

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOÛT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences gronomiques

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Spécialité : production et nutrition animale

Intitulé

*Analyses polliniques et étude
physico-chimique de quelque types
de miel sur la wilaya de Skikda*

Présenté Par : - GATTAL Dalila

- KETFI Chahrazad

Membres de Jury:

BOUHADJA Nadia	MAA	Président	Univ. 20 août 1955- Skikda
ZALANI Karima	MCB	Directeur de mémoire	Univ. 20 août 1955- Skikda
OUDJANE Faiza	MCA	Examinatrice	Université 20 août 1955- Skikda

Année universitaire 2024/2025

Remerciements

Nous remercions "Allah" le tout puissant qui nous a donné la force et la patience pour mener ce modeste travail.

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice Dr ZALANI Karima, pour la qualité de son encadrement, sa patience, son aide précieuse, sa compréhension et sa grande gentillesse. Ses orientations judicieuses, sa rigueur scientifique et sa disponibilité ont grandement contribué au bon déroulement et à l'aboutissement de ce travail.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu évaluer ce travail.

Nos remerciements les plus respectueux vont à Madame la Présidente du jury BOUHADJA Nadia, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider cette soutenance et pour l'attention accordée à ce travail.

nous remercions également madame l'Examinatrice OUDJANE Faiza pour l'intérêt qu'elle a porté à ce mémoire.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tous les apiculteurs de la wilaya de Skikda qui ont généreusement accepté de collaborer à ce travail. Leur disponibilité, leur accueil chaleureux et le partage de leur précieuse expérience ont grandement enrichi cette étude. Grâce à leur implication, nous avons pu accéder à des échantillons de miel variés et obtenir des informations de terrain essentielles à la réussite de ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi à l'institut PASTEUR qui nous a accueillis et a réalisé les différentes analyses nécessaires à cette étude.

Je remercie l'Université de Skikda pour nous avoir offert l'opportunité de poursuivre notre formation dans le cadre du master, et pour les moyens mis à notre disposition.

Enfin, j'adresse mes sincères remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, ainsi qu'à toutes celles et ceux qui nous ont soutenus tout au long de notre parcours universitaire.

DEDICACE

À l'âme pure de ma **chère mère, Aïcha Gattal**, partie trop tôt mais toujours présente dans mon cœur et mes pensées.

À **mon père Khaled**, pilier de ma vie, ainsi qu'à mes frères et sœurs, avec une pensée toute particulière pour mon frère Kamal, que Dieu l'accueille dans son vaste paradis, et pour **mon frère Mohamed** et sa petite famille.

À **ma sœur Siham**, à ses enfants **Rouane, Montasser Billah, Sanad**, et à son époux **Hmidane Nassir**.

à mon époux **Youssef**, mon partenaire, mon soutien indéfectible, compagnon fidèle de tous les instants, père admirable de nos enfants ;

à ma fille **Celine** et à mon fils **Anis**, sources intarissables d'amour et de motivation.

Je tiens à remercier du fond du cœur mon âme sœur, mon amie précieuse, ma confidente dans les jours sombres, **Karima Derbazi**.

Elle a su être à mes côtés dans les épreuves les plus dures, toujours présente, fidèle, forte, et profondément humaine.

Ma reconnaissance s'étend à tous ceux et celles qui ont, de près ou de loin, contribué à ce parcours, que ce soit par un geste, un mot, un regard ou une pensée.

Merci à mes amies de cœur : **Chahrazad Maghlaoui, Bekkouche Hajar, Touham Dounia**.

Merci à tous mes collègues de travail pour leur présence et leur soutien.

Enfin, je remercie chaleureusement toutes les personnes qui m'ont encouragée, soutenue moralement, et cru en moi, me permettant ainsi d'atteindre ce niveau et d'obtenir cette précieuse certification.

Ce travail est le fruit d'un cheminement collectif, et je le partage avec vous, dans l'amour, la reconnaissance et la gratitude.

A ma binôme **Chahrazad KETFI**

Dalila

DÉDICACE

À la mémoire de **mon père *Hocine***

Homme de peu de mots mais de profondes valeurs, Qui a toujours cru en nous, à sa manière,
Et nous as encouragés à aller plus loin,
Même si ton absence pèse encore, Ta mémoire vit en moi, discrète mais indélébile.
Que ces lignes portent aussi un peu de toi.

À toi, **ma mère *Houria DJILANI***, lumière de mes jours,
toi qui m'as toujours guidée vers le chemin du savoir et de l'apprentissage.
Tes encouragements sont mes racines, ton amour, mon refuge le plus sûr,
et ta persévérance, un modèle qui m'a appris à ne jamais baisser les bras.

À vous, mes sœurs chéries, ***Nardjes et Nourel Houda***,
éclats de tendresse et de complicité, vous qui avez été là pour moi depuis toujours,
témoins de mes rires, de mes larmes, de mes rêves .
Vous m'avez portée, soutenue, relevée quand personne ne l'a fait.
et votre amour, fidèle et profond, m'accompagne là ou je vais.

À toi, mon frère ***Nor El Islam***,
merci pour ton affection discrète et rassurante

À toi, **mon mari *Amine***, mon pilier,
tu as porté mes fatigues, apaisé mes doutes, et marché à mes côtés avec patience et foi.
Merci pour ton soutien moral et physique,
pour tes sacrifices silencieux et ton amour constant.

à toi, mon fils ***Djawad***,
tu as rempli mon cœur d'un amour inconditionnel,
et tu as été, sans le savoir, ma plus grande source de force et de motivation.
J'espère qu'un jour, tu seras fier de ta maman.

A ma binôme ***GATTAL Dalila***

A chaque un de vous: je suis profondément reconnaissante

Chahrazad

LISTE DES FIGURES

Figure 1 apis mellifera saharensis a gauche apis mellifera intermissa a droite	03
Figure 2 : ruche d'abeille	05
Figure 3: Structure des ruches à cadres	07
Figure 4 : ruche warré	07
Figure 5 : ruche tanzanienne	08
Figure 6 : ruche kenyane	08
Figure 7 : ruche tronc	09
Figure 8 : ruche dadant	09
Figure 9 : ruche voirnot	10
Figure 10:différents composants de la ruche	10
figure11: ruche langstroth	10
Figure 12 : ruche layens	11
Figure 13 : ruche nationale britannique	11
Figure 14 : ruche wbc	12
Figure 14 : Ruche tonelli	12
Figure 15 : pollen	28
Figure 16 : Abeille saine et abeille parasitée par Varroa.photo V. Dietemann,Centre de	35
Figure 17 :Couvain d'une ruche atteint de loque américaine.	36
Figure18:Larves infectées par la loque européenne .k ruoff	37
Figure19 : Ventricule sain et ventricule atteint de nosémose	37
Figure 20 : Dégât sur un rayon infesté par la fausse teigne	39
Figure 21: Larve morte en forme typique de sac, remplie de liquide	40

LISTE DES TABLEAUX:

Tableau 1 : comparaison entre les ruches traditionnelles et modernes	13
Tableau 2 : composition chimique du miel	17
Tableau 3 : Principaux sels minéraux et oligo-éléments dans le miel	18
Tableau 3 : Différents critères de qualité .codex alimentaire ,2001	27
Tableau 4 : Codification, origine et mode d'extraction des échantillons de miel (N=5)	48
Tableau 5 :Analyse organoleptique des cinq types de miel produits dans la wilaya de Skikda	48
Tableau 6 Paramètres physicochimiques recherchés, méthodes utilisées et normes	49
Tableau 7 paramètres physicochimiques des 5 échantillons de miel dans la wilaya de Skikda	51
Tableau 8 Critères statistiques descriptifs des paramètres physicochimiques des échantillons de miel dans la wilaya de Skikda	51
Tableau 9 Analyse pollinique qualitative et détermination du type de miel	52

LISTE DES ABBREVIATIONS

Kg	Kilogramme
ml	Millilitre
pH	Potentiel Hydrogène
NaOH	Hydroxyde de sodium
AL	Acidité libre
HCl	Acide chlorhydrique
°C	Degré Celsius
meq/kg	Milléquivalents par kilogramme
CODEX CXS 12-1981	Codex Alimentarius – Norme pour le miel (standard CXS 12-1981)
x10, x40	Grossissements d'objectif au microscope optique
%	Pourcentage

SOMMAIRE:

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abbréviations

Table de matières

Partie bibliographique

Introduction

1

Chapitre 1 : généralités sur le miel et l'apiculture

2

1. Généralité sur l'apiculture

2

1.1 Définition de l'Apiculture

2

1.2 Classification systématique de l'abeille

2

2. Répartition géographique des abeilles mellifères en Algérie

2

2.1 *Apis mellifera intermissa* / Abeille tellienne

2

2.2 *Apis mellifera saharensis* / Abeilles saharienne

2

3. Produits apicoles

3

3.1 Miel

3

3.2 Pollen

3

3.3 Gelée royale

3

3.4 La cire d'abeilles

4

3.5 Propolis

4

3.6 Le nectar

4

3.7 Le Miellat

4

3.8 Le venin d'abeille

4

3.9 Essaim

4

4. Le matériel de l'apiculture

5

4.1 Ruches et outillages apicoles

5

4.1.1 Définition d'une ruche

5

4.1.2 Structure d'une ruche

5

4.1.3 Différents types de ruches

7

4.1.3.1 Les ruches traditionnelles sans cadres

7

a. Ruche Warré

7

b. Ruche Tanzanienne

8

c. Ruche Kenyane

8

d. Ruche Tronc

9

4.1.3.2 Les ruches modernes (à cadres)

9

a. Ruche Dadant

9

b. Ruche Voirnot

10

c. Ruche Langstroth

10

d. Ruche Layens

10

e. Ruche Nationale Britannique

11

f. Ruche William Broughton Carr

12

g. Ruche Tonelli

12

4.1.3.3 Ruche intelligente

13

a. Définition

13

b. La structure de la ruche intelligente

14

4.2 Les outils de base de la ruche

14

5. Le miel

15

5.1	Origine du miel	15
5.2	Classification des miels	15
5.2.1	Origine botanique monofloraux et polyfloraux	15
a.	Miel monofloral (unifloral)	15
b.	Miel multifloral	15
5.2.2	Selon le mode de récolte	15
5.2.3	Selon la couleur, le parfum et la saveur	16
5.3	Composition chimique du miel	16
5.3.1	Eau	16
5.3.2	Glucides	16
5.3.3	Acides organiques	17
5.3.4	Sels minéraux et oligo-éléments	17
5.3.5	Protéines et acides aminés	17
5.3.6	Vitamines	17
5.3.7	Lipides	18
5.3.8	Enzymes	18
5.4	Propriété du miel	19
5.4.1	Propriétés physico chimique	19
5.4.1.1	La couleur	19
5.4.1.2	Viscosité	19
5.4.1.3	La turbidité	19
5.4.1.4	l'acidité	19
5.4.1.5	L'hygroscopie du miel	19
5.4.1.6	Conductivité électrique	19
5.4.1.7	La conductivité thermique	20
5.4.1.8	Indice de réfraction	20
5.4.1.9	La teneur en eau	20
5.4.1.10	Teneur en sucres	20
5.4.1.11	(hydroxyméthylfurfural)HMF	21
5.4.1.12	Les protides	21
5.4.1.13	Activité enzymatique (diastase, invertase)	21
5.4.1.14	Cristallisation du Miel	22
5.4.1.15	La fermentation	22
5.4.2	Propriété biologiques et thérapeutiques	22
5.4.2.1	Propriétés antibactériennes l'activité antibactérienne du miel	22
5.4.2.2	Propriétés antioxydantes	23
5.4.2.3	Propriétés anti-inflammatoires et cicatrisante	23
5.5	Valeur nutritive du miel	23
5.6	Altérations possibles et facteurs de variation	24
5.6.1	Altérations possibles du miel	24
5.6.2	Facteurs de variation du miel	25
6.	Critères de qualité de miel	26
6.1	Critères physico-chimiques essentiels	26
6.1.1	Critères enzymatiques	26
6.1.2	Critères microbiologiques	26
6.1.3	Critères organoleptiques	26
7.	Normes internationales et leur application	26
	chapitre 2 : le pollen – role et interet dans le miel	28
	Définition du pollen	28

2.Origine biologique du pollen	28
2.1Composition chimique du pollen	29
2.1.1Protéines	29
2.1.2Glucides	29
2.1.3Lipides	29
2.1.4Vitamines et minéraux	29
2.1.5Composés bioactifs	29
2.2Rôle du pollen dans la classification des miels	29
2.2.1Indicateur de l'origine florale du miel	30
2.2.2Critère de classification géographique	30
2.2.3Indicateur de pureté et de qualité	30
2.2.4Apport nutritionnel indirect dans les miels enrichis	30
chapitre 3 : les analyses polliniques du miel	31
1.Les analyses polliniques	31
2.Intérêt de l'analyse pollinique dans l'identification botanique et géographique	31
2.1Identification botanique	31
2.2Détermination géographique	31
2.3Authentification	32
2.4Valorisation commerciale	32
3. Bases théoriques de l'analyse pollinique	32
3.1Principes de la méliissopalynologie	32
3.2Méthodes classiques d'analyse (présentation générale sans proto	32
3.3Typologie et classification des grains de pollen	32
3.4 Grilles de lecture	33
chapitre 4: les maladies des abeilles	34
1.varroase	34
2.La loque americaine	35
3.la loque europeenne	36
4.la nosérose	37
5.L'acariose	38
6.Ascosphérose	38
7.La fausse teigne	38
8.Couvain sacciforme (Sacbrood)	39
PARTIE EXPÉRIMENTALE	42
introduction	43
materiel et méthodes	44
1.le matériel biologique	44
2.méthodes d'analyses physico-chimiques :	44
2.1 la teneur en eau	44
2.2 potentiel d'hydrogène (ph)	44
2.3 acidité libre	44
2.4 teneur en saccharose	45
2.5 teneur en sucres totaux	46
3. méthode d'analyse organoleptique du miel ou méthode sensorielle	46
4. méthodes d'analyse pollinique des miels	47
resultats et discussion	48
1. résultats d'analyse organoleptique ou sensorielle	48
2. résultats d'analyse physicochimique	49
2.1. détermination de teneur en eau	49
2.2. détermination du ph	49

2.3. détermination de l'acidité libre	50
2.4. détermination de la teneur en saccharose	50
2.5. détermination de la teneur en sucre totaux	50
3. résultats de l'analyse pollinique des échantillons de miel dans la wilaya de skikda	51
conclusion generales	52
références bibliographiques	53

RESUME

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche de valorisation des miels produits dans la wilaya de Skikda, région réputée pour sa biodiversité floristique et son potentiel apicole. À travers une double approche analytique – physicochimique et pollinique – l'étude vise à caractériser scientifiquement la qualité et la diversité florale de ces miels.

L'introduction générale met en lumière l'importance du miel en tant que produit naturel à haute valeur nutritionnelle, médicinale et économique. Elle souligne également le rôle stratégique croissant de la wilaya de Skikda dans la production apicole nationale, avec une récolte atteignant plus de 530 000 kg en 2024.

Les analyses physicochimiques ont révélé des teneurs en eau, en sucres, en pH et en acidité largement conformes aux normes internationales (Codex CXS 12-1981), attestant de la bonne qualité des produits. L'analyse organoleptique a confirmé la diversité sensorielle des échantillons, tandis que l'analyse pollinique a mis en évidence la présence de plusieurs familles florales, classant tous les miels comme polyfloraux.

Les résultats obtenus soulignent non seulement la richesse florale et la bonne qualité globale des miels de Skikda, mais aussi l'importance de leur reconnaissance scientifique pour une meilleure valorisation commerciale. Ce travail ouvre ainsi la voie à des perspectives de certification, de labellisation et de développement durable du secteur apicole régional

Mots clés

Miel, physicochimique, polliniques, polyfloraux, production apicole, Skikda,

Abstract

This thesis is part of an initiative to promote the value of honeys produced in the Skikda province, a region known for its rich floral biodiversity and strong beekeeping potential. Through a dual analytical approach—physicochemical and palynological—the study aims to scientifically characterize the quality and floral diversity of these honeys.

The general introduction highlights the importance of honey as a natural product with high nutritional, medicinal, and economic value. It also emphasizes the growing strategic role of Skikda in national beekeeping production, with a harvest exceeding 530,000 kg in 2024.

Physicochemical analyses revealed water, sugar content, pH, and acidity levels that largely comply with international standards (Codex CXS 12-1981), confirming the good quality of the products. Organoleptic analysis confirmed the sensory diversity of the samples, while pollen analysis revealed the presence of multiple floral families, classifying all honeys as polyfloral.

The results highlight not only the floral richness and overall quality of Skikda honeys, but also the importance of scientific recognition for better commercial valorization. This work thus paves the way for certification, labeling, and sustainable development of the regional beekeeping sector.

Keywords

Honey, physicochemical, palynological, polyfloral, beekeeping production, Skikda.

المخلص

يندرج هذا البحث في إطار ترمين العسل المنتج في ولاية سكيكدة، وهي منطقة معروفة بتنوعها النباتي الغني وإمكاناتها الكبيرة في تربية النحل. من خلال منهج مزدوج – فيزيائي-كيميائي وحيوي (تحليل حبوب اللقاح) – تهدف الدراسة إلى توصيف جودة وتنوع الأزهار في هذا العسل بشكل علمي.

تُبرز المقدمة العامة أهمية العسل كمادة طبيعية ذات قيمة غذائية ودوائية واقتصادية عالية، كما تؤكد على الدور الاستراتيجي المتزايد لولاية سكيكدة في إنتاج العسل على المستوى الوطني، حيث تجاوز الإنتاج 530,000 كغ سنة 2024.

أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية نتائج مطابقة إلى حد كبير للمعايير الدولية (Codex CXS 12-1981) فيما يخص نسبة الماء والسكريات ودرجة الحموضة والحموضة الكلية، مما يدل على جودة المنتجات. كما أكدت التحاليل الحسية تنوع النكهات، وكشفت التحاليل اللقاحية عن وجود عدة عائلات نباتية، مما يصنف جميع أنواع العسل المدروسة على أنها متعددة الأزهار.

تؤكد النتائج ليس فقط على غنى العسل من حيث المصدر الزهري وجودته العالية، بل أيضاً على أهمية التعريف العلمي به لتحسين تسويقه التجاري. ويفتح هذا العمل آفاقاً للحصول على شهادات الجودة والعلامات التجارية وتنمية مستدامة لقطاع تربية النحل في المنطقة.

الكلمات المفتاحية

العسل، فيزيائي-كيميائي، تحاليل حبوب اللقاح، متعدد الأزهار، إنتاج العسل، سكيكدة.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION GENERALE

Depuis des millénaires, un peu partout sur la planète, l'homme travaille avec les abeilles, comme en témoignent des peintures et gravures datant de plus de 4000 ans avant Jésus-Christ montrant des hommes récoltant du miel dans la nature (Aymé, 2014); Aujourd'hui, le miel revêt une importance capitale, non seulement comme aliment nutritif, mais aussi pour ses propriétés médicinales. Il est notamment reconnu pour ses bienfaits sur la santé digestive, sa capacité à renforcer le système immunitaire et ses vertus cicatrisantes (Bogdanov, 2009).

L'apiculture en Algérie connaît un essor remarquable, notamment grâce à la diversité florale et la richesse des écosystèmes locaux qui favorisent la production de miels de qualité. (Beres et al., 2019). L'apiculture en algérie a toujours revêt une importance sur le plan socio-économique, compte tenu des conditions climatiques et de la flore importante favorable à son développement. (Nair, 2014)

L'Algérie dispose d'un tapis végétal mellifère riche et varié, qui est réparti dans des zones et étages bioclimatiques différents. Elle dispose d'une aire de production apicole potentiellement importante, mais la production de miel reste faible, cette faiblesse est due au manque de maîtrise des techniques de production intensive de la part des apiculteurs, aux changements climatique ainsi qu'à la faiblesse de la transhumance. (laouar, 2017)

En raison de son profil nutritionnel unique, le miel est considéré comme un super-aliment, essentiel dans le cadre d'une alimentation équilibrée, en raison de sa richesse en antioxydants et de son faible indice glycémique (Zhao et al., 2015). Par ailleurs, la qualité du miel est influencée par divers facteurs environnementaux, notamment la géographie et la végétation locales. Les abeilles récoltant le nectar des fleurs spécifiques de certaines régions confèrent au miel des caractéristiques organoleptiques distinctes, telles que la couleur, le goût, et la texture. (Khacef et al., 2020).

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE MIEL ET L'APICULTURE :

1. Généralité sur l'apiculture

1.1 Définition de l'Apiculture :

L'Apiculture est l'élevage des abeilles domestiques, d'une part pour l'exploitation des produits qu'elles élaborent (miel, gelée royale, pollen, cire) et d'autre part pour la pollinisation des cultures. L'apiculture concerne l'élevage de l'abeille à miel domestique (*Apis mellifera*). Cette activité est pratiquée depuis la plus haute antiquité et encore largement répandue, l'apiculture est originaire du proche-Orient. Il y a plusieurs millénaires, les premiers élevaient des abeilles et faisaient déjà le commerce du miel et de la cire le long de la côte orientale de l'Afrique qui sont les Egyptiens (Badren, 2016)

1.2 Classification systématique de l'abeille :

Apparus sur terre bien avant les dinosaures, les insectes représentent plusieurs millions d'espèces différentes soit le plus grand ensemble du monde animal. On dénombre environ 25000 sortes d'abeilles dont près de 1000 en France, 80% d'entre elles sont solitaires (Altec et Ccsti de l'ain, 2010). *Apis mellifera* est un animal arthropode (squelette externe chitineux articulé, pattes articulées) de la Classe des hexapodes ou insectes (3 paires de pattes)

2. Répartition géographique des abeilles mellifères en Algérie :

Il existe deux (02) races autochtones en Algérie :

2.1 *Apis mellifera intermissa* / Abeille tellienne :

Dite « Abeille tellienne » ou « abeille noire du tell » dont l'aire de distribution se confond avec l'atlas tellien (Haddad, 2015). L'origine de cette abeille tellienne est l'Afrique du nord, avec une prédominance dans les régions Algérienne (Buttel-Reepen, 1906), très agressive, très nerveuse, mais aussi très féconde et très bonne récolteuse de pollen et de propolis (Ruttner, 1975)

2.2 *Apis mellifera saharensis* / Abeilles saharienne :

Cette abeille comme son nom l'indique, vit dans le désert du Maroc et dans les régions Intérieures de l'ouest d'Algérie (Philippe, 2007). Comme son nom l'indique cette abeille vit dans le désert du Sahara. Elle est classée parmi les meilleures abeilles du monde de par ses qualités qui sont : La

douceur, la prolificité, manque d'agressivité, l'aptitude extraordinaire à la récolte du nectar et du pollen, la capacité à parcourir plus de 8 Km et l'acclimatation facile sous des conditions climatiques difficiles (Le conte, 2011).



Figure 1 : *Apis mellifera sahariensis* à gauche, *Apis mellifera intermissa* à droite
(Kidoud, 2017).

3. Produits apicoles :

3.1 Miel :

est une substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes ou des sécrétions provenant de parties vivantes des plantes ou des excréments laissés sur celles-ci par des insectes suceurs, qu'elles butinent, transforment, en les combinant avec des matières spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. Cette denrée peut être fluide, épaisse ou cristallisée (Codex, 2001).

3.2 Pollen :

Les grains de pollen, petits éléments sphériques ou ovoïdes de taille oscillant entre 20 et 40 microns sont contenus dans les sacs polliniques des anthères de la fleur. Tiré du mot grec « pâle » signifiant farine et poussière (Blanc, 2010). C'est une poudre fine qui sert à la fécondation des fleurs. Les abeilles sont attirées vers les corolles des fleurs par le nectar, elle introduisant sa langue dans la fleur, pour en sucer le nectar secoue les étamines et se recouvre du pollen. Les butineuses utilisent les brosses de ses pattes postérieures pour ôter les grains de pollen, pour faciliter son transport (Biri, 2002).

3.3 Gelée royale :

La gelée royale, appelée également « lait maternel de l'abeille » est une substance qui se distingue par des caractéristiques spécifiques : une couleur blanchâtre qui devient jaune au contact avec l'air, une odeur caractéristique du phénol, un goût gélatineux, visqueux avec un pH acide compris entre 3

et 4, d'où son acidité en bouche. (Fratini et al., 2016) . Elle est le produit de la sécrétion des glandes hypo-pharyngiennes et mandibulaires des ouvrières âgées de 5 à 15 jours (Philippe, 2007)

3.4 La cire d'abeilles :

est une substance grasse sécrétée par les quatre paires de glandes à cire, situées sur la partie ventrale de l'abdomen des ouvrières âgées d'environ deux semaines (Philippe, 2007).

3.5 Propolis :

La propolis nommée le trésor de la ruche est une substance résineuse, gommeuse, balsamique, de couleur variable, récoltée par les abeilles sur l'écorce et les bourgeons de certaines plantes ou arbres (peuplier, bouleau, saule, orme, frêne, épicéa, sapin, pin, cocotier, goyavier...), à laquelle elles ajoutent leurs propres sécrétions (salivaires et cire) (Sauvager, 2014).

3.6 Le nectar :

est produit par des organes propres aux végétaux supérieurs, qui portent le nom de nectaires. Ce sont des structures glandulaires de petite dimension dont la localisation est très variable, qui reçoivent un canal (faisceaux libéro-ligneux) acheminant la sève de la plante. On distingue des nectaires floraux (à la base des fleurs), et des nectaires extra floraux (sur les feuilles, les tiges ou les autres parties de la plante). Le nectar reste accumulé sur le nectaire ou passe dans un organe spécialisé, le plus souvent un éperon dans lequel il est protégé de la dessiccation (Karl von Frisch, 2011).

3.7 Le Miellat :

est un liquide épais et visqueux constitué par les excréments liquides des homoptères (psylles, cochenilles et surtout pucerons) (Bogdanov, S., Lischer, P 1993) Il est plus dense que le nectar, plus riche en azote, en acides organiques, en minéraux et sucres complexes. Il est récolté par les abeilles en complément ou en remplacement du nectar et produit un miel plutôt sombre, moins humide que le miel de nectar (Bonté et Desmoulière 2013).

3.8 Le venin d'abeille : est produit par des glandes situées à la partie postérieure de l'abdomen des ouvrières et de la reine. Il s'accumule dans le sac à venin relié à l'aiguillon piqueur. Les mâles n'ont pas de glande à venin. Les ouvrières se servent de leur aiguillon pour se défendre la colonie. La reine ne se sert de son aiguillon que contre une reine. Le venin est un liquide transparent d'une odeur prononcée et un goût acide (Philippe, 2007)

3.9 Essaim : Un paquet d'abeilles est un essaim artificiel. En Europe, les jeunes essaims se vendent encore le plus souvent en ruchette de cinq cadres ou en ruche de dix cadres. Certains apiculteurs achetant aussi des paquets sans reine pour renforcer leurs colonies au printemps ou pour constituer des nucléés de fécondation (Philippe, 2007)

4. Le matériel de l'apiculture :

4.1 Ruches et outillages apicoles

4.1.1 Définition d'une ruche :

Endroit aménagée pour le développement d'une colonie d'abeille domestiquées les ruches primitives étaient des paries de troncs d'arbres creux. De nombreux types de ruches ont été depuis l'antiquité. Différents selon les pays et les traditions : ruches à rayons fixes en paille ou en vannerie, ruches à cadres mobiles en bois (Ksouri, 2019).



Figure 2: ruche d'abeille (deheoy, 2022)

4.1.2 Structure d'une ruche :

Selon Fert (2019), la structure d'une ruche peut varier selon le type de ruche utilisé mais en général, elle se compose de :

- **Corps de la ruche :**

Le corps de la ruche est une boîte rectangulaire qui contient les cadres amovibles où les abeilles construisent leurs rayons et élevés leurs larves (Fert,2019).

- **Plancher :**

est le support sur lequel est posée la ruche, ce plancher a pour fonction d'isoler la ruche et la colonie de l'humidité du sol, il peut être en bois plein (Chauvin, 1994).

Selon Ravazzi (2007), il s'agit d'un plan légèrement incliné vers l'avant qui facilite le travail nettoyage des abeilles .

Le plancher la ruche est un élément crucial pour la santé des abeilles. Il doit être régulièrement nettoyé pour éviter la prolifération de parasites et de maladies. En plus il est important que le

plancher permettre une bonne ventilation de la ruche pour éviter l'humidité excessive, qui peut causer des problèmes de moisissures et de champignons (Fert, 2019).

Les ruches de « la dernière génération » possèdent un treillis et un petit tiroir c'est un plateau anti varroa qui destine à recueillir ce qui tombe des rayons (Ravazzi, 2007).

- **Hausse :**

Est un élément crucial pour la production de miel. La hausse est une partie supérieure de la ruche qui est ajoutée lorsque la colonie d'abeilles a besoin de plus d'espace pour stocker le miel (Riondet, 2018).

La hausse est une boîte rectangulaire placée sur le corps de la ruche et qui contient des cadres pour la production de miel (Fert, 2019). C'est une partie supplémentaire située au-dessus du corps de la ruche et sert surtout à l'apiculteur (Chauvin, 1994). En effet, les abeilles stockent leur surplus dans les cadres disposés pour cet effet. Ces cadres alvéolés sont composés d'une feuille de cire gaufrée qui est entourée de barrettes de bois. L'apiculteur peut ainsi retirer ces cadres quand ils sont remplis de miel sans abîmer le corps de la ruche et donc préserver l'intégrité de la colonie.

D'après Riondet (2018), il faut retirer la hausse lorsque la production de miel est terminée pour éviter que les abeilles ne la remplissent de propolis. Selon Ravazzi (2007), toutes les réserves sont stockées dans la hausse qui excèdent les besoins de la colonie.

- **Couvre-cadres :**

est une planche qui couvre la partie supérieure de la ruche et qui permet de la protéger des intempéries et des prédateurs (Nicollet, 2015).

Le couvre-cadres est une plaque qui repose sur les cadres à l'intérieur de la ruche et aide à maintenir la chaleur à l'intérieur de la ruche (Fert, 2019). Situé au-dessus des cadres de la hausse qui permet de conserver un taux d'humidité et une chaleur optimale pour la ruche grâce notamment à un trou d'aération présent au milieu de ce dernier.

Selon Ravazzi (2007), le couvre cadre est une planche en bois, parfois divisée en plusieurs parties de sorte qu'une seule partie peut être ouverte à la fois, de mêmes dimensions que le corps et le dessus, et utilisée pour fermer la partie supérieure de la ruche. Il contient généralement, au milieu, un trou rond muni d'un couvercle circulaire que l'on peut faire pivoter pour dégager l'orifice et y introduire le nourrisseur à godet.

En hiver les apiculteurs utilisent de couvre cadre isolants pour protéger la colonie du froid. (Nicollet, 2015)

- **Le toit :**

Il est nécessaire car il préserve la colonie des intempéries. Les ruches sont placées de sorte que l'entrée soit orientée vers l'est (Clément, 2011). Le toit est conçu pour protéger la ruche contre la chaleur excessive.

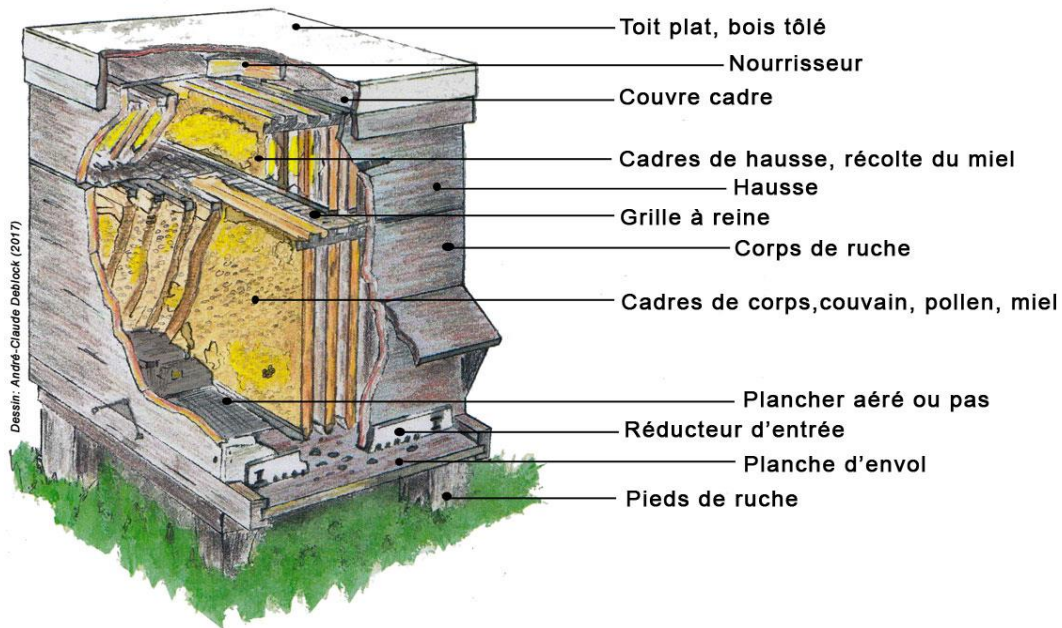


Figure 3: Structure des ruches à cadres <https://www.aubonmiel.com/>

4.1.3 Différents types de ruches :

selon les époques et selon les lieux. Il n'y a donc pas, sur un plan général une ruche meilleure qu'une autre. Cela dépend de l'endroit, du pays où l'on vit, du climat, de ce que l'on souhaite faire. On distingue toutefois 2 grandes catégories : les ruches à cadres (plus récentes et modernes) et les ruches traditionnelles sans cadres (Ksouri, 2019).

4.1.3.1 Les ruches traditionnelles sans cadres

- a. **ruche Warré** dite ruche écologique La ruche warré appelée aussi ruche populaire est une ruche divisible (corps et hausse ont la même taille)



Figure 4 : ruche warré <https://www.aubonmiel.com/>

- b. **Ruche Tanzanienne** La ruche tanzanienne, repose sur le même principe que la ruche kenyane mais ici les bords sont droits. Elle fait environ 85 cm de long, et à peu près 30 cm de profondeur, et 50.5 cm de large. La largeur intérieure (la distance entre les parois latérales à l'intérieur de la ruche) doit être exactement 46.5cm (André, 2011)



Figure 5 : ruche tanzanienne (<https://www.aubonmiel.com/>)

- c. **Ruche Kenyane** : La ruche kenyane n'utilise ni cadre ni cire. Elle est inspirée des ruches traditionnelles africaines, construites dans des troncs et suspendues horizontalement en hauteur pour éviter certains prédateurs. La particularité de la tbh est donc de s'étendre en longueur et non en hauteur (comme la layens les côtesun angle de 120° avec le fond (même angle que les côtés d'une cellule d'abeille) (Ksouri, 2019) .



Figure 6 : ruche kenyane (<https://www.aubonmiel.com/>)

- d. **Ruche Tronc** : La ruche-tronc, est creusée dans une portion de tronc d'arbre. Cet habitat créé par l'homme est très proche dans de l'arbre creux où les colonies d'abeilles nichent spontanément à l'état naturel. On utilise pour la concevoir de la pierre pour le toit et du tronc de châtaignier, car ce dernier est imputrescible et riche en tanins qui repoussent les parasites du bois. Le cœur de l'arbre est évidé. Des trous sont réalisés vers le bas en guise d'entrée. On en fait en général 3 ou 4 (Ameline et al, 2016).



Figure 7 : ruche tronc (<https://www.aubonmiel.com/>)

4.1.3.2 Les ruches modernes (à cadres)

- a. Ruche Dadant La ruche Dadant est la plus répandue en Europe. Le principe général est simple : un corps de ruche réservé aux abeilles, des hausses destinées à la récolte. Il y a de 2 types de ruches Dadant : Les ruches 12 cadres, lourdes, donc plutôt destinées à une implantation sédentaire et les 10 cadres qui sont utilisées en pratique sédentaire ou en transhumance. Dans les 2 cas la structure est la même (Paterson, 2009) .



Figure 8 : ruche dadant <https://www.latiendadelapicultor.com/>

- b. **Ruche Voirnot** La ruche Voirnot, est plus petite que la Dadant, mais se conduit de la même manière. Elle hiverne bien en raison de son petit volume, ce qui présente un intérêt dans les régions où l'hiver est rigoureux. Par contre son démarrage est plus lent au printemps (André, 2011).



Figure 9 : ruche voirnot <https://www.latiendadelapicultor.com/>

- c. **Ruche Langstroth** : c'est une ruche divisible, C'est-à-dire que le corps et les hausses, Sont de même taille. On constitue le corps de la ruche en empilant 2 hausses. Cette ruche est également intéressante en terme de mécanisation, car les tous les éléments font la même taille. Pour cette raison c'est la plus utilisée aux États-Unis et au Canada car la gestion des stocks de hausses mais aussi de cadres est alors simplifiée. Pour le reste, Les ruches Dadant et langstroth sont très similaires et relèvent d'une même pratique apicole (Ksouri, 2019)

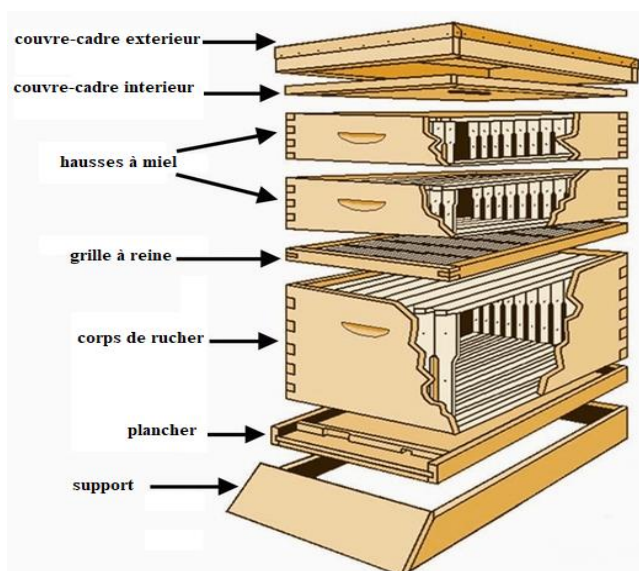


Figure 10:différents composants de la ruche langstroth
(<http://Fr.scribd>)



figure 11 : ruche langstroth
(<http://www.aubonmiel.com>)

- d. **Ruche Layens** : La ruche Layens a été mise au point au 19ème siècle par Georges de Layens. Cette ruche est à l'origine une ruche horizontale. La ruche Layens repose sur le principe du cadre mobile comme la ruche Dadant (André, 2011).



Figure 12 : ruche layens (<http://www.aubonmiel.com>)

- e. **Ruche Nationale Britannique** : C'est la ruche standard et la plus répandue au Royaume-Uni. Le modèle actuel est légèrement différent du modèle original qui avait une double paroi, mais les dimensions intérieures sont les mêmes. Cette ruche possède 11 cadres de corps aux normes britanniques, ce qui représente une surface de 50 000 cellules. Les hausses sont peu profondes (14 cm) et les cadres de corps font 21,5 cm. Les cadres sont compatibles avec l'autre fameuse ruche britannique wbc (Paterson, 2009).



Figure 13 : ruche nationale britannique (<https://fr.toppollen.com/>)

- f. **Ruche William Broughton Carr (Wbc)** C'est une ruche à cadre divisible, c'est-à-dire une ruche à corps superposables qui se conduit sur deux corps pour la chambre à couvain. Suivant l'abondance des miellées espérées ainsi que la race d'abeilles cultivée, la hausse peut avoir la dimension d'un corps (André, 2011)



Figure 14 : ruche wbc (<http://www.aubonmiel.com>)

- g. **Ruche Tonelli** La ruche Tonelli est une ruche avec le corps en forme de demi-tonneau et la sortie vers le bas. Les cadres respectent en partie la forme des rayons naturels que construisent les abeilles, de part sa forme il y aurait un meilleur nettoyage naturel. Il s'agit d'une ruche à cadres sur laquelle on peut mettre selon la taille des hausses Dadant 12 cadres ou 10 cadres (Ksouri, 2019)



Figure 15 : Ruche tonelli (<http://www.aubonmiel.com>)

Tableau 1 : comparaison entre les ruches traditionnelles et modernes (Filali, Merabet 2022)

Eléments	Ruches traditionnelle	Ruches moderne
La ruche	-en paille, tronc d'arbre, -manipulation difficile. -coute durée de vie. -rendement très faible (5 à 7Kg /an).	-bois samba ou rouge. -manipulation facile. -longue dure de la vie (en moyenne 7ans). -cout élevé. -assez bon rendements (10à12kg/an).
Parfumage	-très efficace.	-assez bons résultats, gaufrage ou amorçage des barrettes.
Visites périodiques	-néant.	-suivi de l'évolution des colonies.
Placement	-hauteur d'arbre avec risque d'accident.	-sur support à une hauteur de 0.7 m à 0.8 m.
Récolte	-rayons colles à la paroi de la ruche. -récolte de rayon de miel et du couvain.	-Rayons mobiles (barrettes).
Extraction	-Egouttage par usage du feu. -miel médiocre.	-Egouttoir à miel sans action de la chaleur.
Commercialisation	-faible prix du miel.	-prix intéressant.

4.1.3.3 Ruche intelligente

a. **Définition** : Une ruche d'abeilles intelligente est une ruche équipée de capteurs et de technologies de communication pour surveiller le bien-être des abeilles et les conditions environnementales autour de la ruche. Les données collectées par ces capteurs sont ensuite analysées pour aider les apiculteurs à prendre des décisions plus éclairées concernant la gestion de leurs colonies d'abeilles. Les ruches intelligentes peuvent aider à surveiller la santé des abeilles, à prévenir les maladies et les parasites, et à améliorer la production de miel (Seeley, 2009). Une ruche d'abeilles intelligente est une ruche équipée de capteurs connectés à un système informatique qui permettent de surveiller en temps réel le comportement et la santé des abeilles, ainsi que les conditions environnementales de la ruche (température, humidité, etc.). Ces données sont analysées pour aider les apiculteurs à prendre des décisions éclairées quant à la gestion de leur rucher, à prévenir les maladies des abeilles, à améliorer la production de miel et à protéger les colonies d'abeilles en danger (Nicollet, 2015). C'est une ruche équipée de capteurs et de technologies de

communication qui permettent de surveiller en temps réel les abeilles et leur environnement, ainsi que de collecter des données pour aider les apiculteurs à prendre des décisions éclairées sur la gestion de leurs colonies d'abeilles. Les ruches intelligentes peuvent fournir des informations précieuses sur la santé des abeilles, la production de miel, l'évolution des populations d'abeilles, ainsi que sur les risques liés aux maladies et aux parasites (Oliver, 2016).

b. La structure de la ruche intelligente

La structure d'une ruche intelligente se compose des éléments suivants : (Kohnen, 2018).

- Le capteur de poids : Il permet de mesurer le poids de la ruche afin de surveiller la production de miel et la santé des abeilles
- Le capteur de température et d'humidité : Il permet de surveiller la température et l'humidité de la ruche pour s'assurer que les abeilles sont dans un environnement favorable.
- Les caméras : Elles peuvent être utilisées pour surveiller l'activité de la ruche et les entrées et sorties des abeilles.
- Les capteurs de son : Ils peuvent être utilisés pour détecter les changements dans les sons émis par les abeilles, ce qui peut aider à détecter des problèmes de santé ou des comportements inhabituels
- Les dispositifs d'alimentation automatique : Ils permettent de fournir de la nourriture supplémentaire aux abeilles en cas de besoin.
- Les systèmes de surveillance à distance : Ils permettent de surveiller la ruche à distance, par exemple à partir d'un ordinateur ou d'un téléphone portable.
- Les alertes : Les capteurs envoient des alertes en cas de problèmes ou de situations anormales, ce qui permet à l'apiculteur d'intervenir rapidement si nécessaire.

4.2 Les outils de base de la ruche :

- **L'enfumeur** : est l'outil indispensable de l'apiculteur. Lui seul vous permettra de maîtriser l'agressivité de vos abeilles.
- **Le combustible pour l'enfumeur** : il est nécessaire d'adopter le combustible approprié afin d'obtenir une fumée froide et peu agressive.
- **Le lève-cadre** : pour décoller les cadres de la ruche et de gratter les excès de propolis.
- **Une brosse à abeilles** : afin de retirer en douceur les abeilles restées sur le cadre lors des récoltes par exemple.
- **Grille à reine** : c'est un cadre avec file de fer ou plastique dont les espaces ne permettent pas le passage de la reine (Betayene, 2008).
- **Le nourrisseur** : il sert à apporter des éléments nutritifs (sirop, miel) aux colonies pour compenser un manque de provisions ou stimuler la ponte de la reine et le développement de la colonie (Betayene, 2008).

5. Le miel :

5.1 Origine du miel

La sève élaborée est la matière première du miel. Elle est extraite des vaisseaux et libérée de la plante qui la contient essentiellement de deux manières principales : -Par les nectaires organes nourriciers au niveau des fleurs, élaborant le nectar (origine directe du miel) -Par des insectes piqueurs-suceurs (pucerons principalement), excréant un liquide sucré et visqueux déposé sur les feuilles de plantes appelé miellat (origine indirecte du miel) (Jean Prost, 2005). -En absence de nectar sur les fleurs, les abeilles prélèvent aussi les matières sucrées des fruits (Rossant, 2011).

5.2 Classification des miels :

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 (Huchet et al., 1996).

Le miel peut avoir une origine florale mais aussi animale. Par exemple, la présence de mélézitose est caractéristique du miellat, absente chez les miels de fleurs (Blanc., 2010)

5.2.1 Origine botanique monofloraux et polyfloraux :

- a. Miel monofloral (unifloral) : Les miels monofloraux sont élaborés à partir du nectar, ou du miellat, collecté par les abeilles d'une espèce végétale unique ou prépondérante. Leur récolte, quoique fluctuante, est relativement régulière. Il n'existe pas de miel monofloral à 100% (Clément,2009).

Les miels élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant d'une seule espèce végétale nécessitent l'installation des ruches à proximité de la plante recherchée. Par exemple ; le miel d'acacia, d'oranger et de lavande (Rossant., 2011).

- b. Miel multifloral : Les miels polyfloraux de saveurs et de couleurs très variables sont issus du nectar ou du miellat de différentes plantes (Clément,2009). Les miels multi floraux, ou miel toutes fleurs, souvent classés suivant les lieux de récolte (miel de montagne, de forêt, etc.), ou encore suivant les saisons (miel de printemps ou d'été). (Donadieu, 1984)

5.2.2 Selon le mode de récolte :

- a. **Miel en rayon** c'est le miel contenu dans les alvéoles fraîchement constituées operculées, sans couvains, de couleur blanchâtre ou une très belle récolte. Ce miel est vendu en rayon ou une partie en rayons
- b. **Miel vierge** (miel d'égouttage) Il s'écoule naturellement sans intervention, alvéoles non operculés, et exemptes de couvain.
- c. **Miel coulé** Il est obtenu par centrifugation des alvéoles exemptes de couvain alors qu'il a encore la température de ruche.

- d. **Miel pressé** : Il est récolté à froid au moyen d'une presse hydraulique dont les alvéoles sont exemptes de couvain
- e. Miel jeune (non mur) c'est le produit retiré des alvéoles non encore operculées, sa teneur en eau est généralement supérieur à celle du miel parvenu à maturité (plus de 20%).(nair, 2006)

5.2.3 Selon la couleur, le parfum et la saveur :

On distingue une coloration très variable, du presque incolore au presque noir. Elle varie selon l'espèce butinée (teneur en différents sucres) et la rapidité de la sécrétion (miel clair si sécrétion rapide) (Gonnet et Vache, 1985)

D'après Bogdanov et al. (2004), la couleur du miel est également associée à sa saveur. Il existe plusieurs couleurs de miels } Les miels de couleur claire est placide, } et les miels de couleur plus foncée qui ont des goûts plus prononcés. Ces derniers renferment plus de dérivés d'acide phénoliques mais moins de flavonoïdes que ceux de couleur claire

5.3 Composition chimique du miel :

Le miel comporte plus de 200 composants. Les plus majoritaires étant les sucres (environ 80%), l'eau (environ 17%), les protéines, ainsi que d'autres constituants tels que les acides organiques, les vitamines, les minéraux, les composés phénoliques(Alqarni et al., 2014)

Composants majeurs :

- 5.3.1 **Eau** : l'eau est l'un des composants les plus importants du miel et provient du nectar butiné par les abeilles (Laurent, 2005). La teneur en eau varie entre 14 et 25% selon les types des miels (L. Laudine , 2010) c'est la teneur qui déterminera la qualité et le mode de conservation du miel. Elle doit aussi empêcher la fermentation du miel(Alexandre, 2015)
- 5.3.2 **Glucides** Les sucres présents dans le miel sont responsables de plusieurs propriétés de ce dernier telles que sa valeur énergétique, sa viscosité, sa texture(Kamal et Klein, 2011). Ils sont constitués de 75% de monosaccharides, 10 à 15% de disaccharides et un pourcentage plus faible des sucres qui restent.(Da Silva et al 2015) On trouve parmi ces sucres les monosaccharides dont environ 31%de glucose et 38% de fructose, les disaccharides comptent environ 7,3%, et 1,3% de saccharose ainsi que d'autres sucres comme le maltose,les tri saccharides et les polysaccharides. Les glucides simples et complexes constituent 70 à 99% de matière sèche. Les deux sucres majeurs sont des monosaccharides : le fructose (30 à 50%) et le glucose (20 à 42%) qui représentent 80 à 95% des sucres du miel, la proportion faible est représentée par les disaccharides (ou diholosides) et les trisaccharides (ou tri holosides)(Avisse, et al., 2014)

Tableau 2 : composition chimique du miel (Gonnet, 1982 ; Bahbouh et Bourzak, 2010).

Composants		Pourcentages moyens
Eau		17-18%
Sucre		79.5%
Eléments mineurs	Acide organiques	0,57
	Protides	0,26
	Matières minérales	A l'état de traces 0,1-0,2 0,5-1
	Enzymes	-
	Vitamines	Variable selon l'espèce végétale
	Aromes	A l'état de trace
	Pigment	-
	HMF	A l'état de trace plus ou moins important
	Lipides	Pratiquement inexistant

Composants mineurs :

- 5.3.3 **Acides organiques** Les acides organiques qui confèrent au miel son caractère acide sont présents avec un pourcentage d'environ 0,57% (Karabagias et al., 2014), le plus prédominant étant l'acide gluconique suivi de l'acide acétique, l'acide benzoïque, l'acide citrique, l'acide lactique et encore bien d'autres acides organiques (Sak-Bosnar et Sakač, 2012). l'acidité contribue à la saveur de miel, la stabilité contre les microorganismes, l'amélioration des réactions chimiques, les activités antibactériennes et anti-oxydante et granulation (Boukraa, 2010)
- 5.3.4 **Sels minéraux et oligo-éléments** La concentration en minéraux varie en fonction de l'origine florale et de la saison. Les éléments présents sont le phosphore, le calcium, le magnésium, le sodium, le zinc, le manganèse, le fer, le cuivre, le sélénium et le potassium avec une quantité très élevée (Amigou, 2016)
- 5.3.5 **Protéines et acides aminés** Le miel contient environ 0,2 % de protéines. Les protéines et acides aminés dans le miel sont attribuables aux abeilles et aux sources florales, la majorité d'entre eux étant le pollen. Les acides aminés représentent 1% (boukraa 2010) La teneur en protéines du miel varie selon les espèces d'abeilles. (Won et al., 2009)
- 5.3.6 **Vitamines** — Vitamines Le miel contient de petites quantités de vitamines, en particulier la vitamine B, qui proviennent des grains de pollen en suspension. Les vitamines présentes dans le miel sont la thiamine (B1), la riboflavine (B2), acide nicotinique (B3), acide pantothénique (B5), pyridoxine

(B6), biotine (B8 ou H) et l'acide folique (B9). La vitamine C est également présente. Les vitamines présentes dans le miel sont mieux préservées en raison du pH relativement acide des miels (Bonté et Desmoulières, 2013)

5.3.7 **Lipides** : Le miel contient des petites quantités de composés lipidiques (environ 0,04%) , parmi lesquelles des glycérides, des stérols, des phospholipides (Machado et al 2018) . De très faible quantité de lipides ont été isolés à partir du miel, principalement l'acide palmitique et oléique et très peu d'acide laurique, myristoléique, stéarique et linoléique (Nair, 2014).

5.3.8 **Enzymes** De nombreuses enzymes se retrouvent dans le miel ; l'invertase, l' α -amylase, la β -amylase, l' α -glucosidase et la glucose-oxydase capable de transformer le glucose en acide gluconique. Le miel contient aussi une catalase et une phosphatase ; Ces diastases sont détruites par un chauffage exagéré du miel, qu'il y a donc lieu d'éviter si on veut bénéficier de leur action. Ainsi, leur dosage permet de détecter les fraudes liées au chauffage du miel (Huchet et al. ,1996)

Le miel peut être aussi contaminé par des grains de pollen, algues unicellulaires, levures, ferments lactiques, Lactobacillus, Bifidobacterium, issus du nectar ou du tube digestif de l'abeille (Bruneau 2009 ; Gharbi, 2011).

Tableau 3 : Principaux sels minéraux et oligo-éléments dans le miel (Bogdanov et al ,2004)

	Mg /kg		Mg/kg
Potassium	200 à 1500	Chrome	0,2 à 10
Sodium	16 à 170		0,1 à 0,3
Calcium	40 à 300	Cobalt	0,01 à 0,5
Magnésium	7 à 130	Nickel	0,3 à 1,3
Fer	0,3 à 40	Aluminium	3 à 60
Zinc	0,5 à 20	Cuivre cadmium	0,2 à 6,0
Plomb	0,02 à 0,8		0,005 à 0,15

5.4 Propriété du miel :

5.4.1 Propriétés physico chimique :

5.4.1.1 La couleur : Le miel peut présenter une coloration d'une très grande variabilité qui peut aller d'une teinte presque incolore (miel de faux acacia) ou blanche (miels de romarin et d'agrumes) au brun sombre. Plus le miel est clair, moins il est riche en minéraux et inversement (Lequet, 2010; Oudjet, 2012). Les caroténoïdes, les composés phénoliques, les minéraux et les acides aminés (tyrosine, tryptophane) sont responsables de la couleur du miel (Lequet, 2010).

5.4.1.2 Viscosité : Le miel est un liquide visqueux et sa viscosité dépend de sa teneur en eau, sa composition chimique et de sa température, la viscosité est très élevée à basse température et décroît rapidement lorsque la température augmente. Pour 30 à 35°C, la viscosité est minimale (<100 poise) (Bogdanov, 2011 ; Bogdanov et al., 2004). Le miel de haute qualité est habituellement épais et visqueux. Si la concentration de l'eau est augmentée, le miel devient moins visqueux. Les protéines et d'autres substances colloïdales augmentent la viscosité de miel, mais leur quantité en miel peut être insignifiante (Boukraa, 2010).

5.4.1.3 La turbidité : A moins d'avoir été filtrés d'une façon parfaite, les miels sont toujours plus ou moins troubles, même lorsqu'ils ont été très bien refondus. Cette turbidité est due aux particules en suspension : grains de pollen, poussière, levures, particules de cire et de propolis, colloïdes, protéines, etc... (Clément, 2009)

5.4.1.4 Ph et acidité : l'acidité des miels est essentiellement due à l'acide gluconique. C'est un critère de qualité important durant l'extraction et le stockage, en raison de son influence sur la texture et la stabilité du miel ; de plus, le miel falsifié avec un sirop de sucre ordinaire a un indice d'acidité très bas (inférieur à 1) alors que celui falsifié avec du sucre industriel interverti a une acidité nettement accrue (Bogdanov, 2011 ; Schweizer, 2005)

5.4.1.5 L'hygroscopie du miel : Le miel a tendance à absorber l'humidité de l'air. En effet, le fructose a un grand pouvoir hygroscopique. Ainsi, un miel contenant 18% d'eau peut contenir au bout de trois mois 55% d'eau si on le laisse en atmosphère humide , d'autre part, lorsqu'on veut dessécher le miel, il est nuisible de le maintenir en atmosphère rigoureusement sèche, parce qu'il se forme en surface une pellicule dure qui empêche le reste d'eau de s'évaporer (Huchet et al, 1996)

5.4.1.6 Conductivité électrique : est la propriété d'un corps à permettre le passage du courant électrique, c'est donc l'inverse de la résistivité. Elle est donnée en s.cm⁻¹ (s pour siemens) ; elle est exprimée pour un volume de liquide d'un centimètre d'épaisseur pour 1cm² de surface (Chauvin., 1968).La conductivité est très souvent utilisée dans le contrôle de qualité du miel de routine. Cette propriété du miel est considérée comme un très bon critère d'évaluation des propriétés botaniques (origine et pureté du miel)(Popov et Vidakovic, 2018. La conductivité électrique représente la capacité d'un corps à permettre le passage du courant électrique. Elle dépend de la teneur en minéraux et de

l'acidité du miel; plus elles sont élevées, plus la conductivité correspondante est élevée (Bagdanov,2011)

5.4.1.7 La conductivité thermique : La conductivité thermique du miel est un paramètre physico-chimique fondamental influençant les phénomènes de transfert de chaleur au sein du produit, notamment lors des procédés de pasteurisation, de conditionnement et de conservation. En général, le miel présente une faible conductivité thermique, comprise entre $0,30$ et $0,55 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, selon sa composition et sa température. Cette propriété dépend principalement de la teneur en eau, du taux de sucres, de la température ambiante, et du degré de cristallisation (White, 1978 ; Küçük et al., 2007). À mesure que la température augmente, la conductivité thermique tend à croître légèrement, facilitant les échanges thermiques. Par ailleurs, les miels issus de différentes origines florales présentent des variations mesurables de conductivité, en lien avec la diversité de leur matrice chimique (Ghasemnezhad et al., 2013). Cette variabilité souligne l'importance d'adapter les conditions de traitement thermique selon la nature du miel étudié.

5.4.1.8 Indice de réfraction : Cette propriété optique mesure la capacité du miel à dévier la lumière et est directement liée à sa concentration en sucres. En effet, plus la concentration en sucres est élevée, plus l'indice de réfraction augmente. Il est généralement mesuré à $20 \text{ }^\circ\text{C}$ et se situe entre $1,4770$ et $1,5040$, correspondant à des teneurs en eau variant de 14% à 20% (White, 1978). L'indice de réfraction est ainsi utilisé comme méthode indirecte, rapide et fiable pour le contrôle de la teneur en eau du miel dans les laboratoires de qualité (Louveaux et al., 1988).

5.4.1.9 La teneur en eau : est un facteur hautement important car il permet l'estimation du degré de maturité des miels et peut renseigner sur la stabilité contre la fermentation et la cristallisation au cours de stockage; donc elle conditionne la conservation du produit (Bakhchiche et al, 2018)

Selon Nandaa et al. (2003), Bogdanov et al. (2004) et Benzohra et Bensaada (2017), la teneur en eau du miel dépend de divers facteurs tels que la saison de récolte, le degré de maturité atteint dans la ruche, les conditions environnementales (climat), de l'origine florale, de la teneur en eau des nectars. Elle peut varier d'une année à une autre. Généralement une quantité d'eau élevée provoque la fermentation du miel et la perte de sa qualité. Elle pourrait aussi accélérer la cristallisation de certains types de miel et accroître son activité d'eau à des valeurs où certaines levures pourraient se développer

5.4.1.10 Teneur en sucres (glucose, fructose, saccharose) : représentant environ 70 à 80% de sa masse totale, Cette concentration élevée en sucres provient principalement du fructose et du glucose, qui sont les deux monosaccharides majoritaires. Le fructose est généralement plus abondant, ce qui confère au miel son pouvoir sucrant élevé et sa viscosité caractéristique (Bogdanov et al., 2008). Le reste de la fraction glucidique est constitué de disaccharides comme le saccharose et le maltose, ainsi que d'oligosaccharides spécifiques, parfois utilisés comme marqueurs

d'authenticité. La composition sucrière varie selon plusieurs facteurs : l'origine florale, les conditions climatiques, et le degré de maturation du miel dans la ruche. En plus de sa fonction énergétique, la forte teneur en sucres joue un rôle fondamental dans la stabilité microbiologique du miel, en créant un milieu à faible activité de l'eau défavorable au développement des micro-organismes (White, 1975 ; Rizelio et al., 2011). Cette richesse glucidique fait également du miel un édulcorant naturel très prisé en nutrition humaine.

5.4.1.11 Teneur en HMF (hydroxyméthylfurfural) dans le miel : La teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF) constitue un indicateur majeur de la qualité et de la fraîcheur du miel. Ce composé organique est formé par la déshydratation des hexoses (principalement le fructose) sous l'effet de la chaleur ou d'un stockage prolongé. Naturellement absent ou présent en faibles quantités dans le miel frais, le HMF tend à s'accumuler lors des traitements thermiques excessifs ou d'un entreposage inapproprié. Selon les normes du Codex Alimentarius, la teneur maximale admissible en HMF est fixée à 40 mg/kg pour les miels issus de climats tempérés et à 80 mg/kg pour ceux des zones tropicales (Codex Alimentarius, 2001). Une teneur élevée en HMF est donc souvent synonyme de miel vieilli, surchauffé ou adultéré (White, 1975 ; Khalil et al., 2010). Le dosage du HMF est généralement effectué par spectrophotométrie ULTRA VIOLET ou chromatographie liquide haute performance (CHROMATOGRAPHIE LIQUIDE HAUTE PERFORMANCE). Ainsi, la mesure du HMF constitue un outil essentiel pour évaluer l'authenticité, la fraîcheur et la conformité du miel aux standards internationaux

5.4.1.12 Teneur en protides : Les protides sont présents en faible quantité (1.7 gramme par kilogramme de miel soit une teneur de 0.26%) et la teneur en azote est négligeable (de l'ordre de 0.041%). Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines et de nucléoprotéines qui proviennent soit de la plante, soit de l'abeille. Il y a également des acides aminés libres dont la proline, qui provient des sécrétions salivaires de l'abeille (Huchet et al., 1996).

5.4.1.13 Activité enzymatique (diastase, invertase) :

De nombreuses enzymes se retrouvent dans le miel : l'invertase, l'a-amylase, la b-amylase, l'alphaglucosidase et la glucose-oxydase capable de transformer le glucose en acide gluconique. Le miel contient aussi une catalase et une phosphatase. (Huchet et al, 1996)

Avec le vieillissement du miel, la teneur en diastases diminue progressivement et tend vers zéro(louveaux, 1968) la destruction des diastases est fortement accélérée par l'élévation de la température.l'activité enzymatique est un indicateur essentiel de la qualité et de la fraîcheur du miel. Parmi les enzymes présentes, la diastase et l'invertase sont les plus surveillées. Selon Bogdanov et al. (1999),

L'invertase, également appelée β -fructofuranosidase, joue un rôle central dans la maturation enzymatique du miel. Elle catalyse la conversion du saccharose (issu du nectar) en glucose et

fructose. Cette activité est également affectée par la chaleur (Bogdanov et al., 1999). L'activité diastasique et en particulier celle de l'amylase est susceptible d'apporter de précieux renseignements sur l'état de fraîcheur d'un miel ou sur les dégradations éventuellement subies lors d'un excès de chauffage notamment. Légalement, le miel ne doit pas être chauffé au point que les enzymes naturelles soient détruites ou considérablement inactivées. L'indice diastasique d'un miel doit être supérieur à 8 dans l'échelle de Schade, à l'exception des miels destinés à l'industrie. Légalement l'indice diastasique doit être supérieur à 3 dans l'échelle de Schade. (codex alimentarius 2001).

5.4.1.14 Cristallisation du Miel : La cristallisation du miel est un phénomène naturel influencé par plusieurs facteurs. La composition en sucres joue un rôle crucial : un faible rapport fructose/glucose favorise la granulation rapide, car le fructose est presque deux fois plus soluble que le glucose (Lequet, 2010). La température optimale pour la cristallisation se situe entre 10 et 18°C, avec une température constante de 14°C étant idéale pour une cristallisation uniforme (Bogdanov, 1999). L'humidité du miel est également importante, les miels avec une teneur en eau de 15 à 18% ayant une bonne cristallisation (Huchet et al, 1996). Des études récentes confirment l'importance de ces facteurs pour la qualité et la conservation du miel (Jones et al., 2020 ; White et al., 2021)

5.4.1.15 La fermentation : Le deuxième processus qui peut affecter la qualité de miel après la cristallisation est la fermentation. Tous les miels contiennent des levures tolérantes au sucre qui peuvent les faire fermenter si leur contenu en eau est trop élevé. La cristallisation et la fermentation sont étroitement liées, car pendant la cristallisation, les molécules de glucose séparé de la phase liquide forment des cristaux de glucose hydraté contenant 9,09 % de l'eau (Calderone, 2008). Ces cristaux restent au fond du pot et la phase liquide surnage, cela favorise le phénomène de fermentation du miel et le rend impropre à la consommation (Polus, 2008).

Le miel qui est fermenté dégage des bulles de gaz carbonique ; sa surface se soulève, son gout change et il n'est pas commercialisable, La fermentation réduit les sucres fermentescibles comme le glucose, le mannose, le fructose en alcools et CO₂, glycérol (3 à 5%), acide succinique (0,5%) et autres produits secondaires (Butane 2.3 –diol) (0,5%) (Rakotondraparany, 2011)

5.4.2 Propriété biologiques et thérapeutiques :

5.4.2.1 Propriétés antibactériennes l'activité antibactérienne du miel est connue depuis le 19^{ème} siècle, l'activité du miel contre les bactéries résistantes aux antibiotiques a encore augmenté l'intérêt pour l'application du miel (Paulus et al., 2012)

De nombreuses études ont démontré que le miel présentait une activité antibactérienne in vitro. Le miel inhibe la croissance des micro-organismes et des champignons. L'activité antibactérienne du miel, principalement sur les bacilles gram positifs est largement documentée. Les activités bactériostatiques et bactéricides ont été démontrées sur de nombreuses souches, dont certaines

résistantes à des antibiotiques (comme le staphylocoque résistant à la méticilline). De plus, il a également été démontré que le miel pouvait inhiber in vitro le virus de la rubéole, la Leishmaniose et l'Echinococcus. L'effet antimicrobien du miel est dû à différentes substances et dépend de son origine botanique. On ne connaît pas encore précisément tous les composants antibactériens du miel mais quatre facteurs sont largement mis en avant : l'osmolarité, le ph acide, le peroxyde d'hydrogène, et le système non-peroxyde.(Abdulrhman et al, 2013).

5.4.2.2 Propriétés antioxydantes

Le mécanisme protecteur antioxydant du miel utilise à la fois les enzymes tels que la catalase et la peroxydase, les composés phénoliques, les flavonoïdes, les acides organiques comme l'acide ascorbique et des acides aminés comme la proline. Toutefois, les composés phénoliques sont les plus importants dans cette activité. Les antioxydants sont des substances qui présentent à faible concentration, sont capables de supprimer, retarder ou empêcher les processus d'oxydation et ses conséquences. Les sources d'antioxydants sont nombreuses et variées : extrait d'herbe, de miel, de fruits, de légumes, de thé. En règle générale, les miels foncés et les miels ayant une forte teneur en eau ont une capacité anti-oxydante plus grande que celle des autres miels. De plus, l'activité antioxydante des miels est très variable d'un miel à un autre, et elle dépend essentiellement de son origine botanique (Maameri, 2014)

5.4.2.3 Propriétés anti-inflammatoires et cicatrisante :

L'action anti-inflammatoire du miel joue un rôle thérapeutique important. L'inflammation peut devenir délétère et empêcher la guérison lorsqu'elle est excessive et prolongée, surtout avec la production de radicaux libres dans les tissus. Même si les antioxydants n'agissent pas directement sur l'inflammation, ils éliminent les radicaux libres et évitent leurs effets néfastes(Fanny, 2015)

Grâce à sa capacité à absorber l'humidité de l'air, le miel facilite la guérison et la cicatrisation des blessures. L'origine de ce phénomène est la capacité du miel à stimuler le développement des cellules épithéliales formant la nouvelle peau sur une blessure en cours de cicatrisation. De cette manière, et même en cas de blessures étendues, le miel permet d'éviter le recours à une transplantation (Harun, 2003)

5.5 Valeur nutritive du miel

Le miel non contaminé est un aliment sain, léger, naturel et riche en calories. Il contient des glucides, des protéines, des lipides, des enzymes et des vitamines. Une cuillère à soupe de miel fournit 60 calories et contient 11 g de glucides, 1 mg de calcium, 0,2 mg du fer, 0,1 mg de Vitamine B et 1 mg de vitamine C (Lina et al., 2011)

5.6 Altérations possibles et facteurs de variation (climat, origine florale, conservation)

5.6.1 Altérations possibles du miel

Le miel, bien que naturellement stable grâce à sa faible activité de l'eau, sa richesse en sucres et son pH acide, n'est pas à l'abri de dégradations physico-chimiques, enzymatiques ou microbiologiques s'il est mal manipulé ou conservé.

a. Fermentation

La fermentation est l'altération la plus fréquente, causée par la prolifération de levures osmophiles (notamment *Zygosaccharomyces*) lorsque la teneur en eau dépasse 18 %. Ce phénomène entraîne la production d'alcool et de gaz, suivie d'une acidification du produit. Il s'observe particulièrement en cas de récolte prématurée ou de stockage dans des conditions chaudes et humides (Bogdanov et al., 2004).

b. Formation excessive de HMF

L'HMF (5-hydroxyméthylfurfural) est un produit de dégradation des sucres formé par chauffage ou vieillissement. Sa concentration augmente rapidement lorsque le miel est exposé à des températures > 40 °C ou stocké longtemps. Un excès d'hmf est un critère de détérioration chimique et un indicateur de traitement thermique non conforme (Codex Alimentarius, 2001 ; Khalil et al., 2010).

c. Dégradation enzymatique

Le miel contient des enzymes comme la diastase et l'invertase, sensibles à la chaleur. Leur inactivation progressive lors de l'échauffement ou d'un stockage prolongé réduit la valeur biologique et nutritive du miel. Un indice diastasique bas (< 8) signale souvent une mauvaise conservation ou une pasteurisation excessive (Bogdanov et al., 1999).

d. Cristallisation désordonnée

La cristallisation du glucose peut entraîner un durcissement non homogène du miel, modifiant son apparence et parfois sa texture. Bien qu'elle ne soit pas une altération en soi, elle affecte la perception du consommateur. Ce phénomène est accéléré par un ratio glucose/fructose élevé et des températures de stockage comprises entre 10 et 15 °C.

e. Altération organoleptique

L'exposition à l'air, à la lumière et aux odeurs peut altérer les propriétés sensorielles (arôme, couleur, goût). L'oxydation des composés phénoliques ou la caramélisation excessive lors du chauffage entraîne une perte d'arômes volatils et une couleur brunâtre indésirable (White, 1978).

5.6.2 Facteurs de variation du miel

La composition et les propriétés du miel varient en fonction de nombreux facteurs liés à sa production, à son environnement et à sa conservation.

a. Origine florale (botanique)

Chaque type de fleur donne un miel avec un profil unique en sucres, enzymes, minéraux, pollens et composés volatils. Par exemple :

Miel d'acacia : riche en fructose, reste liquide longtemps,

Miel de colza : riche en glucose, cristallise rapidement,

Miel de châtaignier : plus foncé, forte activité enzymatique.

Ces différences sont documentées par Persano Oddo & Piro (2004), qui ont établi des fiches de caractéristiques des miels unifloraux européens.

b. Conditions géographiques et climatiques

Le climat, l'altitude, le type de sol et l'humidité influencent la floraison et donc la composition du nectar récolté par les abeilles. Les miels tropicaux, par exemple, ont une teneur en HMF naturellement plus élevée due aux températures ambiantes élevées (Codex Alimentarius, 2001).

c. Méthodes de récolte et de traitement

Les procédés d'extraction, de filtration et de chauffage influencent la conservation des enzymes, des antioxydants et la structure cristalline. Un chauffage excessif réduit la qualité enzymatique et nutritionnelle du miel (Khalil et al., 2010).

d. Stockage

Une température $> 25\text{ °C}$, une humidité ambiante élevée, ou une exposition à la lumière accélèrent la dégradation du miel. Il est recommandé de stocker le miel à température constante ($15\text{--}20\text{ °C}$), dans des contenants hermétiques, à l'abri de la lumière (Bogdanov et al., 2004).

6. Critères de qualité de miel :

Le miel est un produit alimentaire naturel complexe dont la qualité est régie par plusieurs critères physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques. Ces critères permettent d'évaluer la conformité du miel aux exigences réglementaires internationales et nationales, garantissant sa fraîcheur, son authenticité et son innocuité pour le consommateur. Les principaux référentiels utilisés sont la norme Codex Alimentarius (CXS 12-1981, Rév. 2-2001) et la Directive européenne 2001/110/CE, souvent reprises dans les réglementations algériennes.

6.1 Critères physico-chimiques essentiels :

- 6.1.1 **Critères enzymatiques** : Activité diastasique et Activité invertasique : l'indice diastasique du miel, déterminé après traitement et/ou mélange, ne doit généralement pas être inférieur à 8 unités de Schade, et dans le cas des miels dont la teneur naturelle en enzymes est basse, il ne doit pas être inférieur à 3 unités de Schade. » (Codex Alimentarius, 2001)
- 6.1.2 **Critères microbiologiques** : Bien que le miel soit naturellement inhibiteur de la croissance microbienne grâce à son faible pH, sa faible activité de l'eau, et la présence de peroxyde d'hydrogène, il doit être exempt de Bactéries pathogènes (Salmonella, Clostridium botulinum chez les nourrissons), levures fermentaires en cas de forte humidité.
- 6.1.3 **Critères organoleptiques** : Les propriétés sensorielles (couleur, odeur, texture, saveur) sont déterminées par :
- L'origine florale,
 - Les procédés de récolte,
 - Les conditions de stockage.

Un miel de qualité doit être homogène, sans odeur de fermentation, sans cristallisation anormale, et sans résidus visibles. (Bagdanov et al, 2004) (white, 1978)

7. Normes internationales et leur application

Les deux références réglementaires les plus utilisées sont :

- Codex Alimentarius Standard for Honey (CXS 12-1981, Rev. 2-2001) : adopté par la FAO et l'OMS, ce texte établit les normes minimales de qualité pour les miels commercialisés à l'échelle internationale.

- Directive européenne 2001/110/CE : norme applicable dans l'Union européenne, précisant les caractéristiques exigées des miels selon leur origine (fleurs, miellat, etc.), leur traitement, et leur destination (consommation directe ou industrielle).

- Tableau 3 : Différents critères de qualité (codex alimentaire ,2001).

Critères de qualité	Codex Alimentarius codex stan12-1981 (rév.2001)	Union Européenne Directive 2001/110/CE
Humidité	≤ 20% Dérogation possible pour les régions tropicales	≤ 20% ≤ 23% pour miel industriel
Sucres réducteurs	≥ 60g /100g ≥45g/100g pour miel de miellat	≥ 60g /100g ≥45g/100g pour miel de miellat
Saccharose	≤ 5%	≤ 5%
HMF	≤ 40mg/kg après Traitement et /ou mélange ≤ 80mg/kg pour miel ou mélange de miel de région tropicale	≤ 40mg/kg après Traitement et /ou mélange ≤ 80mg/kg pour miel ou mélange de miel de région tropicale
Conductivité électrique	≤0,8 μS/cm ≥0,8 μS/cm pour miel de miellat	≤0,8 μS/cm ≥0,8 μS/cm pour miel de miellat
Acidité libre	≤ 50méq/kg	≤ 50méq/kg ≤80 méq/kg miel pour industrie
Indice de diastase	≥8 unité Schade après traitement ou mélange du miel ≥3 unité Schade si faible teneur naturelle en enzyme	≥8 unité Schade après traitement ou mélange du miel ≥3 unité Schade si faible teneur naturelle en enzyme

CHAPITRE 2 : LE POLLEN – ROLE ET INTERET DANS LE MIEL

1. Définition du pollen

Le pollen est l'élément reproducteur mâle des plantes à graines (phanérogames). Il se présente sous forme de grains microscopiques produits par les anthères des étamines chez les angiospermes, ou par les microsporangies chez les gymnospermes. Chaque grain de pollen contient une ou plusieurs cellules germinatives qui assureront la fécondation des ovules après la pollinisation. Il est protégé par une double paroi : l'exine, résistante, riche en sporopollénine, et l'intine, interne, plus fragile et composée de cellulose et de pectine. Grâce à sa structure chimique unique, le pollen est extrêmement résistant à la dégradation, ce qui en fait un marqueur palynologique fiable dans les analyses environnementales et alimentaires, notamment pour la traçabilité du miel (Faegri & Iversen, 1989 ; Louveaux et al., 1978).



Figure 15 : pollen (<https://jardindegandmere.com/avantages-du-pollen-dabeille>)

2. Origine biologique du pollen

Le pollen prend naissance dans les anthères au cours de la microsporogénèse, un processus de différenciation cellulaire dans lequel des cellules mères diploïdes (microsporocytes) subissent une méiose pour donner naissance à des microspores haploïdes. Ces microspores évoluent ensuite en grains de pollen fonctionnels, souvent bicellulaires ou tricellulaires selon les espèces végétales (Pacini, 1997). Une fois matures, les grains sont libérés par déhiscence des anthères. La pollinisation peut alors se faire soit par le vent (anémophilie), soit par les insectes pollinisateurs (entomophilie). Chez les abeilles mellifères, le pollen est collecté comme source de protéines et de

lipides pour la colonie. Une partie de ce pollen se retrouve dans le nectar et, par extension, dans le miel, rendant possible l'analyse pollinique pour déterminer l'origine florale et géographique du produit (Louveaux et al., 1978).

2.1 Composition chimique du pollen :

Le pollen est une substance biologiquement active riche en nutriments, jouant un rôle essentiel dans l'alimentation des abeilles et possédant un potentiel nutritionnel reconnu chez l'homme. Sa composition varie selon l'origine botanique, les conditions climatiques et le degré de maturité, mais obéit à une structure biochimique générale relativement bien définie :

- 2.1.1 **Protéines (10–40 %)** Le pollen est particulièrement riche en protéines, représentant en moyenne 20 à 25 % de la matière sèche, mais pouvant atteindre jusqu'à 40 % chez certaines espèces. Ces protéines incluent des acides aminés essentiels (lysine, méthionine, tryptophane...) nécessaires au développement des larves d'abeilles et à la croissance musculaire chez l'homme (Roulston & Cane, 2000). Cette richesse en protéines fait du pollen un complément nutritionnel majeur pour les colonies.
- 2.1.2 **Glucides (30–55 %)** Les glucides constituent la fraction majoritaire du pollen, représentant 30 à 55 % de sa masse. Ils comprennent surtout des sucres simples (glucose, fructose, saccharose), ainsi que des polysaccharides de réserve. Ces sucres sont importants pour les abeilles adultes, notamment en période de disette, car ils fournissent une source d'énergie rapide (Campos et al., 2008).
- 2.1.3 **Lipides (1–13 %)** Le pollen contient également une fraction lipidique, représentant entre 1 et 13 % selon l'origine florale. On y retrouve des acides gras essentiels (acide linoléique, oléique), des phospholipides et des stérols. Ces lipides sont nécessaires à la fabrication des membranes cellulaires chez les insectes comme chez l'homme (Human & Nicolson, 2006).
- 2.1.4 **Vitamines et minéraux** : Le pollen est une source naturelle de vitamines, principalement du groupe B (B1, B2, B3, B6), de la vitamine C, et de provitamine A (β -carotène). Il renferme également des minéraux tels que le potassium, le calcium, le magnésium, ainsi que des oligoéléments comme le zinc, le fer et le sélénium. Ces éléments sont essentiels pour l'immunité, la reproduction et la régulation enzymatique (Carpes et al., 2007).
- 2.1.5 **Composés bioactifs** : polyphénols et flavonoïdes : Enfin, le pollen est riche en composés antioxydants tels que les flavonoïdes, phénols, caroténoïdes et acides phénoliques, qui lui confèrent des propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes et antioxydantes. Ces molécules varient selon l'espèce végétale et sont au cœur de l'intérêt pharmacologique du pollen (Leja et al., 2007).

2.2 Rôle du pollen dans la classification des miels:

Le pollen joue un rôle clé dans l'évaluation de la qualité du miel et constitue un outil fondamental pour sa classification botanique et géographique. Bien qu'il ne contribue pas directement aux

propriétés physico-chimiques du miel, sa présence, sa quantité et sa diversité renseignent sur l'origine florale, le degré de pureté et parfois sur les pratiques apicoles associées à sa production.

2.2.1 Indicateur de l'origine florale du miel :

L'analyse pollinique, ou méliissopalynologie, permet d'identifier les types de pollens présents dans le miel, et donc d'en déduire l'origine botanique dominante. Un miel est dit monofloral lorsque plus de 45 % des grains de pollen proviennent d'une seule espèce végétale (ex. : acacia, eucalyptus, oranger). En dessous de ce seuil, on parle de miel polyfloral. Cette méthode est la base de la détermination commerciale et légale des miels unifloraux (Louveaux et al., 1978 ; Persano Oddo & Piro, 2004).

2.2.2 Critère de classification géographique

La diversité des grains de pollen permet aussi de déterminer l'origine géographique du miel. Certaines espèces végétales sont endémiques à des régions précises. Leur détection dans un échantillon de miel sert donc à authentifier son provenance régionale ou nationale (Von der Ohe et al., 2004). Cette approche est utile pour la valorisation des miels locaux dans les appellations géographiques protégées (IGP, Label bio...).

2.2.3 Indicateur de pureté et de qualité

La quantité de pollen dans le miel peut être utilisée pour évaluer son degré de pureté. Les miels trop filtrés, chauffés ou adultérés présentent souvent une faible teneur en pollen, voire une absence partielle ou totale. À l'inverse, un miel brut ou non transformé contient naturellement un spectre pollinique riche et varié, garantissant une origine naturelle (Louveaux et al., 1978 ; El Sohaimy et al., 2015). Ainsi, le taux de pollen est un indicateur indirect de fraîcheur, de traitement thermique et d'authenticité.

2.2.4 Apport nutritionnel indirect dans les miels enrichis

Bien que la teneur en pollen dans le miel soit généralement faible (< 0,5 %), celui-ci apporte néanmoins des micro-éléments, des acides aminés et des antioxydants. Certains miels enrichis en pollen ou partiellement non filtrés présentent une valeur nutritionnelle accrue, justifiant leur intérêt pour la santé humaine et leur commercialisation comme produits fonctionnels (Campos et al., 2008).

CHAPITRE 3 : LES ANALYSES POLLINIQUES DU MIEL

1. Les analyses polliniques :

L'analyse pollinique du miel, également appelée méliissopalynologie, est une méthode d'étude microscopique des grains de pollen contenus dans le miel, permettant de déterminer son origine botanique et parfois géographique (Louveaux et al., 1978). Cette discipline repose sur la préparation d'un échantillon de miel à partir duquel les pollens sont extraits, identifiés et quantifiés selon des protocoles standardisés. La méthode constitue un outil fondamental pour le contrôle de la qualité, la certification et la traçabilité du miel dans les contextes scientifique, commercial et réglementaire (Von der Ohe et al., 2004).

Le principe de base de la méliissopalynologie repose sur le fait que, lors de la butinée, les abeilles transportent du pollen floral dans le nectar, involontairement ou volontairement, ce qui entraîne la présence naturelle de grains de pollen dans le miel. Ces grains, résistants et spécifiques à chaque espèce végétale, permettent d'identifier les fleurs visitées et donc de retracer l'origine du miel (Maurizio, 1951 ; Sawyer, 1981). En étudiant la composition pollinique, les analystes peuvent classer un miel comme monofloral (dominé par un seul type de pollen) ou polyfloral (mélange équilibré de plusieurs sources florales).

Outre l'origine botanique, l'analyse pollinique permet d'évaluer l'authenticité du miel, en détectant d'éventuelles adultérations, comme l'ajout de sirops ou un étiquetage incorrect. Elle peut également servir à déterminer l'aire géographique de production, car certaines espèces végétales sont endémiques à des zones climatiques ou régionales spécifiques (Persano Oddo & Piro, 2004).

2. Intérêt de l'analyse pollinique dans l'identification botanique et géographique du miel

- 2.1 **Identification botanique** : permet de déterminer les espèces florales dominantes visitées par les abeilles, en distinguant les miels monofloraux et polyfloraux selon la composition pollinique (Barth, 2004).
- 2.2 **Détermination géographique** : certains pollens sont caractéristiques de régions spécifiques, ce qui permet de retracer l'origine géographique du miel (Tsigouri et al., 2004).

2.3 **Authentification** : utilisée pour détecter les fraudes (faux étiquetage, origine erronée, filtration excessive) et renforcer les contrôles qualité dans un contexte commercial et sanitaire (Sobrino et al., 2019).

2.4 **Valorisation commerciale** : méthode de référence pour justifier des labels d'origine (IGP, AOP) et mettre en valeur les miels de terroir dans les marchés spécialisés.

3. Bases théoriques de l'analyse pollinique

3.1 Principes de la méliissopalynologie

La méliissopalynologie est la branche de la palynologie appliquée aux produits de la ruche, en particulier au miel. Elle repose sur l'observation microscopique des grains de pollen naturellement présents dans le miel, lesquels reflètent la flore butinée par les abeilles. Cette méthode est largement utilisée pour déterminer l'origine botanique et géographique du miel.(Louveaux et al 1978).

3.2 Méthodes classiques d'analyse (présentation générale sans protocole)

Les étapes de l'analyse pollinique incluent :

- la dilution du miel pour en extraire les grains de pollen,
- la concentration de ceux-ci par centrifugation,
- leur montage sur lame microscopique,
- et leur identification en fonction de critères morphologiques.

L'analyse est quantitative et qualitative, et son efficacité repose sur des protocoles standardisés. (Ohe et al 2004)

3.3 Typologie et classification des grains de pollen

Les grains de pollen sont classés selon plusieurs critères morphologiques observables au microscope, notamment :

- la taille (micropollen à très grand pollen),
- la forme (sphérique, ovale, triangulaire...),
- le type et le nombre d'apertures (colpés, porés, colporés),

– la structure de l'exine (lisse, réticulée, spinuleuse...).

Cette typologie permet d'identifier les taxons végétaux à l'origine du pollen. (Moore, Webb, 1978)

3.4 Grilles de lecture : pollens dominants, secondaires, minoritaires

Une grille de lecture est utilisée pour classer les grains selon leur fréquence relative dans l'échantillon observé :

- Pollen prédominant : $> 45\%$ → indique souvent un miel monofloral.
- Pollen secondaire : $16-45\%$ → espèce florale significative mais non dominante.
- Pollen important mineur : $3-15\%$ → présence notable.
- Pollen mineur : $< 3\%$ → présence accessoire. (Persano Oddo & Piro, 2004).

CHAPITRE 4 LES MALADIES DES ABEILLES :

Comme tout être vivant, l'abeille peut être malade. L'apiculteur doit être vigilant, car une maladie peut avoir des conséquences graves surtout s'il s'agit d'une « maladie réputée contagieuse » (MRC) (Hummel & Feltin, 2014)

la santé des abeilles est liée à divers facteurs de nature différente (bactérienne, virale, parasitique, etc.). Les abeilles lorsqu'elles jouissent d'un état de santé et d'une alimentation optimale, leur résistance aux conditions adverses est plus forte. Elles sont également menacées par plusieurs ennemis intervenant directement an tant que prédateurs à l'indirectement en perturbant la vie des colonies (Pelletier, 2010)

- 1. VARROASE :** (ou varroose) est une maladie redoutable de l'abeille domestique. Elle est due à un acarien hématophage nommé *Varroa destructor*, (Anderson et Trueman, 2000).c'est une parasitose externe spécifique à l'abeille mellifère (*Apis mellifera*), causée par l'acarien ectoparasite *Varroa destructor*, considéré aujourd'hui comme l'un des agents pathogènes les plus destructeurs pour les colonies apicoles. Ce parasite se fixe sur les nymphes et les abeilles adultes pour se nourrir de leurs tissus adipeux, compromettant leur immunité, leur longévité et leur développement (Ramsey et al., 2019). *Varroa destructor* joue également un rôle critique comme vecteur biologique de virus, notamment le virus des ailes déformées (Deformed Wing Virus, DWV), aggravant considérablement la mortalité des colonies.

Les deux espèces les plus connues sont : *Varroa jacobsoni* ; parasite d'*Apis cerana* et *V. destructor* ; parasite d'*Apis Mellifera* est l'agent pathogène de la maladie appelée « varroase »qui cause l'effondrement des colonies (Pierre, 2011) . Selon (Wendling, 2014), quand l'infestation de la colonie d'abeille par le *V. destructor* est faible, aucun symptôme clinique n'est visible. Et lorsque l'infestation est modérée, la croissance de la population d'abeille peut être affectée, ainsi que le niveau de production en miel sera réduit. Cela va entraîner des dommages irréversibles pour la colonie d'abeille. L'expression clinique la plus caractéristique est la présence d'abeilles trainantes au sol, certaines ont les ailes écartées, déformées. Leur corps sera dépourvu de poils ; le couvain est en mosaïque et paraît négligé il y'aura donc une réduction dans le nombre d'abeilles.



Figure 16 : Abeille saine (à gauche) et abeille parasitée par Varroa (à droite) peu de temps avant l'éclosion (photo V. Dietemann, Centre de recherche apicole, Agroscope)

2. La loque américaine

Paenibacillus larvae est à l'origine d'une maladie du couvain operculé de l'abeille *Apis mellifera*. C'est une bactérie dont la forme de résistance et de dissémination est la spore. Cette spore est très résistante et peut persister dans le miel, le bois, la cire et sur les abeilles adultes (Nicolas, 2013).

La loque américaine est une maladie bactérienne létale et très contagieuse du couvain, causée par la bactérie sporulée *Paenibacillus larvae*. Elle touche exclusivement les larves au stade pré-nymphal, qui s'infectent en ingérant des spores bactériennes présentes dans la nourriture larvaire. Ces spores peuvent rester viables pendant plus de 35 ans dans l'environnement apicole, rendant la maladie particulièrement difficile à éradiquer (Genersch, 2010). La prolifération de *P. larvae* dans l'intestin larvaire conduit à la lyse cellulaire, puis à la putréfaction de la larve, transformée en masse filamenteuse brunâtre, visqueuse, très adhérente à la paroi de l'alvéole. Les signes cliniques typiques incluent :

- Aspect en mosaïque du couvain operculé avec des cellules affaissées ou perforées ;
- Larves mortes brun foncé, collantes, dégageant une odeur putride caractéristique ;

- Test du fil positif : une allumette insérée dans la cellule infectée en retire un fil brun visqueux de plusieurs centimètres ;
- Formation de croûtes adhérentes au fond des cellules (restes desséchés de larves infectées)
- Diminution du nombre d'abeilles émergentes, affaiblissement progressif de la colonie, puis effondrement si non traité (Ebeling et al., 2016 ; OIE, 2022).

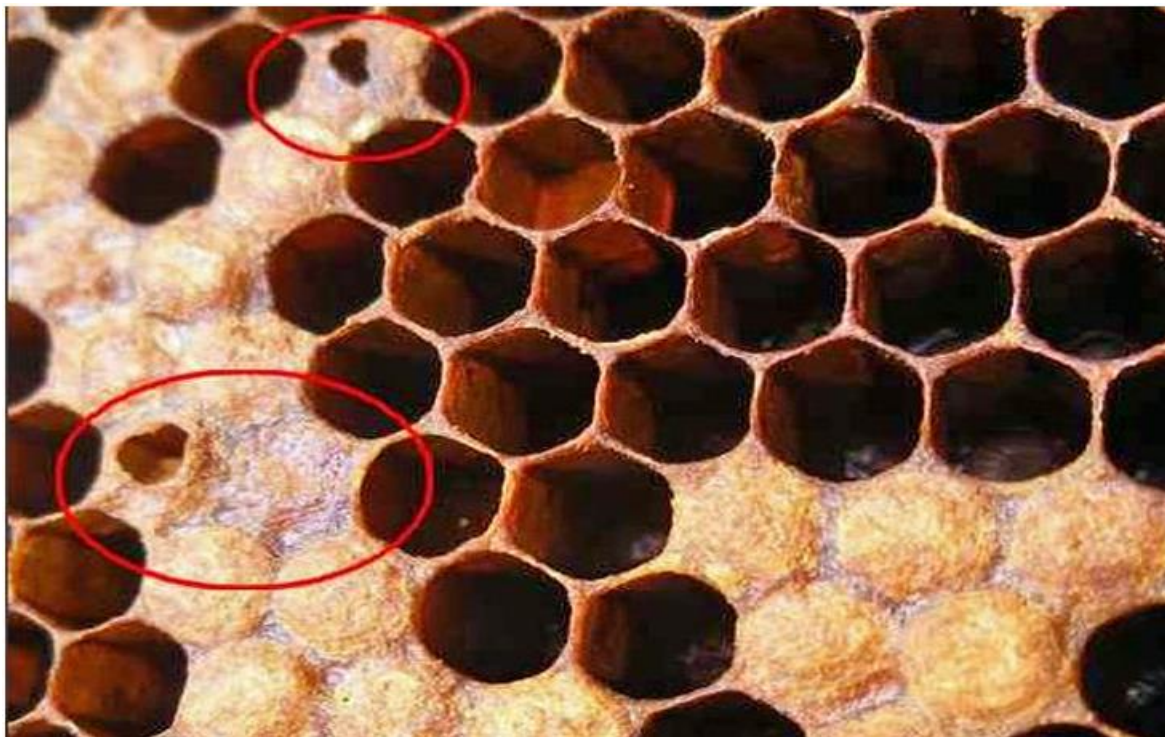


Figure 17 : Couvain en mosaïque d'une ruche atteint de loque américaine(loque américaine)

3. la loque européenne :

Melissococcus pluton est l'agent initial de la loque européenne, maladie du couvain de l'abeille domestique. D'autres bactéries se développent en même temps. Le facteur principal de développement de cette bactérie est la carence en protéines (Nicolas, 2013).

C'est une maladie contagieuse du couvain ouvert, causée par une association de plusieurs agents infectieux d'origine bactérienne, l'agent principal étant Melissococcus pluton et les agents secondaires les plus fréquents étant Paenibacillus alvei, Paenibacillus sapiari, Lactobacillus eurydice et Enterococcus faecalis (Fluri, 2003).

Les principaux symptômes sont :

- Couvain en mosaïque.
- Les Larves prennent une couleur anormale (jaune à gris brun), et une position anormale redressée. Deviennent fragiles, et meurent généralement avant l'operculation
- Larves et écailles non adhérentes sont facilement évacuées par les abeilles.
- Les écailles loqueuses se détachent très facilement. (Binon et Dief 2006).



Figure18 : Larves infectées par la loque européenne à divers états de décomposition (k ruoff)

4. la nosérose :

La nosérose est une maladie provoquée par un parasite unicellulaire de la classe des fongidés, genre *Nosema*, identifié en 1907 par Zander. L'agent fongique responsable est *Nosema apis* qui existe sous forme végétative, et sous forme de résistance (spore). Cette maladie peut évoluer de façon chronique (Touamnoff, 1951 ; Borchert, 1970). La nosérose touche les trois castes d'abeille, elle affecte uniquement l'abeille adulte en infectant les cellules épithéliales de leurs ventricules (Bailey, 1955) provoquant ainsi des diarrhées.



Figure19 : Ventricule sain et ventricule atteint de nosérose (Adjlane, Haddad, 2016)

5. L'acariose :

L'acariose est une maladie parasitaire contagieuse de l'appareil respiratoire de l'abeille adulte, causée par un acarien microscopique *Acarapis woodi* (Rennie, 1921). C'est un parasite interne qui infeste les trois castes (reine, faux bourdon et les ouvrières) (Delfinado-Baker et Baker, 1984). Les principaux symptômes sont :

- Affaiblissement des colonies (diminution de la durée de vie).
- Ailes dissymétriques et Perturbation du vol. - Les colonies peuvent dépérir au printemps et ils sont attribuables au dommage mécanique et au désordre physiologique consécutif à l'obstruction des conduits d'air, aux lésions dans les parois des trachées et à la réduction de l'hémolymphe (Otis et Scott-Dupree, 1992).

6. Ascosphérose (Couvain plâtré)

L'ascosphérose, également appelée maladie du couvain plâtré, est une mycose du couvain des abeilles mellifères causée par le champignon *Ascosphaera apis*. Cette pathologie touche principalement les larves jeunes, qui, après ingestion des spores fongiques, se momifient en une masse blanchâtre, dure et friable, rappelant du plâtre, à l'intérieur des cellules de couvain. Elle est favorisée par des conditions de forte humidité et une mauvaise ventilation dans la ruche, affectant la vitalité de la colonie. (Bailey and Ball 1991)

Selon Bailey et Ball (1991), les larves atteintes par l'ascosphérose « sont crayeuses, blanches et dures, et souvent recouvertes de moisissures à un stade avancé. Cette condition, connue sous le nom de chalkbrood, se caractérise par la présence de ces larves momifiées dans les alvéoles de couvain ou au fond de la ruche ». Ces larves infectées, visibles sous forme de masses blanchâtres, friables, parfois ponctuées de structures noires (sporocystes), traduisent une atteinte mycotique avancée. Les ouvrières désoperculent souvent les cellules pour les éliminer, ce qui confère au couvain un aspect irrégulier. L'infection, bien que non odorante contrairement à d'autres maladies comme la loque américaine, affaiblit progressivement la colonie, surtout si les conditions de température et d'humidité lui sont favorables.

7. La fausse teigne :

Les fausses teignes font plus de dégâts dans les régions à climat tropical que dans les zones tempérées. Il en existe deux espèces : la grande fausse teigne (*Galleria mellonella*) et la petite fausse teigne (*Achroia grisella*). On trouve généralement les fausses teignes dans les colonies faibles, qu'elles peuvent éventuellement tuer ou pousser à désert, tandis que les colonies vigoureuses sont capables de leur tenir tête. Le risque est accru si les abeilles ont consommé beaucoup de miel et ont laissé des rayons vides sans surveillance. Toute colonie qui a perdu sa reine

est susceptible d'être attaquée par les fausses teignes. Le meilleur moyen de prévenir les attaques de fausses teignes est de faire en sorte que les colonies demeurent suffisamment fortes et de retirer les rayons de miel que les abeilles ne sont pas en mesure de défendre. Les rayons vides constituent un excellent substrat de reproduction pour ces papillons. Les ruches à barrettes sont ici avantagées par rapport aux ruches à cadres mobiles, car les abeilles n'ont pas à y protéger de rayons vides après l'extraction du miel. Il reste que les fausses teignes contribuent à limiter la propagation des maladies en éliminant rapidement les colonies atteintes. (P.D, Paterson 2006).

La fausse teigne *Galleria mellonella*, ou « grande teigne », est un papillon de type de ceux qu'on appelle « papillon de nuit » ou « mites » (Fernandez et coineau, 2007). Pour éviter que la fausse teigne s'installe dans une ruche, une colonie forte et un volume de ruche en adéquation avec la taille de la colonie sont indispensables. Petite colonie : petite ruche. Forte colonie : grande ruche. Sur les ruches contaminées, il faut éliminer les cadres contaminés par le feu et resserrer la colonie sur seulement quelques cadres sains, en utilisant soit des partitions, soit une ruchette (Hummel et Feltin, 2014).



Figure 20 : Dégât sur un rayon infesté par la fausse teigne (le conte, 2002)

8. Couvain sacciforme (Sacbrood) :

Le couvain sacciforme est une virose du couvain des abeilles mellifères causée par le Sacbrood virus (SBV), un virus à ARN simple brin appartenant à la famille des Iflaviridae. Cette maladie affecte principalement les larves âgées, qui cessent leur développement avant l'operculation ou peu après, sans se transformer en nymphe. Le virus se multiplie dans les tissus larvaires, provoquant

l'accumulation de liquide dans le corps de la larve, qui prend une forme allongée et une consistance de sac rempli de fluide clair, d'où le nom de la maladie (Chen et Siede, 2007). La maladie est modérément contagieuse et généralement non mortelle pour la colonie, mais elle peut perturber le couvain et affaiblir temporairement la dynamique de population. elle se manifeste par:

- Larves mortes étirées, avec un aspect de sac translucide rempli de liquide ;
- Changement de couleur : du gris perlé au brun foncé avec dessèchement progressif ;
- Tête de la larve souvent noircie, se détachant facilement du corps ;
- Cellules operculées perforées ou désoperculées par les ouvrières ;
- Présence de larves mortes en masse au fond de la ruche ;
- Faible odeur ou absence d'odeur (contrairement à la loque américaine).

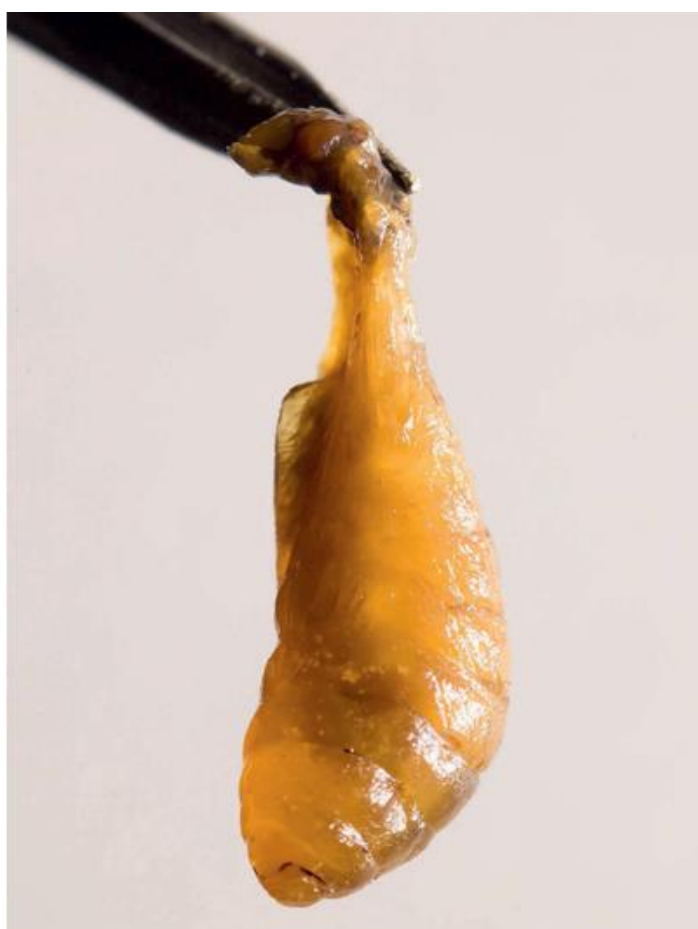


Figure 21: Larve morte en forme typique de sac, remplie de liquide (photo K.ruoff)

Le diagnostic repose sur l'observation visuelle et peut être confirmé par RT-PCR. Il n'existe pas de traitement spécifique, mais la remplacement de la reine, l'amélioration de l'hygiène de la ruche et une bonne nutrition peuvent enrayer l'infection (de Miranda & Genersch, 2010).

Il existe aussi des agents chimiques qui font partie des dangers sanitaires en apiculture Les agents chimiques :

- a. Les agents chimiques utilisés dans la ruche : Traitement contre Varroa, substances chimiques utilisées « frauduleusement » comme acaricides, antibiotiques utilisés illégalement.
- b. Les agents chimiques rapportés à la ruche : Les pesticides, et notamment les insecticides, utilisés sur les cultures que butinent les abeilles ou bien sur celles dont elles s'abreuvent (maïs), sont un danger réel pour la colonie d'abeilles
- c. Les éléments physiques et climatiques : Le climat est un élément majeur de la santé de l'abeille. La pluie, le vent, l'humidité mais aussi la sécheresse sont des dangers pour la colonie. Entraînant le confinement des abeilles voire la famine, ces facteurs favorisent le développement de nombreuses maladies (loques, nosérose, viroses) (Nicolas, 2013).

PARTIE

EXPERIMENTALE

Introduction

Le miel, produit naturel issu de la transformation du nectar des fleurs par les abeilles, occupe une place importante dans les domaines alimentaire, médicinal et économique. Sa composition varie en fonction de l'origine florale, des conditions climatiques et géographiques, ce qui confère à chaque type de miel des caractéristiques uniques tant sur le plan physicochimique que pollinique.

En Algérie, la wilaya de Skikda se distingue par une richesse floristique remarquable et un environnement propice à l'apiculture. Cette région, située au nord-est du pays, bénéficie d'une grande diversité écologique, avec une alternance de zones côtières, montagneuses et forestières. Ces atouts naturels favorisent la présence d'une flore mellifère variée répartie sur l'ensemble de ses communes, ce qui explique la diversité exceptionnelle des miels produits localement.

Ces dernières années, la production apicole dans la wilaya de Skikda a connu une croissance significative. Selon les données statistiques récentes, la production de miel s'est élevée à 558 700 kg en 2022, 500 000 kg en 2023, et 533 600 kg en 2024, plaçant ainsi la wilaya au premier rang à l'échelle nationale en termes de quantité produite. Cette performance témoigne non seulement d'une dynamique apicole bien établie, mais aussi de l'importance économique et stratégique de ce secteur pour la région.

Cependant, malgré cette production abondante et la diversité des miels, une meilleure caractérisation scientifique est nécessaire pour valoriser ces produits. En effet, peu d'études approfondies ont été menées sur les caractéristiques physicochimiques et polliniques des miels de Skikda, ce qui limite leur valorisation sur les marchés spécialisés, tant au niveau national qu'international.

La problématique de ce travail repose donc sur la nécessité de prouver scientifiquement la richesse et la diversité des miels produits dans la wilaya de Skikda, à travers une double approche analytique : d'une part, l'analyse pollinique, permettant d'identifier les origines florales, et d'autre part, l'analyse physicochimique, visant à évaluer la qualité intrinsèque des miels.

Matériel et méthodes

1. Le matériel biologique

Pour le matériel biologique, cinq échantillons de miel pur ont été récoltés en mai 2025 au niveau de cinq communes de la wilaya de Skikda (Azzaba, Salah bouchaour, Benizid et Laghdir et Skikda). Le mode d'extraction a été mécanique pour les cinq échantillons de miel à analyser.

Les échantillons de miels ont été conservés dans des flacons en verre stériles et avec un couvercle hermétique empêchant toute introduction d'humidité. Par la suite, les échantillons ont été codifiés par des chiffres.

2. Méthodes d'analyses physico-chimiques :

2.1 La teneur en eau

La mesure de la teneur en eau est faite au moyen d'un réfractomètre indiqué pour le miel.

La teneur en eau est déterminée selon la méthode réfractométrique (AOAC, 1995), Le miel à analyser doit être parfaitement liquide. En effet, si le miel est granuleux, il faudrait le placer dans un récipient fermé sur un bain-marie, et le chauffer pendant trente minutes à 60°C. Il est indispensable d'agiter le récipient de temps à autre.

Par la suite, on déterminerait l'indice de réfraction de la prise d'essai avec un réfractomètre à température constante voisine de 20°C. Si la mesure a été effectuée à une température différente de 20°C, la lecture doit être corrigée pour ramener l'indice de réfraction à la normale.

2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est défini comme le cologarithme de la concentration en ions hydrogène (H⁺) dans une solution. Pour le miel, il représente un indice de la « réactivité acide » et est mesuré à l'aide d'un pHmètre.

2.3. Acidité libre

Détermination de l'acidité libre est déterminée par la méthode d'AOAC, 1990.

➤ Mode opératoire adopté:

Dissoudre 10g de miel dans 75 ml d'eau distillée dans un bécher.

Agiter à l'aide d'un agitateur magnétique

Les électrodes du pH mètre sont immergés dans la solution de miel.

Après la lecture du pH, la solution est titrée avec la solution de soude à 0,1M jusqu'à pH=8,30.

Après la titration de l'échantillon avec NaOH jusqu'à pH=8,3.

Enregistrer le volume de NaOH utilisé.

Calculer l'acidité libre en milléquivalents.

➤ **Mode de calcul :**

Soit V le volume en ml de soude à 0,1M utilisé lors de la titration

L'acidité libre du miel est exprimée en milliéquivalent par kilogramme de miel et déterminée par la formule suivante : $AL = (\text{Volume de } 0,1 \text{ N NaOH en ml}) \times 10$.

2.4. Teneur en saccharose

La méthode spectrophotométrique pour la détermination du taux de saccharose dans le miel repose sur la mesure de l'absorbance de la solution de miel à une longueur d'onde spécifique après une réaction chimique.

Le saccharose est d'abord hydrolysé en glucose et fructose, puis ces sucres sont dosés par des méthodes spectrophotométriques. Les étapes sont les suivantes :

➤ **Préparation de l'échantillon:**

Le miel est dissous dans de l'eau

-Hydrolyse du saccharose:

Si nécessaire, le saccharose est hydrolysé en glucose et fructose par chauffage avec un acide (HCl)

- Réaction chimique:

Le glucose et le fructose (ou le saccharose non hydrolysé) sont mis à réagir avec des réactifs spécifiques (liqueur de Fehling ou des réactifs utilisés dans les kits enzymatiques).

- Mesure de l'absorbance:

L'absorbance de la solution résultante est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde appropriée.

-Calcul de la concentration:

La concentration en saccharose est calculée à partir de l'absorbance mesurée, en utilisant des courbes d'étalonnage établies avec des solutions de saccharose de concentrations connues.

2.5. Teneur en sucres totaux

La teneur en sucre totaux a été déterminée par la méthode de réfractométrie.

La lecture est faite sur l'échelle qui indique le degré Brix situé en parallèle avec l'échelle de l'indice de réfraction.

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

Si la mesure a été effectuée à une température différente de 20°C, la lecture doit être corrigée pour ramener la valeur Brix à la normale.

Le coefficient de correction est de 0,09 par degré Celsius. La correction est additive, si la mesure est faite au dessus de 20°C, soustractive dans le cas contraire.

3. Méthode d'analyse organoleptique du miel ou méthode sensorielle

C'est une technique qui fait appel au sens de l'observation (couleur, Propreté, homogénéité de la masse, défaut éventuel de cristallisation etc...), puis à un examen olfactif qui permet de déceler les odeurs et les arômes.

Enfin, la dégustation permet d'apprécier les saveurs du miel, de distinguer les différentes composantes (goût sucré, acidité ou amertume) et aussi d'apprécier la finesse de la cristallisation.

Selon leurs origines, les différents miels présentent des caractères visuels, olfactifs, gustatifs et tactiles particulièrement diversifiés.

Ces analyses sont réalisées dans des pièces inodores, climatisées à 20 °C, 60 % d'humidité et en lumière diurne.

Les dégustateurs travaillent loin des repas et ne doivent pas porter d'odeurs avec eux. Le miel étudié est versé dans un verre à pied.

4. Méthodes d'analyse pollinique des miels

L'analyse pollinique des miels repose sur l'identification des grains de pollen contenus dans une quantité déterminée de miel (5mg) par l'utilisation de la méthode directe de Layka (1989).

5 mg de miel sont prélevés de chaque échantillon homogénéisé et liquéfié. Par la suite, les 5 mg de miel sont placés entre lame et lamelle recouverte de paraffine, l'observation au microscope optique se fait en utilisant les objectifs x10 et x40. Les grains de pollen détectés sont dénombrés puis identifiés à l'aide des atlas de palynologie.

Lorsque les classes de fréquences sont déterminées avec précision, les termes suivants sont applicables :

- □ Pollen dominant (++++): plus de 45% des pollens dénombrés.
- □ Pollen d'accompagnement (+++) : 16-45% .
- □ Pollen isolé important (++): 3-15%.
- □ Pollen isolé rare (+) : moins de 3%.

RESULTATS ET DISCUSSION

d'analyse organoleptique, physicochimique et pollinique des miels produits dans la wilaya de Skikda

Pour le matériel biologique, cinq échantillons de miel pur ont été récoltés en 2025 au niveau de cinq communes de la wilaya de Skikda (Azzaba, Salah bouchaour, Benizid et Laghdir et Skikda). Le mode d'extraction a été mécanique pour les cinq échantillons de miel à analyser.

Les échantillons de miels ont été conservés dans des flacons en verre stériles et avec un couvercle hermétique empêchant toute introduction d'humidité. Par la suite, les échantillons ont été codifiés par des chiffres et des lettres (tableau)

Tableau 4 : Codification, origine et mode d'extraction des échantillons de miel (N=5)

N°	Code Echantillon	Commune	Mode d'extraction
1	25/M00022	Salah Bouchaour	Mécanique
2	25/M00021	Azzaba	Mécanique
3	25/M00020	Skikda	Mécanique
4	25/M00019	Laghdir	Mécanique
5	25/M00015	Benizid	Mécanique

1. Résultats d'analyse organoleptique ou sensorielle

Les résultats de l'analyse sensorielle des cinq échantillons de miel produit dans la wilaya de Skikda sont démontrés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Analyse organoleptique des cinq types de miel produits dans la wilaya de Skikda

N° d'échantillon	Couleur	Odeur	Gout	Aspect
25/M00022	Brun clair	Caractéristique	Amer piquant	Cristallisé
25/M00021	Jaune brun	Forte	Sucré	Liquide
25/M00020	Brun foncé	Aromatique	Floral sucré	Liquide à crémeux
25/M00019	Brun foncé	Caractéristique	Peu sucré piquant	Liquide à crémeux
25/M00015	Jaune d'or	Très aromatique	Amer	Epais

2. Résultats d'analyse physicochimique

Les Cinq échantillons de miel ont été analysés à l'institut Pasteur d'Algérie, les paramètres recherchés sont : la teneur en eau, acidité libre, PH, Teneur en saccharose et la teneur en sucre totaux, en se référant aux spécifications physicochimique du miel selon les normes du CODEX CXS 12-1981(Tableau).

Les méthodes d'analyse utilisées sont : la réfractométrie pour la détermination de la teneur en eau et en sucre totaux, la titrimétrie pour la détermination de l'acidité libre, la méthode PHmétrie pour la mesure du PH et la spectrophotométrie pour la détermination de la teneur en saccharose.

Tableau 6 Paramètres physicochimiques recherchés, méthodes utilisées et normes

Paramètres	Méthodes	Normes CODEX CXS 12-1981
Teneur en eau	Réfractométrie	≤ 20%
Acidité libre	Titrimétrie	≤ 50 meq/kg
PH	PH métrie	Nectar : 3,5-4,5 Miellat : 4,5-5,5
Teneur en saccharose	Spectrophotométrie	≤ 5%
Teneur en sucre totaux	Réfractométrie	≥ 65%

2.1 Détermination de teneur en eau

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que la teneur en eau des échantillons étudiés varie entre 17,4 % et 22,6 % avec une moyenne égale à $20,0 \pm 2.3$ % (Tableau). En effet, tous les miels analysés sont conformes à la norme proposée par le codex, sauf pour l'échantillon 25/M00015 qui a une teneur supérieure à 20% (Tableau)

Une valeur trop grande d'humidité semble liée à une extraction précoce du miel. Cette teneur élevée en eau rendrait ce miel susceptible à la fermentation.

Ainsi, la faible teneur en humidité protège le miel de l'activité microbologique, ce miel pourrait être préservé longtemps.

2.2 Détermination du PH

Les valeurs de PH dans notre travail se trouvent entre 4,03 et 4,31 avec une valeur moyenne égale à 4.2 ± 0.1 (Tableau). Les résultats obtenus montrent que tous les miels analysés sont conformes et sont dans la limite standard (3,5-4,5) (CODEX CXS 12-1981).

Selon Gonnet (1986), le pH des miels de nectar varie entre 3,5 et 4,5 alors que celui du miel de miellat a une valeur plus élevée (entre 4,5 et 5,5). On pourrait donc dire que les miels analysés de la wilaya de Skikda sont de type nectar.

2.3 Détermination de l'Acidité libre

Les valeurs obtenus de l'acidité libre dans notre étude varient entre 25,0 et 44,0 meq/kg (tableau), c'est-à-dire que tous les miels analysés sont dans la norme requise (≤ 50 meq/kg) du CODEX. L'acidité libre est en moyenne de $36,8 \pm 7,7$ Meq/kg, ceci semble indiquer une absence de fermentation indésirable dans nos échantillons de miel analysés.

2.4. Détermination de la teneur en saccharose

La teneur en saccharose des miels analysés indique une teneur moyenne de l'ordre de $1,6 \pm 0,6\%$ (Tableau), cette teneur varie entre 0,7 et 2,2%, indiquant que les échantillons de miel sont conformes à la norme du CODEX ($\leq 5\%$) et ceci afin de limiter les fraudes par adjonction de sucre.

Le saccharose est un disaccharide issu de la fusion du fructose et du glucose. Cela signifie que le saccharose donne 50 % de fructose et 50 % de glucose. La concentration de saccharose dans le miel est de 0,8 à 5 %.

2.5 Détermination de la teneur en sucre totaux

Les valeurs obtenues de la teneur en sucre totaux dans les échantillons de miel varient entre 70,9 et 79,2% avec une moyenne de l'ordre de $74,6 \pm 3,2\%$ (Tableau). Ces résultats indiquent que les échantillons de miel sont conformes à la norme du CODEX ($\geq 65\%$). Ces résultats confirment que les sucres sont les constituants majoritaires du miel.

La teneur en sucres des miels est influencée par le stockage du miel et le chauffage, il représente un indicateur de la fraîcheur du miel et la surchauffe.

Aussi, les sucres des miels sont responsables de sa viscosité, de son hygroscopicité et de sa cristallisation

Tableau 7 paramètres physicochimiques des cinq échantillons de miel dans la wilaya de Skikda

Echantillon	Teneur en eau (%)	Acidité libre Meq/kg	PH	Teneur en saccharose (%)	Teneur en sucre totaux (%)
25/M00022	22	38	4,19	2,04	70,85
25/M00021	18,4	34	4,12	2,22	72,66
25/M00020	19,4	43	4,03	1,5	75,42
25/M00019	17,4	25	4,31	1,31	74,62
25/M00015	22,6	44	4,17	0,72	79,24

Tableau 8 Critères statistiques descriptifs des paramètres physicochimiques des échantillons de miel dans la wilaya de Skikda

Paramètres	Teneur en eau (%)	Acidité libre Meq/kg	PH	Teneur en saccharose (%)	Teneur en sucre totaux(%)
Moyenne	20,0	36,8	4,2	1,6	74,6
Ecartype	2,3	7,7	0,1	0,6	3,2
Minimum	17,4	25,0	4,0	0,7	70,9
Maximum	22,6	44,0	4,3	2,2	79,2

3. Résultats de l'analyse pollinique des cinq échantillons de miel produits dans la wilaya de Skikda

L'analyse pollinique a permis d'identifier dans les cinq échantillons de miel 6 familles de plantes à fleurs grâce à la morphologie unique des grains de pollen de chaque famille. Cependant la famille des Asteraceae est la plus représentée et elle existe dans les cinq échantillons de miel, suivi par la famille Fabaceae présente dans trois échantillon de miel, les deux familles : Myrtacea et Boraginaceae sont présentes dans deux échantillon de miel et enfin les deux familles : Oleaceae Apicaceae présentes dans un seul échantillon de miel

Dans l'estimation des fréquences des différents pollens, les termes suivants sont utilisés: pollens dominants, pour les formes qui représentent plus de 45 % de pollen dénombré ; pollens d'accompagnement, pour les grains de pollen qui ont une fréquence comprise entre 16 et 45 % ; pollens isolés importants, pour les grains de pollen qui ont une fréquence comprise entre 3 et 15 % ; pollens isolés rares, pour les grains de pollen qui ont une fréquence inférieure à 3 %.

Toutefois, l'analyse pollinique n'a pas révélé de pollens dominants (++++) qui ont une fréquence supérieurs à 45% et cela dans aucun des cinq échantillons de miel étudiés.

Par ailleurs, l'analyse pollinique a révélé les pollens d'accompagnement (+++) qui ont une fréquence comprise entre 16 et 45%, et aussi les pollens isolés importants (++) qui ont une fréquence entre 3 et 15%.

De ce fait, on pourrait considérer que les cinq types de miel étudiés sont tous de type polyfloraux déterminés par l'absence totale des pollens dominants (++++) et par l'existence seulement des pollens d'accompagnement (+++) et les pollens isolés importantes (++).

Tableau 9 Analyse pollinique qualitative et détermination du type de miel

Echantillon de miel	Famille de plante à fleurs	Type de miel
25/M00022	Fabaceae +++ Asteraceae ++	Polyfloral
25/M00021	Fabaceae +++ Asteraceae ++ Apicaceae +++ Boraginaceae ++	Polyfloral
25/M00020	Myrtaceae ++ Asteraceae ++	Polyfloral
25/M00019	Asteraceae +++ Boraginaceae ++	Polyfloral
25/M00015	Asteraceae +++ Myrtaceae ++ Fabaceae ++ Oleaceae ++	Polyfloral
<p>+++ <i>Accompagnement (fréquence des pollens entre 16 et 45%)</i> ++ <i>Isolé important (fréquence des pollens entre 3 et 16%)</i></p>		

CONCLUSION GENERALES

La présente étude s'inscrit dans un début d'essai de mise en place d'un test de contrôle de qualité du miel produit dans la wilaya de Skikda. Elle a permis d'évaluer la qualité de quelques échantillons de miel récoltés dans la wilaya de Skikda sur la base de quelques paramètres organoleptique, physicochimiques et aussi a permis de réaliser une analyse pollinique qualitative de cinq types de miel.

Les analyses physicochimiques effectuées sur les différents échantillons de miel analysés par rapport au pH, à la teneur en eau, l'acidité libre, à la teneur en sucres totaux et à la teneur en saccharose, ont montré mise à part l'échantillon 25/M00015 qui a une teneur en eau supérieure à la norme du CODEX, des résultats satisfaisants.

Les paramètres physico-chimiques des miels étudiés sont conformes aux normes européennes et internationales, ouvrant des perspectives pour leur valorisation future.

L'analyse pollinique a permis d'identifier dans les cinq échantillons de miel 6 familles de plantes à fleurs où la famille des Asteraceae était la plus représentée, suivie par la famille Fabaceae. Elle a aussi permis de déterminer que les cinq types de miel étudiés sont tous de type polyfloraux et cela par l'absence des pollens dominants (++++) et par l'existence seulement des pollens d'accompagnement (+++) et les pollens isolés importantes (++).

Il paraît alors évident de poursuivre les analyses physicochimiques et polliniques à tous les miels produits en vue de caractériser les miels de la wilaya de Skikda

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

1. A.A. Machado De-Melo, L.B.d. Almeida-Muradian, M.T. Sancho and A. PascualMaté, *Journal of Apicultural Research*, 57 (2018) 5
2. Abdulrhman et al MM, El-Hefnawy MH, Aly RH, Shatla RH, Mamdouh RM, Mahmoud DM, Mohamed WS. Metabolic effects of honey in type 1 diabetes mellitus: a randomized crossover pilot study. *J Med Food*. 2013; 16(1):66-72.
3. Alqarni, A. S., Owayss, A. A., Mahmoud, A. A., & Hannan, M. A. (2014). Mineral content
4. and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(5), 618–625. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.11.009>
5. AOAC, Acidity of Honey, *Official Methods of Analysis*, 19, 1990, 962- 1033.
6. Avisse, Isabelle et Odoux, Jean-François. 2014. *Grand traité des miel*. 2014
7. B. BAKCHICHE, M. HABATI, A. BENMEBAREK and A. GHERIB, *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6 (2018) 118.
8. B. Oussama, H.Ibtissem, *Etude de l'activité antibactérienne de miel récolte du territoire algerien* , Université Saad Dahlab Blida, 2019
9. Badren, M. A. (2016). *La situation de l'apiculture en Algérie et les perspectives de Développement*, 26p.biologie de l'abeille. Tome 03. Ed Masson et Cie. 389p.
10. Bahbouh Amina., BourzakKahramana. (2010). *Contrôle de la qualité physico chimique et microbiologique de quelques miels de la Mitidja*. Ingénieur d'état en contrôle de qualité et analyse.
11. Bailey, L., & Ball, B. V. (1991). *Honey Bee Pathology* (2nd ed.). Academic Press.
12. Barth, O. M. (2004). *Melissopalynology in South America*. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S45–S54. <https://doi.org/10.1051/apido:2004055>
13. Beres, V., Balan, D. & Popa, D. (2019). *Composition chimique du miel et ses propriétés*. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 755-762.
14. Beres, V., Balan, D. & Popa, D. (2019). *Composition chimique du miel et ses propriétés*. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 755-762.
15. Bétayene E. D., (2008). *Rapport de stage en apiculture diversifiée*. La louvuère, Belgique
16. Biri M. ; 2002. *Le grand livre des abeilles, l'apiculture moderne*, Edition de VECCHI S, Paris, p260.
17. Blanc M. ; 2010. *Propriétés et usage médical des produits de la ruche*, Thèse de doctorat, Université de Limoges, p138
18. Bogdanov, S (2011) *Composition of honey, A Review*; Swiss Bee Research Centre.
19. Bogdanov, S. (2009). *Honey as Food and Medicine: A Review*. *Bee Product Science*.
20. Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., & Gallmann, P. (2008). *Honey for nutrition and health: a review*. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(6), 677–689. <https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719745>

21. Bogdanov, S., Lischer, P. 1993 Interlaboratory trial of the International Honey Commission: Phadebas and Schade diastase determination methods, moisture by refractometry and invertase activity: Report for the participants
22. Bogdanov, S., Lüllmann, C., Martin, P., et al. (1999). Honey quality and international regulatory standards. *Bee World*, 80(2), 61–69. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1999.11099428>
23. Bogdanov, S., Ruoff, K., & Oddo, L. P. (2004). Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S4–S17. <https://doi.org/10.1051/apido:2004047>
24. Bonté, F., & Desmoulière, A. (2013). Le miel: origine et composition. *Actualites Pharmaceutiques*, 52(531), 18–21. <https://doi.org/10.1016/j.actpha.2013.10.004>
25. Boukraâ Laïd. (2010). *Honey in Traditional and Modern Medicine*. CRC Press. P26 - 32. ISBN : 978-1-4398-4016-0
26. Bruneau, E. (2009). Chapitre IX, Les produits de la ruche. In Clément H. Et al. *Le Traité Rustica de l'apiculture* Editions Rustica, Paris, 354-387
27. Popov, N., & Vidakovic, S. (2018). Electrical conductivity and acidity of honey. (September).
28. C. Alexandre, Miel, Propolis, Gelée royale : Les abeilles alliées de notre système immunitaire, Faculté des Sciences Pharmaceutiques Université de Lille 2 2015
29. Calderone N.W. (2008) : Creamed Honey – Theory, Department of Entomology, Cornell University, Ithaca, NY 14853
30. Campos, M. G. R., Bogdanov, S., Almeida-Muradian, L. B., Szczesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C., & Ferreira, F. (2008). Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research*, 47(2), 154–161. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.47.2.12>
31. Carpes, S. T., Begnini, R., Alencar, S. M., & Masson, M. L. (2007). Study of preparations of bee pollen extracts, antioxidant and antimicrobial activity. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(6), 1818–1825. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000600033>
32. Chauvin R (1994). *La ruche et l'homme*, Editeur Calmann-Lévy.
33. Chauvin R., (1968) : *Traité de la biologie de l'abeille*, MASSON et Cie, éditeurs, Paris. PP : 66-81 et 277-319
34. Chen, Y. P., & Siede, R. (2007). Honey bee viruses. *Advances in Virus Research*, 70, 33–80. [https://doi.org/10.1016/S0065-3527\(07\)70002-7](https://doi.org/10.1016/S0065-3527(07)70002-7)
35. Clément H (2011). *Les bons gestes de l'apiculteur*, rustica éditions.
36. Codex Alimentarius Commission. (2001). Revised Codex Standard for Honey (CODEX STAN 12-1981, Rev. 1 (1987), Rev. 2 (2001)). FAO/WHO.

36. Codex norme pour le miel CODEX STAN 12-1981
37. D Radia, Caractérisation physico-chimique et appellation botanique des miels Algériens (Cas des ruches langstroth), Biochimie appliquée, Université Badji Mokhtar Annaba, 2016
38. Da Silva, P.M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Oliveira Costa, A.C., Fett, R. Honey: Chemical Composition, Stability and Authenticity. Food Chemistry, 2015, S0308- 8146(15)01394-1.
39. De Graaf, D. C., Alippi, A. M., Brown, M., Evans, J. D., Feldlaufer, M., Gregorc, A., ... & Tomkies, V. (2006). Diagnosis of American foulbrood in honey bees: a synthesis and proposed analytical protocols. Letters in applied microbiology, 43(6), 583-590.
40. de Miranda, J. R., & Genersch, E. (2010). Deformed wing virus. Journal of Invertebrate Pathology, 103, S48–S61. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.012>
41. Donadieu Y., 1984. Et Gonnet., 1982. Pollen thérapeutique naturelles. 5éme Ed Maloine S.A .Paris.PP3 1.
42. Ebeling, J., Fünfhaus, A., Genersch, E. (2016). Pathogenesis of American foulbrood: studies on putative virulence factors of Paenibacillus larvae. MicrobiologyOpen, 5(3), 486–496. <https://doi.org/10.1002/mbo3.345>
43. Faegri, K., & Iversen, J. (1989). Textbook of Pollen Analysis (4th ed.). Wiley.
44. Fert G (2019). Apiculture mois par mois, Editions Ulmer.
45. Filali m, merabet 2022 , memoire Situation de l’apiculture de montagne dans la wilaya de Ain Defla p : 13
46. Fratini F., Cilia G., Mancini S., Felicioli A. (2016). Royal Jelly: An ancient remedy with remarkable antibacterial properties. Microbiological Research, S0944- 5013, 30083-0
47. Genersch, E. (2010). American foulbrood in honeybees and its causative agent, Paenibacillus larvae. Journal of Invertebrate Pathology, 103, S10–S19. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.015>
48. Gharbi, M. (2011). Les produits de la ruche : Origines - Fonctions naturelles - Composition Propriétés thérapeutiques Apithérapie et perspectives d’emploi en médecine vétérinaire, Thèse de doctorat vétérinaire, Université Claude Bernard, Lyon, 247p
49. Ghasemnezhad, M., Zarei, M., & Assadpoor, M. (2013). Physical properties of honey from different floral origins. Journal of Food Science and Technology, 50(3), 595–600. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0385-8>
50. Gonnet M. Et Vache G. (1985) : Le gout de miel.Ed.UNAF, Paris.150p
51. GonnetM. (1982) . Le miel ; composition, propriétés, conservation. INRA station expérimentale d'apiculture. P : 1-18.
52. Harun, Yahia., Adnan, Oktar. (2003). Les miracles du coran. SANA. Paris, 208p.

53. Henri, Clément. (2009). L'abeille, sentinelle de l'environnement. Edition Alternatives, 33 Rue SAINT-ANDRÉ-DES-ARTS 75006 Paris.
54. Huchet E., Coustel J., Guinot L., Les constituants chimiques du miel, méthode d'analyse chimique, École nationale supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires, 1996.
55. Huchet, J. Coustel et L. Guinot Méthodes d'analyses chimiques - Département Science de l'Aliment - 1996 Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires.1, Avenue des Olympiades, 91744 Massy CEDEX – FRANCE
56. Human, H., & Nicolson, S. W. (2006). Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Apis mellifera scutellata* and *A. M. Capensis*. *Physiological Entomology*, 31(2), 117–123. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2006.00503.x>
57. ISBN: 9780120734816
58. Jones, R., & Saffer, D. (2020). A comparative study on the crystallization of honey using advanced refractometry. *Journal of Food Science and Technology*, 18(3), 365-372
59. Kamal, M. A., & Klein, P. (2011). Determination of sugars in honey by liquid chromatography. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18(1), 17–21. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.09.003>
60. Karabagias, I. K., Badeka, A., Kontakos, S., Karabournioti, S., & Kontominas, M. G. (2014). Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics.
61. Khacef, A., Benblidia, S., & Mouhouche, N. (2020). Influence de l'origine végétale et géographique sur la qualité du miel en Algérie. *Food Research International*, 137, 109452.
62. Khacef, A., Benblidia, S., & Mouhouche, N. (2020). Influence de l'origine végétale et géographique sur la qualité du miel en Algérie. *Food Research International*, 137, 109452.
63. Khalil, M. I., Sulaiman, S. A., & Gan, S. H. (2010). High 5-hydroxymethylfurfural concentrations are found in Malaysian honey samples stored for more than one year. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8–9), 2388–2392. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.06.037>
64. Ksouri Ch 2018. Enquête sur l'apiculture dans la région des Ziban. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master en science agronomique p49
65. Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı, C., & Candan, F. (2007). Biological and physico-chemical properties of Turkish honeys. *Food Chemistry*, 103(2), 525–530. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.009>
66. L. Laudine, du nectar a un miel de qualite : controles analytiques du miel et conseils pratiques a l'intention de l'apiculteur amateur ecole nationale veterinaire de lyon claude-bernard - lyon i 2010

67. Laouar hadia 2017 these doctorat analyses polliniques et physico-chimiques des miels du Nord Est algérien p:
68. Layka S. (1989): Les méthodes de la palynologie appliquées à l'étude des Papaverale. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier. France: 18 – 25.
69. Leja, M., Mareczek, A., & Wyżgolik, G. (2007). Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food Chemistry*, 100(1), 237–240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.047>
70. Lequet L., 2010. Du nectar a un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques a l'intention de l'apiculteur amateur. Thèse doc. Université de claude-bernardlyon, 1, 101. P 45-78.
71. Louveaux , J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1978). Methods of melissopalynology. *Bee World*, 59(4), 139–157
72. Louveaux J. (1968). Composition propriété et technologie du miel. Les produits de la ruche, in *Traité de*
73. Louveaux, J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1988). Methods of melissopalynology. *Bee World*, 59(4), 139–157. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1978.11097714>
74. MAAMERI, Zine. (2014). Pistacialentiscus L. Evaluation pharmaco toxicologique. Thèse.doc en Sciences. Constantine.
75. Maurizio, A. (1951). The influence of pollen feeding and brood rearing on the length of life and physiological condition of the honeybee. *Bee World*, 32(1), 9–15.
76. Moore, P. D., & Webb, J. A. (1978). *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*. London: Hodder & Stoughton.
77. Nair Samira (2006) : Biodiversité végétale et qualité du miel dans la région nord ouest Algérienne. Mémoire de magister d'écologie
78. Nicollet (2015). *Apiculture naturelle pour les débutants*, Editions Terre Vivante. Oliver R (2013). Aerating the hive, publié sur scientificbeekeeping.com.
79. OIE (World Organisation for Animal Health). (2022). *Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals – Chapter 3.2.2. American foulbrood of honey bees*. <https://www.woah.org>
80. Oliver R, (2016). The Benefits of Smart Hives. *American Bee Journal*, 156(6), 647-650.
81. Oudjet K., 2012. Etudes & Enquêtes, le miel une Denrée à Promouvoir, Le miel en Algérie, Infos-CACQE N°:00 / [http. // www.Cacqe.org/fichier-etude/2.pdf](http://www.Cacqe.org/fichier-etude/2.pdf)
82. Pacini, E. (1997). Tapetum character states: Analytical keys for tapetum types and activities. *Canadian Journal of Botany*, 75(9), 1448–1459. <https://doi.org/10.1139/b97-858>

83. Pernal, S.F. and Clay, H. (eds). 2013. Honey bee diseases and pests, 3rd edition. Canadian Association of Professional Apiculturists (CAPA). Beaverlodge, AB, Canada. 68pp
84. Persano Oddo, L., & Piro, R. (2004). Main European unifloral honeys: descriptive sheets. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S38–S81.
85. Philippe J. ; 2007. Le guide de l'apiculteur, La compagnie des éditions de la Lesse, France, p...
86. Polus(2008). : Anomalies de cristallisation : séparation de phase et arborescence. *L'abeille de France*, 944, 83-84
87. Rakotondraparany Mitantsoa Lalaina. (2011).Caractérisation alimentaire des miels malgaches en vue d'une authentification : cas du miel de litchi. Université d'antananarivo faculté des sciences .P:11
88. Ramsey, S. D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., ... & vanEngelsdorp, D. (2019). *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(5), 1792–1801. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818371116>
89. Ravazzi G (2007). Abeille et apiculture, édition de vecchi S.A 159p
90. Ribière, M., Lécocq, G., & Faucon, J. P. (2008). Le couvain sacciforme des abeilles. *Revue scientifique et technique de l'OIE*, 27(2), 527–539.
91. Riondet J (2018). L'apiculture mois par mois. Paris : Ulmer.
92. Rizelio, V. M., Teixeira, L. S. G., Ferreira, A. G., & Ferreira, L. F. (2011). Determination of carbohydrates in honey samples using CHROMATOGRAPHIE LIQUIDE HAUTE PERFORMANCE and a new validated method. *Food Chemistry*, 124(4), 1541–1546. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.070>
93. Rossant A. (2011).: Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse de doctorat, Univ. Limoges, 132 p
94. Roulston, T. H., & Cane, J. H. (2000). Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant Systematics and Evolution*, 222(1–4), 187–209. <https://doi.org/10.1007/BF00984102>
95. Sak-Bosnar, M., & Sakač, N. (2012). Direct potentiometric determination of diastase activity in honey. *Food Chemistry*, 135(2), 827–831. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.006>
96. Sallman, B and Synder, R. 2014. Diagnosis and Treatment of Common Honey Bee Diseases. Bee Informed Partnership, Inc. 21pp.
97. Sawyer, R. (1981). Pollen Identification for Beekeepers. Cardiff: University College Cardiff Press.

98. Seeley T.D (1995). *The Wisdom of the Hive: The Social Physiology of Honey Bee Colonies*. Harvard University Press.
99. Sobrino, A., Bonet, A., & de Lorenzo, C. (2019). Melissopalynology as a tool for the authentication of honeys and their botanical and geographical origin. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 59(4), 295–304.
100. Tsigouri, A., Passaloglou-Katrali, M., & Karabournioti, S. (2004). Palynological characteristics of Greek unifloral honeys. *Grana*, 43(3), 122–128. <https://doi.org/10.1080/00173130410001723864>
101. Vidal-Naquet, N. (2015). *Honeybee Veterinary Medicine: Apis mellifera L.*, 1st edition. 5m Publishing, United Kingdom. 260pp.
102. Von der Ohe, W., Persano Oddo, L., Piana, M. L., Morlot, M., & Martin, P. (2004). Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S18–S25. <https://doi.org/10.1051/apido:2004050>
103. White, J. W. (1975). Composition of honey. In E. Crane (Ed.), *Honey: A Comprehensive Survey* (pp. 157–206). London: Heinemann.
104. White, J. W. (1978). In E. Crane (Ed.), *Honey: A Comprehensive Survey* (pp. 207–239). London: Heinemann..
105. White, J., Subers, M., & Schepartz, A. (2021). Composition of honey: Effect on crystallization and texture. *Bee Research Journal*, 10(4), 201-210
106. Zhao, L., Zhang, T., & Xie, Z. (2015). Antioxidant properties of honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(18), 4522-4529.