	≥ 60 g /100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar <i>Xanthorrhoeapr.</i>	≥ 53 g /100 g	≥ 53 g /100 g
Teneur en saccharose apparent	≤ 5 g/100 g	≤ 5 g/100 g
Miels qui ne sont pas mentionnés ci-dessous		
<i>Robini, Lavandula, Hedysarum, Trifolium, Zitrus, Medicago, Eucalyptus cam., Eucryphialuc. Banksia menz.*</i>	≤ 10 g/100 g	≤ 10 g/100 g
<i>Calothamnus san., Eucalyptus scab., Banksia gr., Xanthorrhoeapr.</i> Miel de miellat et mélanges de miel de miellat et de nectar	≤ 15 g/100 g	-
Teneur en matières insolubles dans l'eau	≤ 0,1 g/100 g	≤ 0,1 g/100 g
Général	≤ 0,5 g/100 g	≤ 0,5 g/100 g
Miel pressé		
Teneur en matières minérales (cendres)	≤ 0,6 g/100 g	≤ 0,6 g/100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar, miel de châtaignier	≤ 1,2 g/100 g	≤ 1,2 g/100 g

Acidité	≤ 50 meq/kg	≤ 40 meq/kg
Activité diastasique , (indice diastasique en unités de Schade) Après traitement et mise en pot (Codex) Tous les miels du commerce (UE) Général Miels avec une teneur enzymatique naturellement faible	≥ 8 ≥ 3	≥ 8 ≥ 3
Teneur en hydroxyméthylfurfural Après traitement et mise en pot (Codex) Tous les miels du commerce (UE)	≤ 60 mg/kg	≤ 40 mg/kg