



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
Université Chadli Bendjedid – El Tarf

كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الكيمياء
Département de Chimie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie Analytique

Thème

Étude théorique sur la qualité du miel de l'abeille

Présenté par :

ABDOU Selsabil

Devant le Jury :

M ^{me} . OTMANE RACHDI khadidja	MAA	Univ Chadli Bendjedid El Tarf	Présidente
M ^{me} . NECIB Anissa	MAA	Univ Chadli Bendjedid El Tarf	Rapportrice
Dr. AITBARA Adel	MCB	Univ Chadli Bendjedid El Tarf	Examineur

Année Universitaire : 2019-2020

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

النحل: ٦٨ - ٦٩

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

(Sourate El Nahl : verset 68 – 69).

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail à la lumière de ma vie : mes chers parents «Ali et Farida» qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite et qui m'ont soutenus et éclairé le chemin par leur sagesse et leur présence. J'espère qu'un jour je

Pourrais leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi.

A mon cher frère Mohammed pour leur appui et leur encouragement.

Mes dédicaces vont tendrement à mes chères amies Rayene et Fatma zohra pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.

Je dédier aussi ce travail à tout mes collègues de classe, promotion 2^{ème} année Master Chimie Analytique (2019/2020).

À toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce

Mémoire.

Remerciements

Après avoir rendu grâce à dieu le tout puissant et le miséricordieux, merci de m'avoir donné l'énergie, le courage et la patience pour mener à bien et à terme ce modeste travail.

Je remercie mon encadreur M^{me} NECIB Anissa, enseignante au département de chimie, faculté des sciences et de la technologie, Université Chadli Bendjedid El Tarf, pour avoir proposé cet intéressant sujet et pour toutes ses contributions, ses encouragements et ses conseils assez utiles et fructueux qui m'ont aidé à la réalisation de ce mémoire.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche. J'espère que ce travail soit la bonne expression de ma gratitude.



Liste des figures

Figure N°	Titre de figure	Page
1	Origine du miel.	2
2	Composition moyenne du miel.	6
3	Structure chimique des glucides : de 75 à 80%	7
4	Réaction chimique présente la décomposition du fructose et production du HMF.	8
5	Structure chimique des protéines, des peptides, des acides aminés (0,2 à 2%)	11
6	Structure chimique de quelques esters présents dans le miel	12
7	Structure chimique de quelques aldéhydes et cétones présents dans le miel	13
8	Structure chimique de quelques alcools présents dans le miel	13
9	Structure chimique de quelques acides organiques présents dans le miel	13
10	Structure de quelques acides phénoliques présents dans le miel.	14
11	Structure chimique de quelques flavonoïdes présents dans le miel	15
12	Deux abeilles pratiquant la trophallaxie	17
13	Un cadre operculé	18
14	Enlèvement des cadres	19
15	Désoperculation avec un couteau	20
16	Intérieur de la cuve d'un extracteur	20
17	Filtration du miel	21
18	Maturateur en inox	22
19	Un exemple d'étiquette	24
20	Miel fermenté	26
21	Palette des couleurs de différents miels	31
22	Roue des Goûts de miel	32
23	Mesure de la teneur en eau.	38
24	Mesure du pH à l'aide de pH mètre.	39
25	Mesure de l'acidité libre d'échantillon jusqu'à le point d'équilibre.	39
26	Mesure de la conductivité électrique du miel.	40



Liste des tableaux

Tableau N°	Titre de tableau	page
1	Sels minéraux et oligo-éléments du miel.	09
2	Les vitamines dans le miel, en mg/100g.	14
3	Effet de la teneur en eau sur le risque de fermentation dans le miel.	26
4	Les normes de miel selon Codex Alimentarius et l'Union Européenne.	29
5	Teneur en sucre et conductivité électrique : Proposition d'une nouvelle norme	30
6	Échantillons de miel utilisés.	37
7	Table de CHATAWAY.	38
8	Paramètres physico-chimiques de chaque échantillon de miel.	41



Liste des abréviations

Liste des abréviations

cal : Calories

CE : conductivité électrique

cm : Centimètre

E : Echantillon

g : Gramme

HMF : Hydroxy-methyl-furfural

kg : Kilogramme

méq : Milliéquivalent

mg : Milligramme

ml : Millilitre

mS : Millisiemens

NaOH : Hydroxyde de sodium

pH : Potentiel d'hydrogène

qx : Quintaux (1 quintal = 100 kilogrammes)

T : Tonne

°C : Degré Celsius

% : Pourcent

μS ; Microsiemens

SOMMAIRE



INTRODUCTION GENERALE.....1

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LE MIEL.

I.1 Définition du miel..... **2**

I.2 Origine du miel..... 2

 I.2.1 Miel issue du nectar..... 2

 I.2.2 Miel issue du miellat 3

I.3 Les différents types de miel..... **3**

 I.3.1 Selon l'origine florale..... 3

 I.3.2 Selon la couleur 4

 I.3.3 Selon le mode d'extraction, de production et de présentation 4

 I.3.4 Selon l'origine géographique 5

I.4 Composition biochimique du miel **5**

 I.4.1 Eau..... 6

 I.4.2 Les sucres 7

 I.4.3 Hydroxyméthylfurfural (HMF) 8

 I.4.4 Les lipides 8

 I.4.5 Sels minéraux et oligo-éléments 8

 I.4.6 Pollen..... 9

 I.4.7 Protéines et acides aminés..... 11

 I.4.8 Enzymes 11

 I.4.9 Substances aromatiques..... 12

 I.4.10 Les acides organiques..... 13

 I.4.11 Les vitamines..... 14

 I.4.12 Les composés phénoliques 14

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DU MIEL

II.1 L'apiculture **16**

 II.1.1 Définition 16

 II.1.2 L'apiculture de grande culture 16

 II.1.3 L'apiculture en Algérie 16

II.2 Formation et la récolte du miel..... **17**



II.2.1	Formation	17
II.2.2	Récolte.....	18
II.2.2.1	Enlèvement des cadres	19
II.2.2.2	Désoperculation	20
II.2.2.3	L'extraction.....	20
II.2.2.4	Filtration.....	21
II.2.2.5	Maturation de miel.....	21
II.2.3	Pasteurisation	22
II.2.4	Emballage.....	22
II.2.5	Étiquetage.....	23
II.2.6	Conservation.....	24
II.3	Les principales transformations physiques et chimiques du miel	24
II.3.1	Cristallisation	25
II.3.2	La fermentation	25

CHAPITRE III : QUALITE DU MIEL

III.1	Qualité du miel	27
III.2	Paramètres influençant sur la qualité du miel.....	27
III.2.1	Les plantes.....	27
III.2.2	Pesticides et polluants	27
III.2.3	Nature du sol	27
III.2.4	Conditions climatiques.....	28
III.3	Critères de qualité.....	28
III.4	Propriétés du miel.....	31
III.4.1	Propriétés organoleptiques	31
III.4.1.1	Couleur.....	31
III.4.1.2	Odeur.....	31
III.4.1.3	Goûts	31
III.4.2	Propriétés physiques.....	32
III.4.2.1	Propriétés mécaniques	32
III.4.2.2	Propriétés électriques	33
III.4.2.3	Propriétés thermiques.....	33
III.4.2.4	Propriétés optiques.....	33
III.4.3	Propriétés chimiques	34



Sommaire

III.4.3.1	Potentiel d'Hydrogène (pH).....	34
III.4.3.2	Hygroscopie	34
III.4.3.3	Solubilité.....	34
III.4.4	Propriétés biologiques	34
III.4.4.1	Propriétés nutritionnelles	34
III.4.4.2	Propriétés anti oxydantes	35
III.4.4.3	Propriétés antibactériennes	35
III.4.5	Propriétés thérapeutiques	36
III.4.5.1	Activité cicatrisante.....	36
III.4.5.2	Activité anti-inflammatoire.....	36

CHAPITRE IV : ETUDE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DE MIEL.

IV.1	MATERIELS ET METHODES	37
IV.1.1	Echantillons de miel	37
IV.1.2	Analyse physico-chimiques du miel	37
IV.2	RESULTATS ET DISCUSSION	41
CONCLUSION GENERALE.....		43
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		44

INTRODUCTION GENERALE



Introduction générale

L'univers est sans cesse en équilibre, Dieu tout puissant a établi le jour et la nuit, la lumière et l'obscurité, le bien et le mal. Et bien qu'il ait créé les maladies, notre créateur a aussi mis en notre disposition leurs remèdes qu'Il a mentionnés dans le coran et que l'on trouve dans la nature dont : les graines de nigelle, les figues, les olives, les dattes, ainsi que « le miel »

L'abeille ne produit pas du miel parce qu'elle a un naturel généreux et veut que nous puissions en manger ! A l'origine, le miel est la nourriture de l'abeille elle-même. Si elle le partage avec l'homme, c'est parce que nous lui prenons ses excédents. En fait, l'abeille pourrait se nourrir du nectar des fleurs, voire du sucre des fruits [1].

C'est l'un des aliments les plus complexes qui sont produits par la nature. Il a été rapporté que le miel contient jusqu'à 200 substances, il est considéré comme une partie importante de la médecine traditionnelle [2].

Plusieurs vertus sont attribuées aux miels grâce à leurs propriétés anti-oxydantes et antimicrobiennes, ces propriétés sont utiles pour le traitement des brûlures, des troubles gastro-intestinaux, de l'asthme, des blessures et des ulcères de peau et bien d'autres usages thérapeutiques. [3].

Actuellement, en Algérie le miel est sujet à un certain nombre de spéculations quant à son origine et ses qualités physico-chimiques. En plus le consommateur algérien est confronté à la cherté de ce produit noble n'arrive pas à faire la différence entre un produit authentique et un autre falsifié et cela à cause de l'absence de structures officielles qui contrôlent les qualités des produits locaux [4].

Cependant, les étapes d'élaboration du miel sont complexes et susceptibles d'être altérées par les activités humaines, de manière volontaire ou non. C'est pourquoi il m'a semblé important d'identifier les moyens dont on dispose actuellement pour contrôler la qualité du miel. Dans le but d'éviter la falsification et de conserver la qualité des miels, la commission internationale du miel, créée en 1990 a standardisé certaines méthodes d'analyse du miel (humidité, taux des sucres, pH, acidité, composés phénoliques, teneurs en proline, taux de cendre, CE, HMF... Etc) [3].

Le premier chapitre vise à présenter le miel dans ses généralités (définition, origine, ses différents types, sa composition biochimique).

Le deuxième chapitre est porté sur la technologie du miel (l'apiculture, formation et récolte, ..).

Le troisième chapitre est consacré à sa qualité (paramètres influençant la qualité, critères de la qualité, propriétés organoleptiques, physico-chimiques, biologiques et thérapeutiques).

Concernant le quatrième chapitre, il comprend un exemple réel d'une étude des paramètres physicochimiques avec ses résultats que nous avons choisie pour donner un aperçu du travail que nous allons faire.

En termine notre travail par une conclusion générale.

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS SUR LE MIEL



I.1 Définition du miel

« Le miel est la substance naturelle sucrée produite par les abeilles "Apis mellifera" à partir du nectar des plantes ou à partir des sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou à partir d'excrétions d'insectes butineurs laissées sur les parties vivantes de plantes, que les abeilles butinent, transforment en les combinant avec des substances spécifiques qu'elles sécrètent elles-mêmes, déposent, déshydratent, emmagasinent et laissent affiner et mûrir dans les rayons de la ruche » [5].

I.2 Origine du miel

L'abeille Apis Mellifera a deux types de sources mellifères sucrées mis à sa disposition pour produire du miel le nectar floral, ainsi que les excréments de certains insectes. On parle alors respectivement de miel de nectar et de miel de miellat (**figure 01**) [6].

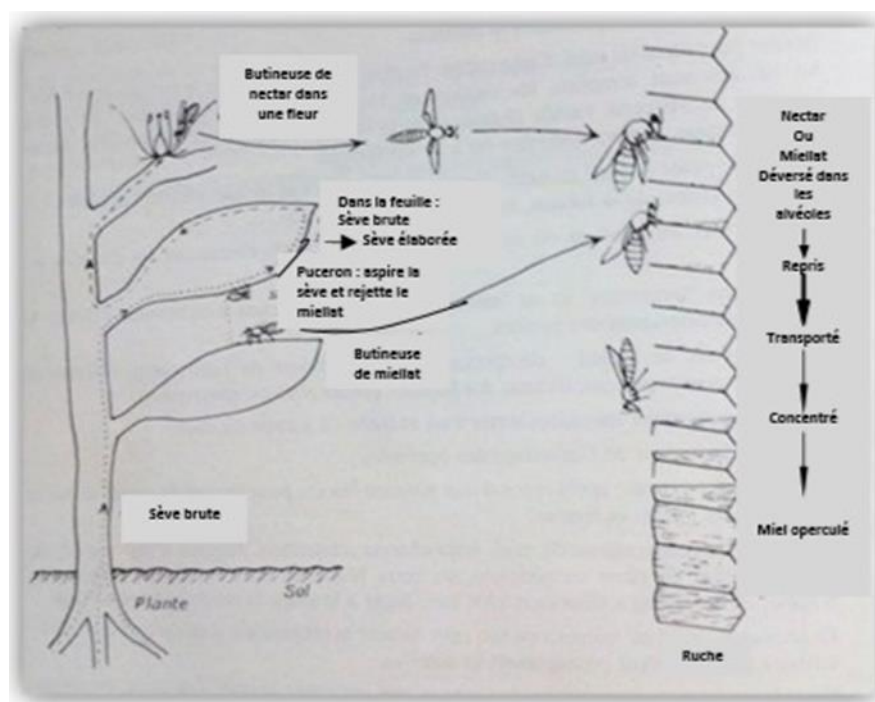


Figure 1 : Origine du miel.

I.2.1 Miel issue du nectar

Le nectar est une substance sucrée produite par les fleurs [7]. Il est formé à partir de la sève de la plante au niveau des cellules des glandes nectarifères où siègent des transformations biochimiques complexes, conférant au précieux liquide une composition très variée [6].

Pour attirer les insectes, les plantes produisent le nectar, le plus souvent, par des glandes situées à la base des pétales, des étamines ou de l'ovaire qui obligent l'insecte à se mettre en contact avec les étamines qui déposent le pollen sur leur corps [7].

La grande majorité du miel que nous consommons est le miel de fleur [8].

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 les nectaires floraux (à la base des fleurs), 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 [9].

Composition du nectar

Le nectar, exsudation sucrée plus ou moins visqueuse, contient environ 90 % de sucres, les plus courants étant le saccharose, le glucose et le fructose. Les proportions de chacun d'entre eux sont relativement stables pour une même espèce végétale, il contient également des acides organiques (acides fumarique, succinique, malique, oxalique, etc.), des protéines, notamment des enzymes, des acides aminés libres (acides glutamique et aspartique, méthionine, sérine, tyrosine, etc.), et des composés inorganiques (comme les phosphates). Dans certains nectars peuvent se retrouver des composés huileux, des alcaloïdes ou des substances bactéricides [10].

I.2.2 Miel issue du miellat

Le miellat est produit par les pucerons et les psylles suceurs de sève des plantes qui émettent des sécrétions sucrées, recueillies par les abeilles. Le miel de miellat est plus visqueux que le miel de nectar et est plus difficile à extraire des rayons [7].

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. La récolte du miellat par les abeilles est très aléatoire, se réalisant essentiellement sur les arbres forestiers ou d'ornementation comme le sapin, l'épicéa, le pin sylvestre, le tilleul et le chêne [10].

Composition du miellat

Le miellat est un liquide épais, sombre et visqueux composé de sucres plus complexes que le nectar, comme le mélézitose ou l'erlose formés directement dans le tube digestif des insectes. Cependant, le mélézitose peut représenter un réel danger s'il est présent en grande quantité dans les ruches car il peut durcir comme de la pierre. On y retrouve également plus d'acides organiques, de minéraux et d'azote : sa composition se rapproche donc d'avantage de celle de la sève végétale que de celle du nectar [11].

I.3 Les différents types de miel

La variété types de miel est très grande, mais il est cependant possible d'opérer des classements en utilisant divers critères [12].

I.3.1 Selon l'origine florale

L'origine florale d'un miel est importante car elle détermine les propriétés organoleptiques de celui-ci (couleur, gout, texture) [13].



a. Les miels mono floraux (uni floraux)

Les miels “monofloraux” sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant d’une seule espèce végétale, ce qui nécessite d’installer les ruches à proximité de la plante recherchée.

Les miels de colza et de tournesol sont les plus produits. Plus spécifiques, les miels d’acacia, de lavande, de romarin, de callune, de tilleul, de châtaignier, sont bien caractérisés. Enfin, des miels monofloraux plus rares sont élaborés sur des territoires exigus : miels de cerisier, de framboisier, de serpolet, d’aubépine, de bruyère, d’épilobe, de lierre, de luzerne, de houx, de thym, de trèfle, d’eucalyptus, de sapin et de clémentinier notamment [10].

Ces miels maintiennent toujours même caractéristiques physicochimiques et organoleptique (l’apparence, la couleur, le goût) et sont bien appréciés pour le commerce. Il est possible de déterminer leur origine des fleurs par la reconnaissance des grains de pollen dominants [8].

b. Miels multi floraux (poly floraux)

Les miels poly-floraux, comme leur nom l’indique, sont issus de plusieurs espèces végétales différentes, Ils sont caractérisés par leur origine représentée soit par l’aire de production (région, département, massif), soit par un type de paysage faisant référence à une flore identifiée (garrigue, maquis, forêt) [10].

Les miels poly-floraux proviennent de plusieurs sources botaniques. On peut trouver des miels de fleurs mélangées, les miels de châtaignier et tilleul, les miels de fleurs de montagne, etc. Les abeilles produisent un miel différent chaque année (goût, odeur, etc.) parce que la floraison des plantes dépend du climat, de la température, des précipitations, etc.

Les abeilles recueillent le nectar des fleurs distantes jusqu’à 2 km de la ruche. Quand 2 floraisons arrivent en même temps, les abeilles préfèrent le nectar qui possède la plus grande concentration de sucre [7].

I.3.2 Selon la couleur

- Miels clairs.
- Miels fonces.

I.3.3 Selon le mode d’extraction, de production et de présentation

- **Miel en rayons :**

Est le miel emmagasiné par les abeilles dans les alvéoles de rayons fraîchement construits ne contenant pas de couvain, et vendu en rayons operculés entiers ou en sections de rayons operculés [5].

C’est un miel brut, intact et intégral qui peut se consommer en croquant le « gâteau » composé par les abeilles : alvéoles de cire et miel [14].



- **Miel avec morceaux de rayons :**

C'est-à-dire du miel renfermant un ou plusieurs morceaux de miel en rayons.

- **Miel centrifugé (extrait) :**

Il est obtenu par centrifugation des alvéoles exemptes de couvain alors qu'il a encore la température de ruche.

- **Miel vierge (miel d'égouttage) :**

Il s'écoule naturellement sans intervention, alvéoles non operculés, et exemptes de couvain.

- **Miel pressé :**

Il est récolté à froid au moyen d'une presse hydraulique dont les alvéoles sont exemptes de couvain.

- **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%) [15]

I.3.4 Selon l'origine géographique

La détermination et le dénombrement des grains de pollen (analyse qualitative du pollen) et des composants du miel présents dans les sédiments de celui-ci permettent de déterminer l'origine géographique des miels [16].

Selon la norme [5], le miel peut être désigné par le nom de la région géographique ou topographique, sous réserve d'être produit exclusivement dans la zone indiquée dans la désignation.

Certains miels polyfloraux ont acquis une réputation particulière qui est liée à leur origine géographique, qu'il s'agisse d'une petite région, d'une province d'un continent. Par contre, il n'est pas impossible qu'une origine florale soit associée avec une région [17].

I.4 Composition biochimique du miel

Le miel est le fruit de l'interaction entre les fleurs, le sol, et les systèmes métaboliques subtils liés à la spécificité génétique des abeilles [18].

C'est un produit naturel, complexe et complet qui contient un grand nombre de substances intervenant dans le bon équilibre de notre fonctionnement biologique. On comprend donc aisément que la parfaite synergie entre les 200 éléments présents est absolument impossible à recréer artificiellement [19].

La composition du miel varie grandement en fonction :

- de la flore ;
- de la richesse et de la nature du sol ;
- des conditions météorologiques (pression, ensoleillement, humidité) ;
- de la ruche elle-même, libre de choisir son bouquet original ;



- de la présence ou non d'autres insectes (pucerons, cochenilles) ;
- de l'environnement (agricole, routes) ;
- des méthodes utilisées par l'apiculteur [14].

Chaque fleur butinée va donner au miel un « caractère » unique : il est ainsi impossible d'en trouver deux parfaitement identiques. En extrapolant, on arrive néanmoins à une composition moyenne : eau (17%), hydrates de carbone (79,5%) et éléments divers (3,5%) (**figure 02**). Mais en réalité, elle se révèle bien plus compliquée [6].

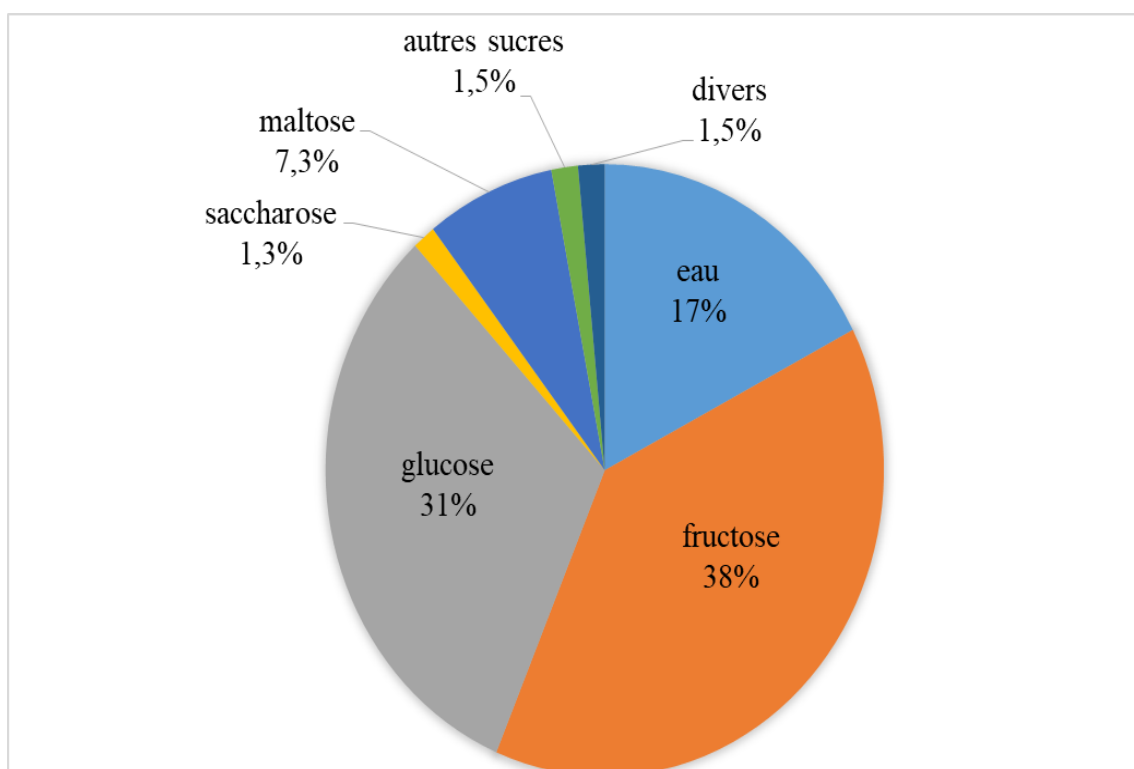


Figure 2 : Composition moyenne du miel.

I.4.1 Eau

L'eau est le deuxième composant principal du miel (17,2 g /100). En fait, les abeilles opercules les alvéoles lorsque la teneur en eau avoisine les 18%. Elle dépend non seulement des facteurs environnementaux, tels que le temps et l'humidité à l'intérieur de la ruche, mais également des traitements appliqués pendant la collection et le stockage du nectar et du miel. C'est un paramètre de qualité important, car il prévoit la durée de vie du produit et la capacité du miel de rester stable et exempt de fermentation [20].

La teneur en eau, quant à elle, conditionne une bonne conservation de miel jusqu'à 2,3, voire 4 ans, le pourcentage d'eau contenu dans ce dernier ne doit cependant pas excéder 20% pour la commercialisation car un taux d'humidité supérieur favoriserait la fermentation du produit et le rendrait non consommable, et pour le conserver plusieurs mois ou des années il est impératif que ce taux soit inférieur à 18% [21].



I.4.2 Les sucres

Les hydrates de carbone constituent la partie la plus importante dont le pourcentage représente en moyenne 78 à 80%. Une quinzaine de sucres différents ont été identifiés dans les miels par les méthodes chromatographiques, mais ils ne sont jamais tous présents simultanément [22].

Les monosaccharides avec, en moyenne, 31 % de glucose et 38 % de fructose (ou lévulose) sont les deux principaux sucres du miel. Ils proviennent en grande partie de l'hydrolyse du saccharose (présent dans le nectar ou le miellat) par l'invertase ou les acides. Parmi les disaccharides (ou diholosides) figurent le maltose (7,3 %) et le saccharose (1,3 %) (**figure 03**), mais aussi des molécules plus rares comme le kojibiose. Les tri- et polysaccharides représentent 1,5 à 8 %. Parmi eux, citons l'erlose, le raffinose, le mélézitose, le dextrantriose et le mélibiose [10].

Les sucres du miel sont formés par l'action de l'invertase sur le saccharose du nectar. Les glucides dans le miel sont responsables de quelques propriétés telles que la viscosité, l'hygrométrie, la granulation et la valeur énergétique [23].

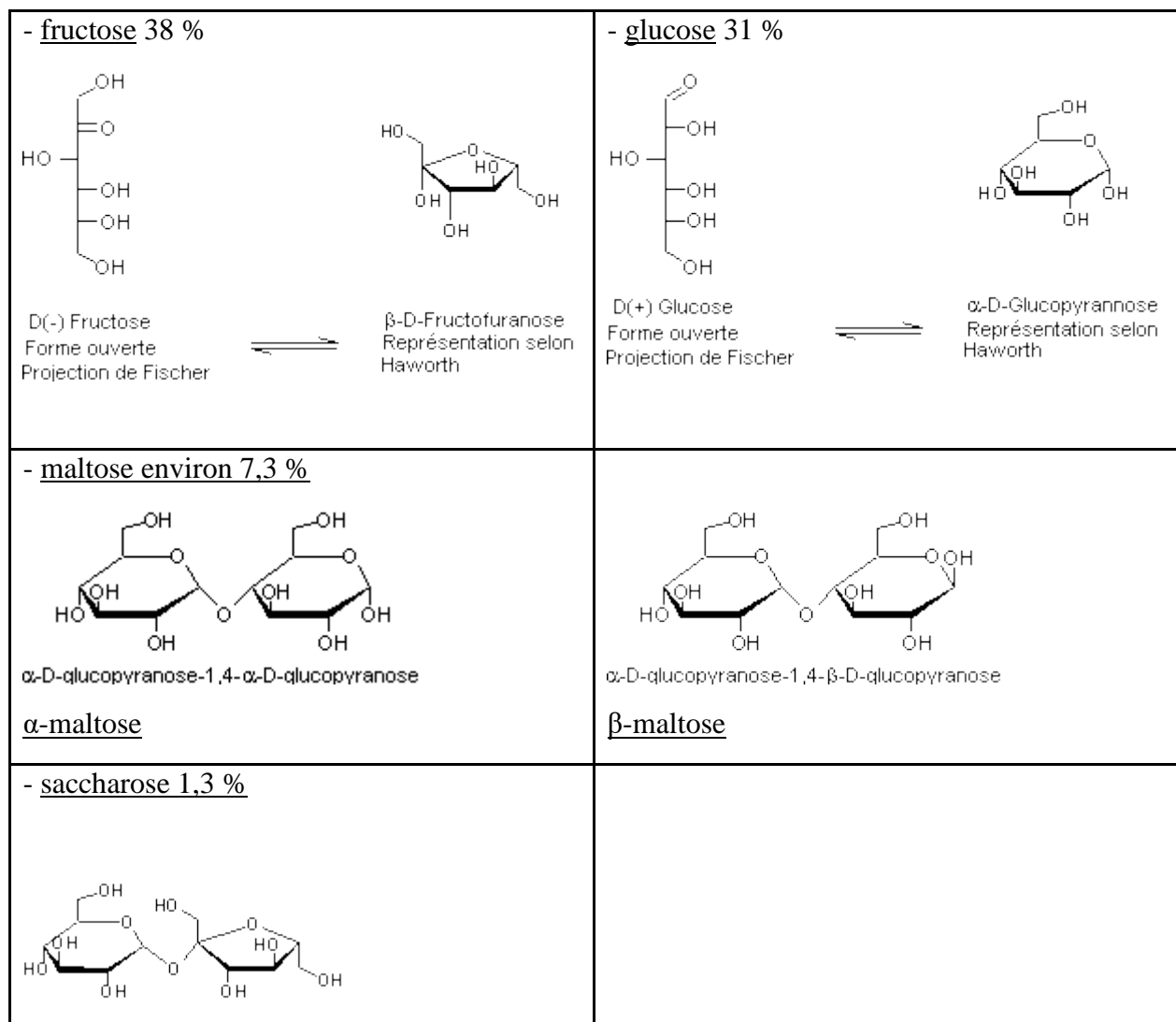


Figure 3 : Structure chimique des glucides : de 75 à 80%.



I.4.3 Hydroxyméthylfurfural (HMF)

Le HMF est un produit de dégradation du fructose et du glucose dans un milieu acide (**figure 04**), dans les miels, l'HMF n'est présent qu'à l'état de traces, mais sa teneur augmente avec la température et la durée de stockage.

La détermination de sa teneur est une excellente méthode pour l'appréciation du vieillissement et du chauffage des miels, est donc incontournable pour garantir la bonne qualité des miels [24].

Les normes du Codex Alimentarius, la teneur en HMF ne doit pas dépasser 40 mg/kg dans les régions à climat tempéré, tandis que les miels tropicaux ne doivent pas dépasser 80 mg/kg.

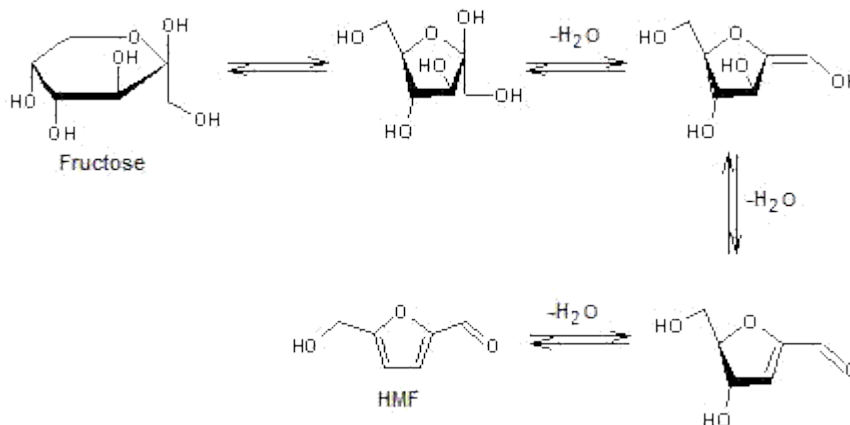


Figure 4 : Réaction chimique présente la décomposition du fructose et production du HMF.

I.4.4 Les lipides

Le miel est pauvre en lipides : ceux qu'on y trouve sont probablement des microparticules de cire qui échappent à la filtration [17]. Très faiblement présents, il s'agit majoritairement des stérols (cholestérol libre ou estérifié notamment dans le miel de tournesol), des triglycérides ou des acides gras. Leur présence pourrait être expliquée par les besoins importants du métabolisme des abeilles en lipides [25].

Les esters de cholestérol se retrouvent en quantité significative dans le miel de tournesol. On sait que les esters de cholestérol servent à la biosynthèse des hormones [14].

I.4.5 Sels minéraux et oligo-éléments

Les matières minérales ne sont présentes qu'à un taux d'environ 0,1% dans les miels courants, mais sont plus abondantes dans les miels foncés. Les sels de potassium représentent près de la moitié des matières minérales, mais on trouve également du calcium, du sodium, du magnésium, du cuivre, du manganèse, du chlore, du soufre, du silicium, du fer ainsi que plus de trente oligo-éléments. Leur teneur dépend des 57 plantes visitées par les abeilles ainsi que du type de sol sur lequel elles poussent. Bien qu'habituellement considéré comme un produit relativement « propre », le miel peut contenir des polluants présents en très faible quantité, comme le plomb et le cadmium. Le dosage de ces polluants constitue un bon indicateur de la pollution de l'environnement (**tableau n°1**) [26].

Les miels de fleurs contiennent 0.1 à 0.35 g de sels minéraux et d'oligo-éléments par 100 g de miel, le miel de châtaignier et les miels de miellat avec plus de 1g/100g



Tableau 1 : Sels minéraux et oligo-éléments du miel.

Les constituants minéraux	Quantité en mg/kg	Les constituants minéraux	Quantité en mg/kg
Potassium	200-1500	Manganèse	0.2-10
Sodium	16-170	Chrome	0.1-0.3
Calcium	40-300	Cobalt	0.01-0.5
Magnésium	7-130	Nickel	0.3-1.3
Fer	0.3-40	Aluminium	60
Zinc	0.5-20	Cuivre	0.2-6.0
Plomb	<0.02-0.8	Cadmium	<0.005-0.15

I.4.6 Pollen

➤ Définition :

Le pollen, petits éléments sphérique ou ovoïdes de tailles oscillant entre 20 et 40 microns sont contenus dans les sacs polliniques des anthères de la fleur. Il sert à féconder la partie femelle de la fleur [27].

➤ De la fleur à la ruche

Lorsque vous observez une fleur, vous remarquez sur les étamines une poussière colorée : c'est le pollen. Lors de la visite d'une fleur, l'abeille s'agite et avec ses pièces buccales fait tomber les microscopiques grains de pollen des étamines sur son corps. Elle humecte cette poussière avec du miel afin que le pollen ne s'envole pas puis le brosse méthodiquement avec ses pattes pour faire des pelotes qu'elle ramène dans des corbeilles situées sur la face externe de sa dernière paire de pattes.

Stocké dans les rayons à une température chaude, en présence d'acide lactique, le pollen entame une lacto-fermentation qui améliore sa digestibilité et sa conservation. Il est consommé par les abeilles et entre, pour une large part, dans la composition de la bouillie larvaire. C'est à partir du pollen que les glandes pharyngiennes des abeilles produisent de la gelée royale.

➤ La récolte du pollen par l'homme

- Une ruche produit environ 30 à 40 kg de pelotes par an. Seuls 10% du total de cette richesse peuvent être récupérés par l'homme sur l'ensemble de la saison sans nuire à la colonie, cette ponction stimulant en outre l'activité des ramasseuses [19].

- Les apiculteurs récupèrent le pollen en installant une trappe à pollen, un simple grillage métallique à travers lequel les butineuses doivent passer pour pénétrer dans la ruche et qui décroche et fait tomber les pelotes de pollen dans un plateau [28].

- le pollen ou les pelotes de pollen doivent être séchés le jour suivant la récolte et stockés dans un endroit sec et sombre pour conserver toutes leurs vertus, il doit être par ailleurs débarrassé d'autres substances comme les opercules de cire et les débris du sol de la ruche.

- Le pollen doit toujours être bien séché pour éviter la formation de moisissures et doit être totalement exempt de trace d'aflatoxines, une substance produite par certaines moisissures [29].



➤ Propriétés principales et utilisation

- Le pollen sera de préférence consommé « ouvert », soit dans une préparation miel et pollen qui recrée les conditions du pain d'abeilles, soit après trempage d'une heure au moins dans de l'eau additionnée de miel.
- On peut le mélanger dans un yaourt, du miel, des fruits (avocats, bananes, fruits rouges).
- L'enveloppe des grains de pollen peut alors s'ouvrir comme dans la fleur et l'assimilation des nutriments du pollen est meilleure, il est tonifiant et stimulant, nettement euphorisant.
- Le pollen d'abeilles est un aliment protéiné de premier choix car il contient tous les acides aminés nécessaires à la vie de nos cellules.
- De plus, ces protéines sont très faciles à assimiler car libres, c'est pourquoi le pollen est si stimulant, il est recommandé pour garder la ligne.
- Il est reconnu pour son action bénéfique sur la prostate.
- Le pollen d'abeilles joue un rôle important dans l'équilibre de la flore intestinale, il contient des probiotiques issus du jabot des abeilles par la régurgitation du nectar qui sert à amalgamer les pelotes.
- Il influe positivement sur la pousse des cheveux, des ongles et de tous les phanères [14].

➤ Composition

- Qu'il soit frais ou séché sa teneur en **eau** reste faible (**18%**) ce qui permet une bonne conservation. Un large tiers de sa valeur calorique provient de la présence **des glucides (27%)** résultant du nectar utilisé par la butineuse pour coller les grains entre eux.
- Toutefois, les éléments prépondérants sont **les protéines**. Le pollen en présente une teneur comparable à celles des légumineuses sèches. Cent grammes de cette matière végétale apportent autant de protéines assimilées que sept œufs ou quatre cents grammes de viande de bœuf. C'est pourquoi on l'appelle le steak des abeilles !
- Une grande partie de cette fraction azotée se présente sous forme **d'acides aminés** parmi lesquels on trouve notamment **la proline** et **l'hydroxyproline** ainsi que les huit acides aminés essentiels non synthétisables par notre organisme.
- On trouve également dans cette fraction une multitude **d'enzymes** dont **l'amylase**, **l'invertase**, **des transférases**... Cette distribution protéique varie avec l'âge et la manipulation des grains.
- En fonction de son origine géobotanique, la fraction **lipidique** qui le compose varie en quantité (de 1 à 20% du poids à sec) et en qualité. Elle peut être formée en **phospholipides**, de **glycérides**, **d'acides gras libres**, de **stérols** ainsi que de **terpènes** entrant dans la composition de certaines huiles essentielles qui donnent un arôme distinctif au pollen.
- Un ensemble d'éléments **minéraux** (calcium, magnésium, zinc...), la totalité des **vitamines** du groupe B, la vitamine C et les vitamines liposolubles (provitamines A, vitamines D et E) ainsi que des facteurs de croissance, du sélénium et de la rutine complètent la structure intime pollinique.



- Des principes **antibiotiques** actifs finissent de parfaire cette mixture [19].

I.4.7 Protéines et acides aminés

Ils sont présents en faible quantité dans le miel (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 (nectars, grains de pollen), soit des sécrétions de l'abeille. Il y a également des traces d'acides aminés comme la proline, la trypsine, l'histidine, l'alanine, la glycine, la méthionine, etc (**figure 05**) [30]. La teneur en proline donne des informations sur la maturité du miel et peut servir à détecter des falsifications. Conventionnellement, on considère qu'un miel est arrivé à maturité lorsque sa teneur en proline est supérieure à (138 mg/Kg) et des valeurs plus basses indiquent un manque de maturité ou une falsification [13].

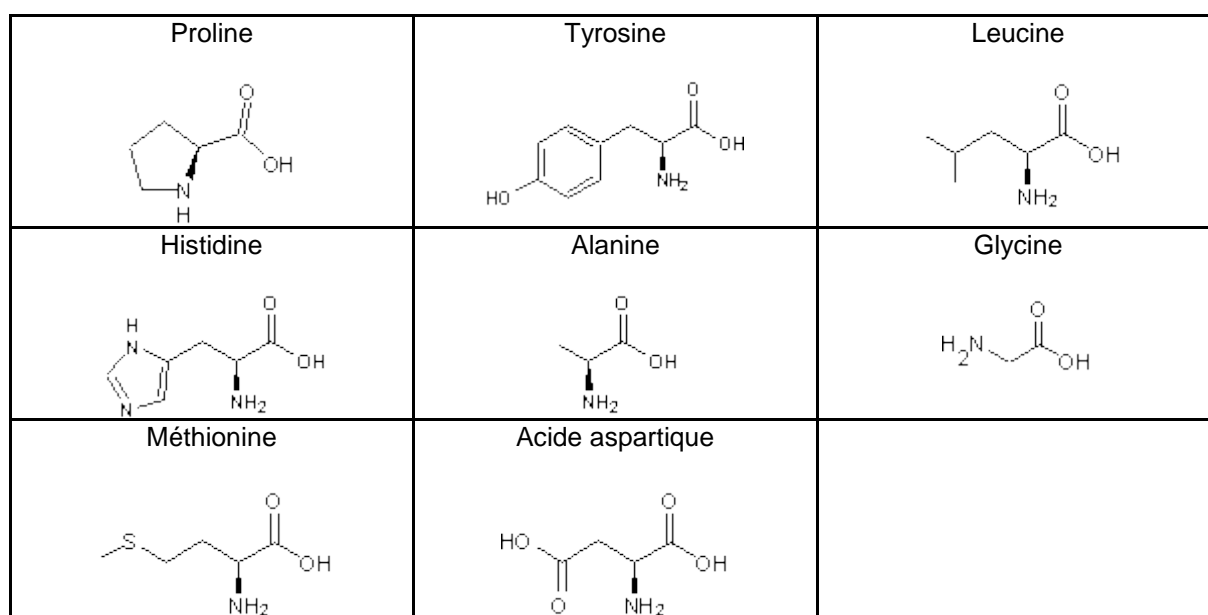
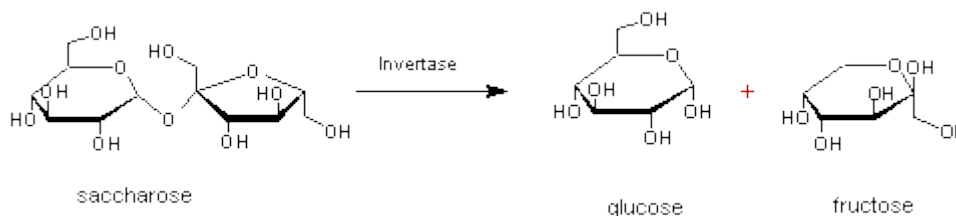


Figure 5 : Structure chimique des protéines, des peptides, des acides aminés (0,2 à 2%).

I.4.8 Enzymes

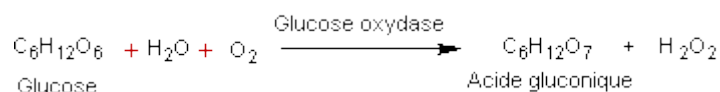
Les enzymes proviennent soit des nectars, soit des sécrétions salivaires de l'abeille. Les plus connues sont la gluco-invertase qui est responsable de l'hydrolyse des disaccharides, et les amylases alpha et bêta qui permettent la dégradation de l'amidon. Une catalase, une phosphatase, des enzymes acidifiantes et une glucose-oxydase qui transforme le glucose en acide gluconique et en peroxyde d'hydrogène coexistent. Ces enzymes sont détruites par la chaleur. Leur présence ou leur absence peut servir d'indicateur de surchauffe du miel lorsqu'il est monté en température pour, notamment, faciliter sa manipulation, ce qui peut provoquer une dénaturation si la température utilisée est excessive [10].

- **Invertase** : le saccharose est converti en glucose et fructose par l'invertase, ajouté par l'abeille et la conversion se poursuit même après extraction.

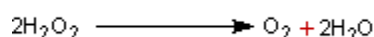




- **Glucose oxydase** : qui convertit le glucose en acide gluconique et en peroxyde d'hydrogène, lorsque le miel est dilué avec de l'eau et son acidité tombe, et quand il n'y a pas de sodium suffisant [31].



- **Catalase** : est une oxydoréductase qui catalyse la dismutation du peroxyde d'hydrogène en eau et dioxygène



- **Les phosphatases acides**

Elles appartiennent à un groupe d'enzymes hydrolysant les esters phosphoriques à pH acide

- **Indice de diastase** : l'enzyme diastase, également appelée amylase, décompose l'amidon en maltose. L'indice de diastase est utilisé comme paramètre pour établir la fraîcheur du miel et s'assurer qu'il n'a pas été chauffé (miel brut) [29].

I.4.9 Substances aromatiques

Plusieurs substances aromatiques différentes sont identifiées dans le miel. Il s'agit d'alcools, de cétones, d'aldéhydes et d'esters (**figure 6, 7, 8**). Ces substances jouent un rôle important dans l'appréciation sensorielle du miel. Chaque miel possède ses propres substances aromatiques. Ainsi, l'antranilate de méthyle est abondant dans les miels d'oranger, de clémentiniers et de citronniers mais présents aussi dans d'autres miels (colza, trèfle) [32].

Ces substances donnent l'arôme et le goût spécifique d'un miel, mais qui ont par ailleurs des vertus thérapeutiques [33]. Elles se conservent le mieux si le miel est stocké au froid dans des récipients fermés. Si l'on chauffe le miel, une part de ces substances est dégradée [13].

Contrairement aux miels ayant une couleur foncée, les miels clairs sont le plus souvent moyennement aromatique [34].

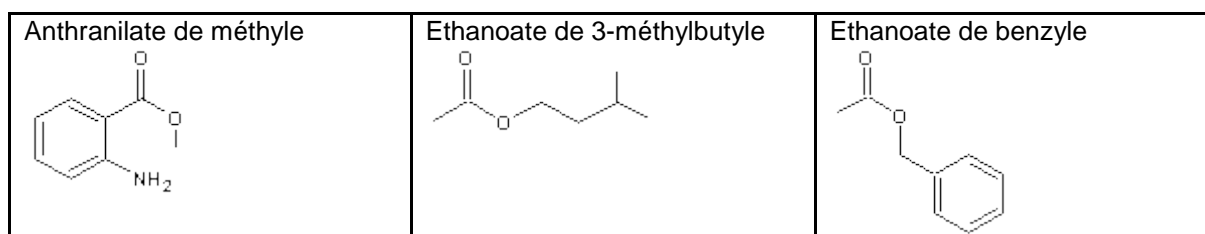


Figure 6 : Structure chimique de quelques esters présents dans le miel.




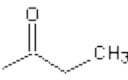
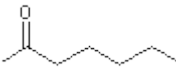
Ethanal 	Butanone 	Heptan-2-one 
Un aldéhyde	Une cétone	Une cétone

Figure 7 : Structure chimique de quelques aldéhydes et cétones présents dans le miel.


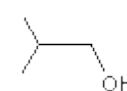
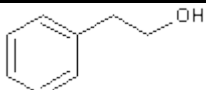
H_3C-OH			
Méthanol	Ethanol	2-méthylpropan-1-ol	2-phényléthanol

Figure 8 : Structure chimique de quelques alcools présents dans le miel.

I.4.10 Les acides organiques

Ces acides proviennent soit directement du nectar, soit des multiples transformations effectuées par les abeilles sur le miel [6]. Le plus important est l'acide gluconique, qui lors de la maturation du miel, transforme le glucose en acide gluconique. On y trouve également une vingtaine d'acides organiques comme les acides acétique, citrique, lactique, malique, oxalique, butyrique, pyroglutamique et succinique (figure 9). D'autres composés, les lactones dont la présence est constante, ont également une fonction acide [17].

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 [35].

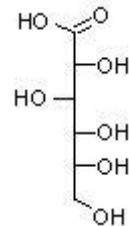
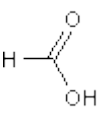
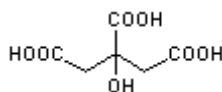
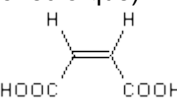
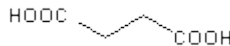
<u>Acide gluconique</u> 0,1 à 0,4 % 	<u>Acide formique</u> (ou méthanoïque) 0,01 à 0,05% 	<u>Acide citrique</u> 
<u>Acide maléique</u> (ou (Z)-but-2-ènedioïque) 	<u>Acide oxalique</u> (ou éthanedioïque) $HOOC-COOH$	<u>Acide succinique</u> (ou butanedioïque) 

Figure 9 : Structure chimique de quelques acides organiques présents dans le miel



I.4.11 Les vitamines

Les vitamines du miel proviennent du nectar et du pollen. Elles sont peu nombreuses et existent en très faible quantités, elles sont représentées essentiellement par la vitamine C et les vitamines du groupe B (la thiamine, la biotine, l'acide folique,...) et très rarement, par les vitamines A, D et K (**tableau n°2**) [36].

Tableau 2 : Les vitamines dans le miel, en mg/100g

Thiamine (B1)	0.00-0.01
Riboflavine (B2)	0.02-0.01
Pyridoxine (B6)	0.01-0.23
Niacine	0.10-0.20
Acide pantothénique	0.02-0.11
Acide ascorbique (vitamine C)	2.2-2.5
Phyloquinone (vitamine K)	0.25

I.4.12 Les composés phénoliques

Une trentaine de composés phénoliques ont été identifiés dans le miel (principalement dans la propolis), dont des acides phénols, des flavones, flavonols et flavanones, les substances phénoliques interviennent, plus ou moins directement, sur la couleur par l'intermédiaire des flavonoïdes susceptibles de contribuer à la coloration jaune et d'une manière générale par les Composés phénoliques impliqués dans les phénomènes de brunissements enzymatiques ou non.

Les miels foncés contiennent une grande quantité des acides phénoliques (**figure 10**), mais moins de flavonoïdes (**figure 11**). Ils contiennent également des pigments comme les caroténoïdes [37 ; 38].

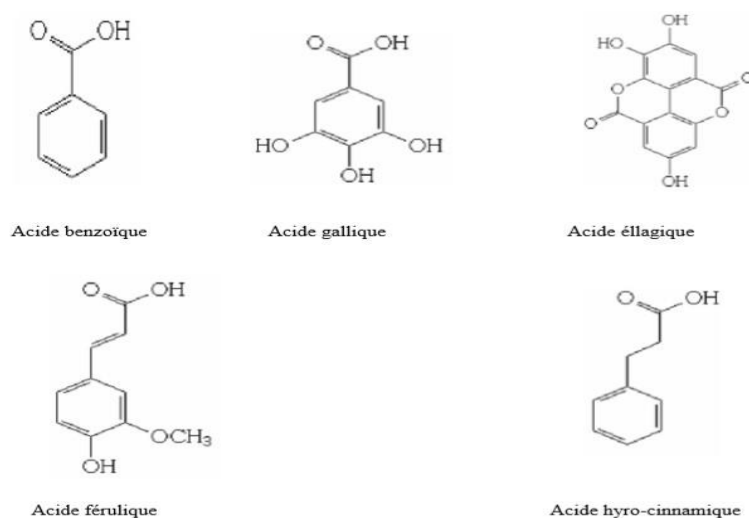


Figure 10 : Structure de quelques acides phénoliques présents dans le miel.

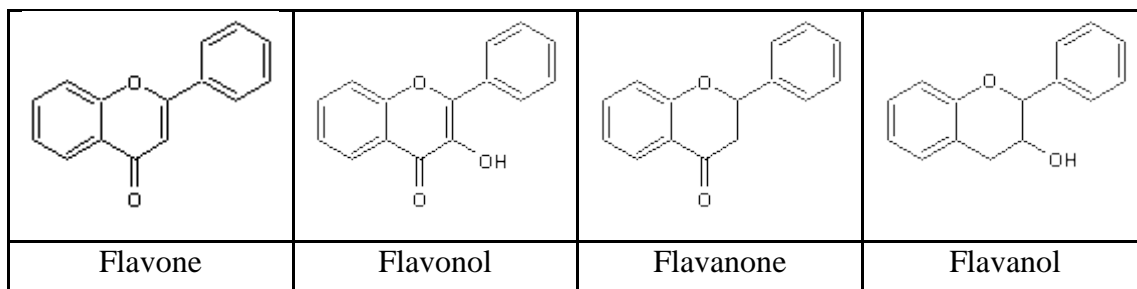


Figure 11 : Structure chimique de quelques flavonoïdes présents dans le miel.

CHAPITRE II
TECHNOLOGIE DU MIEL



II.1 L'apiculture

II.1.1 Définition

L'apiculture est beaucoup plus un art d'élevage d'abeille qu'une science, En effet il faut un certain savoir-faire ou même un don afin de bien élever les abeilles. Un bon apiculteur doit être très attentif à ses protégées pour savoir les entretenir, voir même les soigner en cas de maladies améliorant ainsi le rendement. L'apiculture se fait dans des ruches à barrettes comportant plusieurs cadres mobiles [39].

II.1.2 L'apiculture de grande culture

Dès la fin de la Seconde Guerre mondiale, les grands bassins de production agricole ont connu des évolutions considérables du paysage. Avec le remembrement, les haies ont disparu et les petites parcelles aux cultures variées comme le sainfoin, le trèfle, la luzerne, le sarrasin, etc. ont laissé la place à de vastes étendues de tournesol, de colza, de blé et de maïs et leur cortège de traitements chimiques si préjudiciables à la biodiversité et aux abeilles en particulier [40].

L'activité apicole est intimement dépendante des ressources mellifères dont dispose le pays et qui sont très riches et variées. L'apiculture est pré- dominante dans les régions suivantes :

Zone de littoral : miel d'agrumes et eucalyptus ;

Zone de montagne : Kabylie : miel de toutes fleurs, lavande, carotte sauvage et bruyère ;

Hauts plateaux : miel de sainfoin, romarin et jujubier ;

Maquis et forêts : miel toutes fleurs et miellat [41].

II.1.3 L'apiculture en Algérie

La production nationale en miel est estimée en moyenne à 33 000 qx pour l'année 2011 avec un rendement de 4 à 8Kg/ruche, ce qui est très faible par rapport aux potentialités mellifères qu'offre notre pays.

En 2011 l'Algérie a introduit plus de 150.000T de miel de Chine, d'Inde et d'Arabie Saoudite.

Plusieurs facteurs expliquent cette limitation, tels que :

- L'absence de législation régissant l'activité apicole Algérienne ;
- La cherté et parfois l'absence des médicaments vétérinaires utilisés pour les abeilles ;
- Le non-respect des programmes de prophylaxie des pathologies des abeilles par les apiculteurs ;
- L'utilisation non réglementaire et anarchique des pesticides par les agriculteurs dans les régions où l'apiculture est très répandue ;
- La perte de la flore mellifère (incendies, construction dans les zones agricole...) ajoutée aux conditions climatiques défavorables et instables (la sécheresse....) ;
- La transhumance non pratiquée ;
- Le problème de circuit de commercialisation pour le miel ;
- La concurrence rude des miels importés [41].



II.2 Formation et la récolte du miel

II.2.1 Formation

Une butineuse effectue entre 20 et 50 voyages par jour, chacun demandant environ 15 minutes. Le rayon d'action moyen se situe entre 500 mètres et 2 kilomètre, d'où l'importance, en plus des conditions climatiques et de la nature du sol. Elle prélève le nectar, sécrété par des glandes dites nectarifères ou le miellat [17].

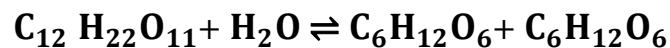
On peut citer deux types de transformation :

a) Transformation Chimique (l'emmagasinage)

Le changement de la solution sucrée en miel commence déjà lors du voyage, au cours duquel elle est accumulée dans le jabot de l'abeille. C'est dans son tube digestif que s'amorce la longue transformation, des enzymes agissent sur le nectar ou miellat [15].

Les sucres se transforment. En particulier, le saccharose devient un mélange de glucose (dextrose) et de fructose (lévulose) sous l'action d'une enzyme, l'invertase, incorporée au nectar par la salive des abeilles [42].

La transformation, conversion, s'exprime par l'équation suivante :



De retour à la ruche, la butineuse transfère le nectar « prédigéré » à des abeilles ouvrières qui vont par trophallaxie compléter et achever la transformation commencée, avant d'aller dégorger ce liquide dans les alvéoles de cire disponibles. La trophallaxie correspond au transfert du nectar d'une abeille à une autre, de bouche en bouche, par régurgitations successives (**figure 12**). Ainsi, au fil des échanges entre les abeilles, la composition de la miellée évolue ; sa teneur en eau s'abaisse tandis que sa concentration en sucres augmente, elle s'enrichit en substances salivaires, notamment des enzymes (invertase, diastase, glucose-oxydase) [22].



Figure 12 : Deux abeilles pratiquant la trophallaxie



b) Transformation physique

La solution sucrée transformée (contenant 50% d'eau) va subir une nouvelle concentration par évaporation, qui se fait sous double influence :

- D'abord de la chaleur régnant dans la ruche qui est d'environ 36 °C.
- Ensuite de la ventilation par le travail des ventileuses qui entretiennent un puissant courant d'air ascendant par un mouvement très rapide de leurs ailes.

Dans la ruche, le miel se garde bien, car il est très concentré en sucre. Mais on dit que les abeilles, pour plus de sécurité, injectent dans chaque cellule une gouttelette de venin. Et celui-ci est un produit conservateur quand tout ce travail sera terminé, la cellule pleine de miel sera fermée par un opercule de cire [43].

II.2.2 Récolte

La récolte est l'ultime étape à réaliser. Elle requiert des techniques acquises lors de pratiques sur le terrain [21].

La récolte du miel se fait au cours de la faste période de la miellée durant laquelle la production de nectar par la fleur est maximal et les cadres sont tous remplis et operculés (**figure 13**).

Chaque ruche peut produire 20 à 40 kg de miel par an. Certains apiculteurs professionnels peuvent augmenter considérablement ce chiffre grâce à la transhumance et à la mise en place d'étages supplémentaires sur les ruches – les hausses – en fonction des miellées [19].



Figure 13 : Un cadre operculé



II.2.2.1 Enlèvement des cadres

Un petit nombre de ruches (moins de quinze ruches) permet de passer peu de temps au rucher et répond à la capacité de transport de votre véhicule. Cette répartition des ruchers facilite l'organisation et le confort de la récolte, limite la perturbation des colonies voisines et les phénomènes de pillage et garanti la sécurité des riverains à un moment où les abeilles sont très agitées.

La récolte se déroule alors en plusieurs phases. En voici le détail :

- Retirer d'abord le couvre-cadre et enfumez légèrement la ruche pour mettre les abeilles en bruissement (**figure 14**). Faites attention à ne pas enfumer devant ruche, pour éviter de faire monter les abeilles et la reine dans la hausse.

Dans la mesure du possible, il est fortement déconseillé d'enfumer abondamment : cela pourrait altérer la qualité du miel. Les goûts parasites, ainsi que des particules de cendres en suspension dans le miel, peuvent être à craindre dans ce cas.

- Retirer ensuite chaque cadre de la hausse, un à un. Secouez-les vigoureusement au-dessus de la ruche ouverte en tapant avec la paume de la main sur la tête du cadre. Avec un peu de pratique, vous arriverez ainsi à décrocher un maximum d'abeilles du cadre. Ensuite, si cela s'avère nécessaire, brossez les quelques abeilles restantes à l'aide d'une balayette.

- Placez enfin chaque cadre dans une hausse vide posée éventuellement sur la toiture de la ruche d'à côté. Il faut avoir soin de couvrir cette hausse d'un couvre-cadre afin de ne pas attirer les abeilles pillardes.

Il est possible de laisser, dans la ruche à récolter, les cadres non encore operculés ainsi que ceux contenant du couvain. La hausse sera complétée avec des cadres vides [21].



Figure 14 : Enlèvement des cadres



II.2.2.2 Désoperculation

Il est nécessaire d'enlever les opercules des cellules, cette couche de cire avec laquelle les abeilles ont scellé les cellules contenant le miel mûr. Pour **désoperculer**, il existe divers instruments comme le couteau (**figure 15**), la fourchette ou la machine à désoperculer [7].



Figure 15 : Désoperculation avec un couteau

II.2.2.3 L'extraction

Les cadres sont ensuite mis dans un extracteur. C'est une sorte de centrifugeuse manuelle ou automatisée où ils vont tourner très rapidement. La force centrifuge fait alors sortir le miel des alvéoles (**figure 16**). Le miel glisse le long des parois, s'accumule au fond de l'extracteur et est récupéré par l'apiculteur après ouverture de la vanne [44].

L'extraction centrifuge ne donne pas un miel pur car elle présente l'inconvénient de ne pas éliminer les particules tel que la cire, propolis et le pollen.



Figure 16 : Intérieur de la cuve d'un extracteur



II.2.2.4 Filtration

Tout apiculteur sait qu'à l'extraction une certaine quantité de corps étrangers se retrouvent dans le miel sortant de l'extracteur. Ce sont des débris de cire, du pollen, des parties d'abeilles, des poussières. Ces corps étrangers doivent être retirés du miel. La procédure est généralement la suivante :

- Filtrage rapide à travers un tamis à grandes mailles pour éliminer les plus grosses particules (facultatif) (**figure 17**).
- Entreposage du miel dans un fût haut et étroit de grande capacité (100 kg). Ce fût est placé dans une enceinte à 28°C pendant 24 heures. Pendant ce temps les corps étrangers se trouvant encore dans le miel remonte à la surface.
- Le miel est alors écumé en surface, c'est-à-dire que la plus grande partie des corps étrangers sont retirés avec une écume due à la remontée de bulles d'air incluses dans le miel par les manipulations précédentes.
- Le miel est soutiré par le bas du fût et filtré sur filtre très fin en nylon (indispensable). Ce filtre retiendra le reste des corps étrangers présent dans le miel mais aussi les cristaux qui se seraient formés dans le miel avant l'extraction. Ces cristaux sont généralement de trop grande taille et nuiraient à la cristallisation dirigée résultant de l'ensemencement [45].



Figure 17 : Filtration du miel

II.2.2.5 Maturation de miel

Après un filtrage minutieux, l'apiculteur recueille le miel dans un récipient pour le laisser décanter une huitaine de jours dans un cylindre en acier inox (**figure 18**) [7].

Le miel est stocké dans ce qu'appelle un « maturateur » dans lequel il séjourne un certain temps afin d'éliminer les bulles d'air, le pollen et éventuellement les particules de cire qui ont pu passer les deux filtres à la sortie de l'extracteur et qui après décantation se retrouvent à la surface du miel. Une maturation de 3 à 6 jours suffit en principe surtout si la température de maturation est entre 25 et 30°C. Un temps de décantation plus long de quelques jours ne peut qu'améliorer la qualité de la maturation surtout pour un miel à forte viscosité.



A noter que le maturateur ou quel que soit le récipient servant à la maturation doit être hermétiquement fermé afin que l'humidité de l'air ne soit pas absorbée par le miel. Rappelez-vous aussi que, moins il y a d'air entre la surface du miel et le couvercle du récipient, moins il y a de risque de dégradation du miel. Remplissez donc vos seaux ou maturateurs au maximum afin qu'il y reste un minimum d'air.

Les parties légères, indésirables –microbulles d'air, particules de cire- montent en surface et forment une écume que l'on peut enlever, si la miellerie est parfaitement sèche. Si ce n'était pas le cas, ce film protecteur pourrait être un isolant de l'humidité [46].



Figure 18 : Maturateur en inox

II.2.3 Pasteurisation

Plus le miel est frais récolté, meilleur il sera au niveau gustatif et des enzymes. La pasteurisation est une opération qui assure la destruction des micro-organismes (qui sont pourtant bon pour notre santé) et la refonte des microcristaux de glucose. Du fait, le miel restera à l'état liquide pendant une petite année (pratique pour la commercialisation). Pour pasteuriser du miel, on le chauffe à 75°C pendant 5 à 6 minutes [47].

C'est un procédé très rapide qui détruit les levures et les agents de fermentation. Cette opération de chauffage à 78°C permet également de maintenir le miel à l'état liquide pendant une période minimale de neuf à dix mois. Un des inconvénients de cette technique est l'affaiblissement constaté de la valeur biologique du miel représentée par les enzymes qui le composent [19].

II.2.4 Emballage

Les récipients doivent être étanches à l'eau et à l'air pour éviter toute pénétration d'humidité dans le miel. Les récipients et cuves en fer blanc, en aluminium, en acier chromé et en plastique (qualité alimentaire) conviennent parfaitement à cet usage.

Pour les emballages de consommation, les pots en verre, mais aussi ceux en plastique (qualité alimentaire) et en fer blanc conviennent. Quant aux boîtes en paraffine, elles ne sont étanches ni à l'eau ni à l'air et sont en conséquence inutilisables pour le stockage du miel. Selon la loi sur les denrées alimentaires, elles sont même interdites (car la paraffine contient des



substances toxiques qui peuvent migrer dans le miel) et ne pourront plus être utilisées une fois la période de transition est écoulée [48].

Le verre est le meilleur emballage pour le miel, mais son poids, sa fragilité et sa transparence rend visible les traînées blanches, causées par les bulles d'air, dans le miel cristallisé lui font préférer le carton ou la matière plastique [49].

II.2.5 Étiquetage

Pour que l'étiquette soit compréhensible, lisible et sans ambiguïté pour le consommateur, certaines mentions d'étiquetage sont obligatoires, d'autres facultatives et d'autres interdites.

L'étiquetage permet d'assurer l'information du consommateur et d'assurer la traçabilité du produit jusqu'à sa commercialisation. C'est le metteur en marché qui est responsable de l'étiquetage de ses produits. Aussi, l'apiculteur qui vend des pots de miel destinés au consommateur doit respecter les règles d'étiquetage qui s'appliquent à tous les aliments en général et au miel en particulier.

Il est obligatoire d'indiquer :

- Une dénomination de vente
- La quantité nette
- La date limite d'utilisation optimale (DLUO) (« à consommer de préférence avant ... »)
- Le nom ou la raison sociale et l'adresse du fabricant, ou du conditionneur ou d'un vendeur
- Le numéro de lot (sauf si la DLUO fait office de numéro de lot)
- Le lieu d'origine ou de provenance pour le miel (pour le pollen et la gelée royale, c'est obligatoire seulement s'il y a un risque de confusion sur l'origine réelle du produit)

La **figure 19** présente un exemple d'étiquette d'un pot de miel.

Il est interdit d'inscrire sur les étiquettes des pots de miel, les mots « pur », « naturel », « sain », « 100% » puisque le miel est par définition pur et sans additif [50].

D'autres indications peuvent compléter ce qui est écrit sur l'étiquette, comme par exemple l'origine florale (« miel de châtaigner »), l'origine géographique (« miel de montagne »), ou des caractéristiques organoleptiques (« miel crémeux »), à conditions qu'elles soient justifiées. [51].

En outre, l'apiculteur valorise d'autant mieux son produit qu'il mentionne aussi le résultat d'une analyse de laboratoire (espèces butinées, consistance...) et une région de production [52].



Figure 19 : Un exemple d'étiquette

II.2.6 Conservation

Le miel est une solution aqueuse, sucrée et acide qui va se dégrader au fil du temps, va subir des transformations, des modifications de ses caractéristiques physicochimiques.

- En effet, la lumière entraîne une modification de certaines substances actives : notamment des facteurs antibactériens et de certaines enzymes, engendrant une baisse d'efficacité du produit.
- L'humidité entraîne une dilution du miel qui va permettre le développement de levures et donc des fermentations.
- La chaleur provoque au-delà de 40°C la dégradation des sucres, le fructose se transforme en hydroxyméthylfurfural, des enzymes se dénaturent, le pH diminue et les arômes sont altérés.

Pour garder toutes ses propriétés, la conservation doit se faire à l'abri de la lumière, de l'humidité et de la chaleur, dans un récipient hermétiquement fermé, à une température de 12-14°C, et il est conseillé de l'utiliser dans l'année pour avoir la pleine mesure de ses bénéfices [53].

II.3 Les principales transformations physiques et chimiques du miel

Le miel craint la lumière et la chaleur (alors les pots en verre blanc !) le miel est un produit qui subit au cours du temps un certain nombre de modification inévitable à la perte de ses qualités essentielles [47].

La rapidité de la dégradation dépend de la composition du produit ainsi que des conditions de sa conservation [26].



II.3.1 Cristallisation

Comme tout produit naturel, il se transforme au cours du temps. La cristallisation est un phénomène tout à fait normal dû à la tendance naturelle des différents sucres, et spécialement le glucose, à se transformer en cristaux solides avec le temps, à une vitesse variable, selon la variété, la saison de floraison et la température de conservation. Le miel de mélèze cristallise à l'intérieur même des alvéoles, le pissenlit, le houblon ou le colza peu de temps après la récolte alors que l'acacia ou les miellats de sapin peuvent rester à l'état liquide durant des années. Afin de parer à la réaction des consommateurs qui pensent que le miel se dégrade, les apiculteurs ont donc pris pour habitude de le conditionner dans des pots de cellulose paraffinés, à l'abri des regards [19].

Cette modification ne constitue pas une altération mais une simple transformation de l'état physique du produit. La cristallisation des miels est un phénomène très important car elle assure la qualité du miel [17].

Il dépend des facteurs suivants :

➤ Teneur en sucres

Plus la teneur en glucose est élevée, plus rapide sera la cristallisation du miel, les miels avec plus de 28% du glucose se cristallisent très rapidement, mais aussi, plus la concentration en fructose par rapport à celle du glucose (rapport fructose/glucose) est élevée, plus la cristallisation est lente. En principe, le miel reste liquide au-dessus d'un rapport fructose /glucose proche de 1,3 [52].

➤ Température de stockage

La température optimale pour la cristallisation du miel se situe entre 10 et 18°C. Une température constante de 14°C est idéale pour un miel à teneur en eau moyenne. Les basses températures retardent la croissance des cristaux. Les hautes températures entraînent la dissolution des cristaux qui disparaissent totalement à 78°C [52].

La cristallisation est donc ralentie à basse comme à haute température. Mais dans ce dernier cas, une dégradation inexorable du miel se produit. Cette dégradation se matérialise par la détermination du taux d'H.M.F* contenu dans le miel et croissant avec le temps, la température idéale pour une bonne conservation du miel doit être comprise entre 12 et 16 °C [54].

➤ Teneur en eau

Les miels avec une teneur en eau de 15 à 18% ont une bonne cristallisation. Ceux dont la teneur est inférieure ou supérieure se cristallisent plus lentement, ceux au contenu hydrique faible deviennent durs, alors que ceux avec plus de 18% d'eau restent mous [52].

II.3.2 La fermentation

Les levures tolérant le sucre sont des microorganismes naturellement présents dans l'environnement qui peuvent provoquer une fermentation du miel (**figure 20**). Il est aisé de s'en apercevoir lorsqu'on ouvre le pot de miel : de l'air s'en échappe et de petites bulles se forment à la surface du miel ; celui-ci diffuse alors une odeur caractéristique de fermenté. Un tel miel ne peut plus être commercialisé [55].

La fermentation des miels réduit les sucres fermentescibles comme le glucose, le mannose, le fructose en alcools et CO₂ (95 %), glycérol (3 à 5 %), acide succinique (0,5 %) et autres produits secondaires (Butane 2.3 -diol (0,5 %) [56].



Figure 20 : Miel fermenté

Cette fermentation doit son origine à une teneur trop élevée des miels en eau (plus de 18 %), à la présence de ferments sous forme de levures homophiles. Ces levures particulières sont capables de se multiplier dans des solutions de sucres très concentrées dès lors que leur enveloppe n'est plus soumise à une pression hydrostatique supérieure à celle de leur milieu intérieur. La fermentation est activée sous l'influence de la température et débute à basse température pour être maximale entre 30 et 40°C. La chaleur à plus de 70°C stérilise les levures [56].

D'une manière idéale, un miel de qualité contient une teneur en eau ne dépassant pas 17,5%. L'apiculteur peut ainsi vendre un miel de haute qualité, qui ne fermente pas chez le client [55].

Tableau 3 : Effet de la teneur en eau sur le risque de fermentation dans le miel

Teneur en eau	Son effet sur le risque de fermentation dans le miel
A moins de 17.1%	Quel que soit leur nombre, les levures ne peuvent se multiplier, la pression osmotique est importante, le miel ne peut donc fermenter
De 17,1 à 18%	Pas de fermentation si le nombre de levures est inférieur à 1000 par gramme.
De 18,1 à 19%	Pas de fermentation si le nombre de levures est inférieur à 10 par gramme.
De 19,1 à 20%	Pas de fermentation si le nombre de levures est inférieur à 1.
Au-dessus de 20%	Risque de fermentation dans tous les cas.

CHAPITRE III
QUALITÉ DU MIEL



III.1 Qualité du miel

Un miel de qualité doit être un produit sain, extrait dans de bonnes conditions d'hygiène, conditionné correctement, qui a conservé toutes ses propriétés d'origine et qui les conservera le plus longtemps possible. Il ne doit pas être adultéré et doit contenir le moins possible (peut-on encore dire pas du tout) de polluants divers, antibiotiques, pesticides, métaux lourds ou autres produits de notre civilisation industrielle [57].

III.2 Paramètres influençant sur la qualité du miel

Le miel est produit par les abeilles mais dérive des plantes qui sont butinées. C'est un composé qui relève d'une véritable alchimie de la nature, de l'interaction entre les fleurs, le sol et les systèmes métaboliques complexes des abeilles [18].

III.2.1 Les plantes

La même ruche donne chaque mois des miels différents, et chaque mois correspondant de deux années n'en présente point de semblables. Cela tient aux changements qui ont lieu dans les plantes et dans l'atmosphère ; parce qu'il est de fait que le nombre des plantes d'une même espèce varie souvent d'une année à l'autre, et que la même plante donne un miel différent, selon qu'il a fait sec ou humide. Il est d'ailleurs des plantes qui donnent constamment un miel fort mauvais, tandis qu'il en est d'autres qui en donnent toujours un excellent. La jusquiame, la scrofulaire, le buis, l'azalée pontique, etc... fournissent même un miel dangereux [58].

Les miels aromatiques, contenant une partie détectable de composés aromatiques, proviennent des plantes aromatiques comme le thym, le sapin, l'eucalyptus, le romarin ou la coriandre... [59].

III.2.2 Pesticides et polluants

Les pesticides sont des substances permettant de lutter contre les ennemis des cultures. Ils regroupent les fongicides, herbicides, insecticides et bactéricides. Il en existe de très nombreux sur le marché actuellement. Les pesticides les plus fréquemment recherchés dans le miel sont les organochlorés, les organophosphorés et les carbamates [60].

La contamination des miels par les pesticides est un phénomène répandu, mais les quantités retrouvées après dosage sont généralement infimes et dans les limites internationales [61].

Les abeilles collectent des poussières qu'elles ramassent sur les plantes butinées ; les ruches constituent de bons indicateurs de pollution.

D'autres composés indésirables servent aussi en tant qu'indicateur du degré de pollution. Par exemple, le plomb ou le cadmium existent sous forme de traces et sont considérés comme des polluants. Un autre composé : l'HMF ou hydroxyméthylfurfural est retrouvé dans les vieux miels et les miels trop chauffés [59].

III.2.3 Nature du sol

Tous les apiculteurs ont constaté que les rendements en miel de plantes similaires pouvaient varier considérablement en fonction de la nature des sols. En règle générale, les terrains calcaires sont préférables aux terrains argileux ou siliceux. Ils favorisent une meilleure montée du nectar dans les fleurs. Ce sont les terrains qui ont un pH neutre qui sont jugés les plus favorables. Cette tendance n'est pas toujours confirmée puisque des terrains acides peuvent donner de belles miellées sur le sarrasin ou la bruyère. On constate aussi que des sols sableux permettent souvent de belles miellées d'acacia, car ils se réchauffent plus vite que des sols plus profonds. En réalité, il faudrait faire une analyse comparative du sol en surface, mais aussi en



profondeur, surtout lorsqu'il s'agit d'évaluer des miellées réalisées sur les arbres comme les miellés d'acacia [1].

Un sol riche en matières minérales particulières donnera plus de minéraux au niveau du produit fini [59].

Un approvisionnement du sol en eau convenant à une bonne croissance végétative et reproductive est une condition nécessaire à la réalisation d'une bonne saison apicole.

De même, tous les facteurs améliorant la fertilité du sol (phosphore, potassium, azote, etc.) améliorent la production nectarifère. Cependant, si ces facteurs sont en excès, l'effet inverse se produit : le nectar est alors généralement moins concentré ou moins abondant [62].

III.2.4 Conditions climatiques

La photosynthèse est essentielle à l'approvisionnement des nectaires en constituants organiques. L'ensoleillement est considéré comme le facteur environnemental le plus important.

L'impact de la température sur la production de nectar est plus discuté. Il est en effet difficile d'isoler les effets de la température sans les relier aux conditions d'ensoleillement.

Peu de données indiquent un impact de l'humidité sur la sécrétion nectarifère. En revanche une fois sécrété, le nectar échange des molécules d'eau avec l'atmosphère. Les variations d'humidité atmosphérique peuvent aussi modifier l'accessibilité et l'attractivité de la plante pour les insectes [62].

La perception climatique par les plantes est différente de la nôtre ou de celle des insectes. Avec leurs racines bien isolées elles perçoivent les changements de température avec un effet retard. Elles sont mieux protégées du froid que nos abeilles qui risquent d'avoir des refroidissements de couvain. Il leur faut nombre de jours plus chauds que leur seuil spécifique (chaque plante à sa température clé) pour étaler leurs feuilles et ou leurs fleurs [63].

III.3 Critères de qualité

En Algérie, il n'existe aucune législation concernant les miels produits par les apiculteurs. Les miels se vendent dans des bouteilles en verres sans aucun étiquetage et le consommateur achète le miel par tradition en tenant compte essentiellement de l'origine géographique, donc ces miels ne sont pas soumis à une analyse physico- chimique ou l'origine botanique [13].

L'évaluation de la qualité du miel passe essentiellement par la vérification de son authenticité ainsi que l'estimation de sa maturité et sa fraîcheur. Ainsi, afin d'offrir au consommateur un produit de qualité, le Codex Alimentarius (2001) et le Journal Officiel de la Communauté Européenne (2002) ont établi des limites pour certains paramètres physicochimiques du miel (**tableau n°4,5 [52]**). Ces paramètres complètent également le processus de reconnaissance de l'origine botanique du miel [22].



Tableau 4 : Les normes de miel selon Codex Alimentarius et l'Union Européenne.

Critères de qualité	Codex-	l'UE
Teneur en eau Général Miel de bruyère, de trèfle Miel industriel ou miel de pâtisserie	≤ 21 g/100 g ≤ 23 g/100 g ≤ 25 g/100 g	≤ 21 g/100g ≤ 23 g/100g ≤ 25 g/100g
Teneur en sucres réducteurs Miels qui ne sont pas mentionnés ci-dessous Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar <i>Xanthorrhoea pr.</i>	≥ 65 g/100 g ≥ 45 g/100 g ≥ 53 g/100 g	≥ 65g /100g ≥ 60 g/100g ≥ 53 g/100g
Teneur en saccharose apparent Miels qui ne sont pas mentionnés ci-dessous <i>Robini, Lavandula, Hedysarum, Trifolium, Zitrus, Medicago, Eucalyptus cam., Eucryphia luc. Banksia menz.* Calothamnus san., Eucalyptus scab., Banksia gr., Xanthorrhoea pr.</i> Miel de miellat et mélanges de miel de miellat et de nectar	≤ 5 g/100 g ≤ 10 g/100 g ≤ 15 g/100 g	≤ 5 g/100g ≤ 10 g/100g -
Teneur en matières insolubles dans l'eau Général Miel pressé	≤ 0,1 g/100 g ≤ 0,5 g/100 g	≤ 0,1 g/100 g ≤ 0,5 g/100 g
Teneur en matières minérales (cendres) Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar et miel de châtaigner	≤ 0,6 g/100 g ≤ 1,2 g/100 g	≤ 0,6 g/100 g ≤ 1,2 g/100 g
Acidité	≤ 50 meq/kg	≤ 40 meq/kg
Activité diastasique, (indice diastasique en unités de schade) Après traitement et mise en pot (Codex) Tous les miels du commerce (UE) Général Miels avec une teneur enzymatique naturellement faible	 ≥ 8 ≥ 3	 ≥ 8 ≥ 3
Teneur en hydroxyméthylfulfurel Après traitement et mise en pot (Codex) Tous les miels du commerce (UE)	 ≤ 60 mg/kg	 ≤ 40 mg/kg



Tableau 5 : Teneur en sucre et conductivité électrique : Proposition d'une nouvelle norme.

Nouveaux critères de qualité proposés	Valeur proposée
Teneur en sucre	
<i>Somme du fructose et du glucose</i>	
Miel de nectar	≥ 60 g / 100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar	≥ 45 g / 100 g
<i>Saccharose</i>	
Miels qui ne sont pas énumérés ci-dessous	≤ 5 g / 100 g
<i>Banksia, Zitrus, Hedysarum, Medicago, Robinia, Rosmarinus</i>	≤ 10 g / 100 g
<i>Lavandula</i>	≤ 15 g / 100 g
Conductivité électrique	
Miel de nectar à l'exception des miels énumérés ci-dessous et des mélanges de ceux-ci ; mélanges de miel de miellat et de nectar.	$\leq 0,8$ mS/cm
Miel de miellat et de chataîgnier, à l'exception des miels énumérés ci-dessous et des mélanges de ceux-ci.	$\geq 0,8$ mS/cm
Exceptions: <i>Banksia, Erika, Eucalyptus, Eucryphia, Leptospermum, Melaleuca, Tilia.</i>	



III.4 Propriétés du miel

III.4.1 Propriétés organoleptiques

III.4.1.1 Couleur

Le miel présente différentes couleurs en fonction de l'origine florale, géographique et la composition, Il existe des miels limpides comme de l'eau, des miels jaunes, ambrés, verdâtres, rougeâtres, et certains presque noirs. À l'exception du violet et du bleu la couleur des miels varie à l'infini [9].

C'est un élément sensoriel important et l'une des premières appréciations du consommateur : un miel foncé est souvent associé à des arômes prononcés, alors qu'un miel clair suggère des arômes plus subtils.

Cependant la couleur d'un même miel peut varier selon que le miel soit liquide ou cristallisé ou selon les conditions d'éclairage [64]

Les différentes couleurs du miel sont présentées dans la (figure 21),



Figure 21 : Palette des couleurs de différents miels.

III.4.1.2 Odeur

L'odeur du miel est fortement influencée par les essences aromatiques communiquées aux nectars initiaux par les fleurs butinées. En général, le miel a une odeur très appréciée par les consommateurs à l'exception de quelques-uns qui dégagent une odeur peu appréciable (miel amer ou naturellement acide). La plante mellifère dominante confère au miel une odeur qui lui est spécifique. En principe, cette odeur permettrait de reconnaître l'origine botanique du miel [65].

Dans les différents miels, les odeurs varient considérablement mais s'évaporent rapidement. Elles sont végétales, florales ou fruitées, puissantes ou non, fines, lourdes, vulgaires. Une odeur de fumée ou de fermentation est un défaut [66].

III.4.1.3 Goûts

Le goût et l'arôme varient et dépendent de l'origine végétale, mais le miel ne doit pas présenter de goût étranger ou d'odeur étrangère (fumée, etc.) ni avoir commencé à fermenter [64].



Chapitre III : Qualité du miel

Il s'agit des arômes, de la saveur (acide, sucré salée, amère) et de la flaveur par voie rétronasale. Ils sont végétaux, floraux, empyreumatiques, fins, puissants ou persistants exogènes. L'arrière-goût peut être amer ou acide et laisse en fin de bouche de tanin, de rance, de fumée [66]

Les goûts sont également très variés, du plus doux au plus fort (**Figure 22**). Les méthodes de chromatographie ont permis d'isoler plus de cinquante substances aromatiques [19].

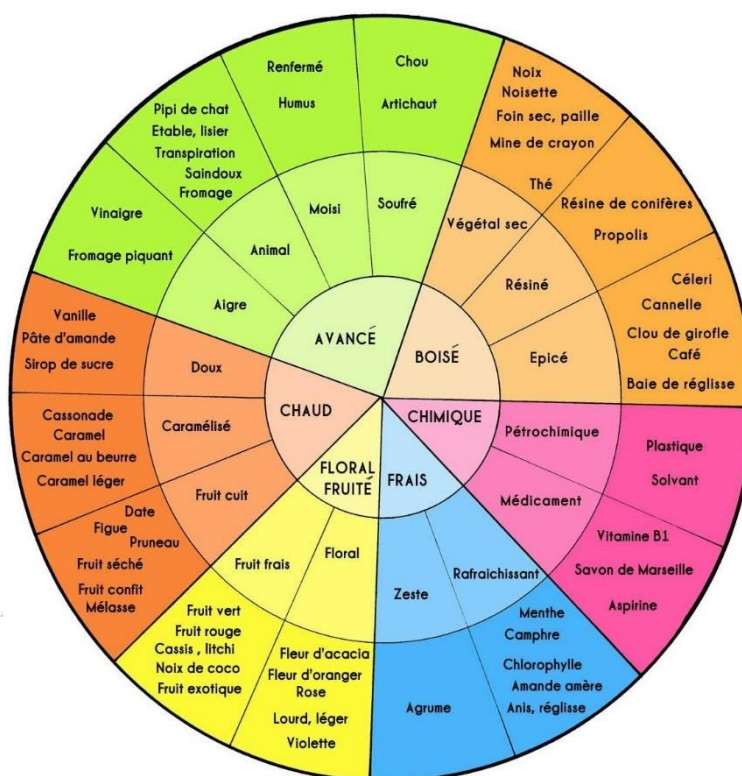


Figure 22 : Roue des Goûts de miel

L'arôme, le goût et la couleur du miel dépendent des plantes où les abeilles ont récolté le nectar. Les tournesols, par exemple, donne un miel jaune d'or et le trèfle donne un miel sucré et blanc. Le miel foncé a généralement un goût plus prononcé et sa teneur en sels minéraux est élevée tandis que le miel clair montre une saveur plus délicate [67].

III.4.2 Propriétés physiques

III.4.2.1 Propriétés mécaniques

a. Densité

La densité du miel est une mesure de la densité du miel par rapport à l'eau et dépend de la teneur en eau. La densité du miel est de 1,40 à 1,45 g/cm³, il est plus lourd que l'eau. Autres facteurs tels que la source florale affectent légèrement la densité du miel, les miels de différentes origines ou lots devraient être bien mélangés pour éviter la superposition [35].

b. Viscosité

La viscosité du miel, dépend de sa teneur en eau, de sa composition chimique et de sa température. La plupart des miels se comportent comme des liquides newtoniens ils ne présentent pas de résistance à l'écoulement. Toutefois, il existe des exceptions notamment pour certains miels qui ont une composition particulière. Par exemple, le miel de callune est



thixotrope : au repos, il est sous une forme gélatineuse suffisamment mais si on le remue, il devient aussi fluide que n'importe quel miel. Au contraire, le miel d'eucalyptus qui est un miel dilatant qui coule sans difficulté. [68].

Elle est indispensable à son traitement et il y a un lien important vers ses applications technologiques, extraction, pompage, réglage, filtration, mixage et mise en bouteille. 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 [35].

La viscosité du miel permet de créer une barrière protectrice autour de la zone à traiter (plaie), empêchant ainsi toute surinfection. C'est une propriété purement mécanique [9].

III.4.2.2 Propriétés électriques

• Conductivité électrique

La conductivité électrique est l'un des meilleurs paramètres pour la différenciation entre les miels de différentes origines florales. Cette mesure dépend de la teneur en minéraux et de l'acidité du miel ; les miels de miellat sont, en général, beaucoup plus minéralisés que les miels de nectar, donc ont une conductivité plus élevée, car celle-ci est étroitement liée à la concentration des sels minéraux, des acides organiques et des protéines [69].

Le miel de nectar, les mélanges de miel de nectar et de miel de miellat ont une conductivité inférieure à 0,8 mS/cm et que le miel de miellat et le miel de châtaignier, supérieure à 0,8 mS/cm [5].

III.4.2.3 Propriétés thermiques

a. Chaleur spécifique

Cette propriété a été étudiée par Helvey à l'aide de dilutions de miel de concentration croissante. La courbe obtenue varie très peu d'un miel à l'autre et correspond à 0.54 cal/g°C pour 17% d'eau. La chaleur de dilution apparaît lorsqu'on ajoute de l'eau au miel, il y a alors production de chaleur [17].

b. Conductivité thermique

Le miel est un mauvais conducteur de chaleur sauf quand il est déshydraté ainsi, un miel dont la teneur en eau est à 20% est finement cristallisé [15].

c. Abaissement du point de congélation

Il dépend de la teneur en sucres et varie de 1.42°C à 1.53°C en solution aqueuse à 15%, et entre 2.75°C et 3.15°C en solution aqueuse à 25% [17].

III.4.2.4 Propriétés optiques

a. Indice de réfraction

L'indice de réfraction du miel est inversement proportionnel à sa teneur en eau et de la température, sa mesure au moyen du réfractomètre constitue la méthode la plus rapide et l'une des plus sûres pour évaluer la teneur en eau des miels. Il varie entre 1,5041 et 1,4915 à 20°C pour une teneur en eau allant de 13 à 18% pour la majorité des miels [70].

b. Pouvoir rotatoire

Egalement appelé « activité optique », le pouvoir rotatoire est la propriété qu'ont certains sucres de faire dévier le vecteur d'un faisceau lumineux la traversant. Il est lié à la présence d'un ou



plusieurs carbones asymétriques au sein de la molécule. La majorité des miels de miellat ont des valeurs positives (dextrogyres) tandis que les miels de nectar ont des valeurs négatives (lévogyres) [71].

a. Fluorescence

Beaucoup de miels présentent une fluorescence avec des couleurs variables. Cette caractéristique est plus ou moins importante suivant les types de miel et est sous l'action des rayonnements ultraviolets [15]

d. Mutarotation

C'est un phénomène défini par l'évolution du pouvoir rotatoire des sucres du miel mis en solution, ils passant par des formes physiques divers ayant chacune un pouvoir rotatoire différent et n'atteignent que progressivement un équilibre stable.

Le glucose est parmi l'ensemble des composés glucidiques impliqués dans la structure du miel, il possède la stabilité la plus élevée, ce phénomène s'appelle la mutarotation [72].

III.4.3 Propriétés chimiques

III.4.3.1 Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le miel est acide : son pH varie de 3,2 à 5,5. Il est généralement inférieur à 4 dans le cas des miels de nectar, et supérieur à 5 pour ceux de miellat [73].

Cette acidité est due essentiellement à la présence des acides organiques, en particulier l'acide gluconique, ainsi que d'ions inorganiques [69].

Les miels à pH acide se dégradent plus facilement d'où la nécessité d'envisager un soin particulier pour leur conservation [67].

III.4.3.2 Hygroscopie

Le miel tend à absorber l'humidité de l'air et, si on le laisse trop longtemps dans une atmosphère humide, cette absorption peut être considérable. Un miel "normal", contenant 18% d'eau, peut atteindre, au bout de trois mois, une hygrométrie de 55% : son poids augmente alors de 84%. 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 [17]

III.4.3.3 Solubilité

Le miel est soluble dans l'eau et l'alcool dilué, mais insoluble dans l'alcool fort, l'éther, le chloroforme et le benzène [68].

III.4.4 Propriétés biologiques

III.4.4.1 Propriétés nutritionnelles

En raison de sa teneur élevée en glucides simples, le miel représente un aliment énergétique par excellence et assimilable par l'organisme. Il apporte pour l'organisme 3200 calories par kg de matière sèche [15]. Il favorise l'assimilation du calcium et l'absorption du magnésium qui sont des minéraux indispensables aux bons fonctionnements de l'organisme [30].

Le miel est composé principalement de sucres et d'eau, Les sucres dans le miel sont plus sucrés et donne plus d'énergie que les édulcorants artificielle, le sucre le plus abondant dans le miel est le fructose .En outre, il contient également plusieurs vitamines (comprennent l'acide ascorbique, l'acide pantothénique, la niacine, la riboflavine et y compris les vitamines du groupe



B), sels minéraux et oligoéléments. Les autres constituants du miel sont les acides aminés, des inhibiteurs riches en antibiotiques, des protéines, des phénols, des antioxydants et micronutriments. Ces substances ont une importance nutritionnelle et sanitaire [53].

De ce fait le miel :

-Satisfait les besoins énergétiques de l'organisme ;

-Facilite l'assimilation des aliments, d'où une meilleure digestion et un meilleur transit intestinal [74].

III.4.4.2 Propriétés anti oxydantes

Le stress oxydant, défini comme le déséquilibre entre la production de radicaux libres et le système de défense antioxydant. Les antioxydants jouent un rôle important dans la préservation de la santé humaine par désactivation et stabilisation des agents d'oxydations (espèces réactives oxygénées). En effet, l'agression de l'ADN cellulaire par les radicaux libres peut générer des cancers, des perturbations métaboliques, mais aussi accélérer le vieillissement tissulaire et cérébral [75].

Les miels sont riches en flavonoïdes. Ce sont des pigments présents dans les végétaux et qui constituent une protection contre les rayons ultraviolets et la photo oxydation. Ils sont aussi protecteurs vis-à-vis des radicaux libres [9].

III.4.4.3 Propriétés antibactériennes

Les propriétés antibiotiques du miel dépendant de plusieurs facteurs. D'une part le miel est une solution concentrée de sucre. Sa teneur en eau est comprise habituellement entre 15 et 18%. Le miel agit ainsi d'une manière osmotique et absorbe l'eau vitale des agents pathogènes. D'autre part, le miel présente la plupart du temps un pH peu élevé de 3-4. Les bactéries ne peuvent se multiplier dans un milieu acide. Certains miels cependant ont un pH nettement plus élevé compris entre 5 et 6 (miel de châtaignier et miel de miellat par ex.). Ceux-ci possèdent tout de même un effet antibactérien. En outre, les miels dilués possèdent également un effet anti-germinatif. Par conséquent, il doit y avoir encore d'autres substances antibactériennes en plus du taux de sucre élevé et du pH bas. Ces dernières années, plusieurs de ces substances, appelées inhibines, ont été identifiées [76].

Avec l'augmentation de la prévalence des bactéries résistantes aux antibiotiques, le miel est de plus en plus apprécié pour son activité antibactérienne. La puissante activité in vitro du miel, contre les bactéries résistantes aux antibiotiques et les résultats prometteurs obtenus lors de l'application du miel sur des plaies, ont attiré l'attention de nombreux chercheurs qui ont tenté de caractériser les pouvoirs bactéricide et bactériostatique du miel. Les composantes antibactériennes du miel et ses vertus curatives sont jusqu'ici mal connues. Six facteurs principaux sont impliqués dans ce pouvoir bactéricide [22].

Il a été clairement démontré que plusieurs mécanismes sont impliqués dans les propriétés antibactériennes du miel et agissent en synergie, notamment l'osmolarité, le pH acide, le système peroxyde d'hydrogène (inhibine) et la présence de facteurs phyto-chimiques, de défensine-1 et de méthylglyoxal [77].



III.4.5 Propriétés thérapeutiques

III.4.5.1 Activité cicatrisante

Des études réalisées sur un grand nombre de patients en France ont apporté des preuves quant à l'intérêt de l'utilisation du miel pour favoriser la cicatrisation. Son pouvoir de déterision et ses capacités à stimuler la formation du tissu de granulation permettent souvent une bonne cicatrisation [78].

Le miel est reconnu depuis longtemps comme favorisant la cicatrisation de plaies qu'elles soient profondes, étendues, nécrosées, surinfectées,etc. Les cellules (macrophages, fibroblastes ...) impliquées dans le processus de cicatrisation trouvent grâce à ces sucres une source d'énergie supplémentaire qui contribue à leur bon fonctionnement.

Lors de la dégradation du glucose(du miel) en présence d'eau et d'oxygène par la gluco-oxydase, il y'a formation d'acide gluconique et d'eau oxygénée. L'eau oxygénée formée a un rôle très important dans le processus de cicatrisation (c'est un très bon antiseptique), au contact des tissus et du sang, elle se décompose en eau et en oxygène, ce qui crée une « micro-effervescence » et un nettoyage mécanique de la plaie (détersion).

Le miel induit également la synthèse de collagène qui est optimale dans un environnement légèrement acide, il contribue aussi à l'hydratation de la plaie, en effet, il génère grâce à ses propriétés hygroscopiques, un milieu humide favorable à la première étape de la cicatrisation [18].

Il représente un traitement simple, globalement peu coûteux, sans risque, et dont l'éventuelle efficacité peut être rapidement évaluée sans péjorer d'aucune façon l'évolution de la cicatrisation [79].

III.4.5.2 Activité anti-inflammatoire

Lorsqu'une agression infectieuse (bactérie, virus, levures...), chimiques (antigènes, allergènes, ...), ou physique (traumatismes, corps étrangers, radiations...) se produit dans notre organisme, aussitôt une réaction de défense se met en place : c'est l'inflammation. Dans une étude menée en 2003 par AI-Waili, des patients souffrant de psoriasis et de dermatite atopique ont été traités grâce à une mixture composée en quantités égales de miel, de cire d'abeille et d'huile d'olive. Il a montré que le miel réduit les oedèmes, les exsudats ainsi que les douleurs engendrés par les lésions cutanées [9].

CHAPITRE IV
**ETUDE DES PARAMÈTRES PHYSICO-
CHIMIQUES DE MIEL**



Vue la situation exceptionnelle que traverse notre pays et la décision d'annuler la partie pratique, nous ne pouvions pas faire notre propre étude. Pour cela, nous avons choisi une étude similaire à celle-ci et la présenter comme un exemple avec des résultats réels. [80]

IV.1 MATERIELS ET METHODES

IV.1.1 Echantillons de miel [80]

Huit variétés de miel locales d'origine botanique inconnue ont été collectées chez des apiculteurs à l'Est algérien et deux variétés commerciales ont été utilisées (**tableau n°6**) dans ce travail de recherche. La collecte des échantillons de miel a été effectuée au cours l'été de l'année 2004.

Les variétés collectées sont conservées à la température de 4°C pour éviter une éventuelle altération.

Tableau 6 : Échantillons de miel utilisés

Echantillons	Localité
Les échantillons locaux	
E1	Bouteldja (El Taref)
E2	Annaba
E3	Bougous (El Taref)
E4	BenAzzouz (Skikda)
E5	Skikda
E6	Ain assel (El Taref)
E7	Soukahress
E8	Tebessa
Les échantillons commerciaux	
E9	Arabie Saudite
E10	Espagne

Les différents échantillons serviront pour toutes les analyses physico- chimiques et biochimiques. Ce travail de recherche a été effectué au niveau laboratoire de biochimie appliquée de département de biochimie, laboratoire de contrôle de qualité de la Wilaya d'Annaba et au niveau de laboratoire d'analyses et d'écologie apicole CETAM-LORRAINE en France.

IV.1.2 Analyse physico-chimiques du miel

On prend 5 paramètres de mesure pour les analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons de miel sont : La teneur en eau, Le pH, L'acidité libre, La conductivité électrique, La teneur en cendres.

1) Mesure de la teneur en eau [80]

Pour la mesure du taux d'humidité la méthode de Chataway ,1935 a été utilisée et dont le principe est basé sur la mesure de l'indice de réfraction à l'aide d'un réfractomètre. Cet indice est corrélé avec la teneur en eau. L'échantillon de miel est déposé sur le prisme du réfractomètre. Deux lectures sont effectuées à 20 °C et la moyenne permet de déterminer la teneur en eau par rapport à des standards (**tableau n°7**).



Chapitre IV : Etude des paramètres physico-chimiques de miel

Le coefficient de correction 0.00023 par degré Celsius. La correction est additive, si la mesure est faite au-dessus de 20°C, soustractive dans le contraire.

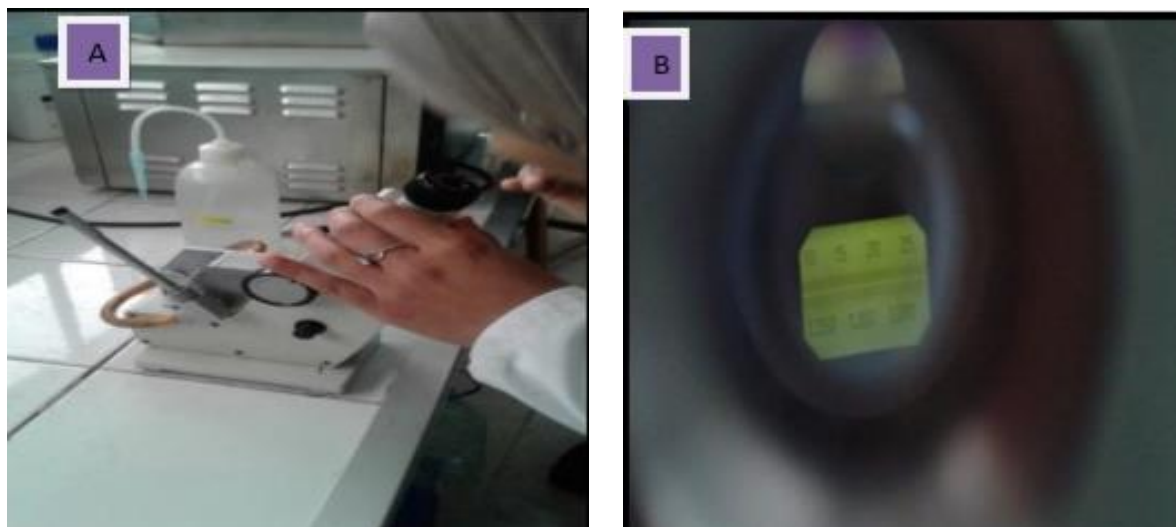


Figure 23 : Mesure de la teneur en eau.

Tableau 7 : Table de CHATAWAY, tableau de conversion entre l'indice de réfraction à 20°C et l'humidité.

Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau (%)	Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau (%)	Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau (%)
1.5044	13.0	1.4935	17.2	1.4835	21.2
1.5038	13.2	1.4930	17.4	1.4830	21.4
1.5033	13.4	1.4925	17.6	1.4825	21.6
1.5028	13.6	1.4920	17.8	1.4820	21.8
1.5023	13.8	1.4915	18.0	1.4815	22.0
1.5018	14.0	1.4910	18.2	1.4810	22.2
1.5012	14.2	1.4905	18,4	1.4805	22.4
1.5007	14.4	1.4900	18.6	1.4800	22.6
1.5002	14.6	1.4895	18.8	1,4795	22.8
1.4997	14.8	1.4890	19.0	1.4790	23.0
1.4992	15.0	1.4885	19.2	1.4785	23.2
1.4987	15,2	1.4880	19.4	1.4780	23.4
1.4982	15.4	1.4875	19.6	1.4775	23.6
1.4976	15.6	1.4870	19.8	1.4770	23.8
1.4971	15.8	1.4865	20.0	1.4765	24.0
1.4966	16.0	1.4860	20.2	1.4760	24.2
1.4961	16.2	1.4855	20.4	1.4755	24.4
1.4956	16.4	1.4850	20.6	1.4750	24.6
1.4951	16.6	1.4845	20.8	1.4745	24.8
1.4946	16.8	1.4840	21.0	1.4740	25.0
1.4940	17.0				



2) Mesure du pH [80]

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre sur une solution de miel à 10% calibré par des solutions standards.



Figure 24 : Mesure du pH à l'aide de pH mètre.

3) Mesure de l'acidité libre [80]

L'acidité libre est obtenue par la neutralisation de 25 ml de cette solution avec NaOH (0,05N).



Figure 25 : Mesure de l'acidité libre d'échantillon jusqu'à le point d'équilibre.

Mode de calcul :

$$\text{Acidité libre} = \frac{1000 \cdot V \cdot 0.05}{P}$$



P : Poids du miel

V : Volume de NaOH

4) Mesure de la conductivité électrique [80]

La mesure de la conductivité électrique de chaque échantillon de miel est effectuée à l'aide d'un conductimètre. La technique est basée sur la mesure de la résistance électrique à 20 °C qui est exprimée en milliSiemens par centimètre (mS.cm-1) selon le mode opératoire suivant : Une solution de miel de 20% est déposée dans le conductimètre et on lit la valeur à 20 °C



Figure 26 : Mesure de la conductivité électrique du miel

5) Mesure de la teneur en cendres [80]

La teneur en cendres est basée sur l'incinération du miel dans un four. 5 à 10 g de miel sont additionnées de quelques gouttes d'huile d'olive et l'ensemble est chauffé à 600°C pendant une heure. La formule suivante permet de calculer la teneur en cendres

Mode de calcul :

$$W_A = \frac{P_1 - P_2}{P_0} 100$$

W_A : Teneur en cendres

P_1 : Poids du plat de cendres plus les cendres



P_2 : Poids de plat de cendres

P_0 : Poids de miel

IV.2 RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus figurent dans le tableau n°8 [80].

Tableau 8 : Paramètres physico-chimiques de chaque échantillon de miel

Paramètre Echantillon	Humidité (%)	pH	Acidité libre (meq/kg)	Cendre (%)	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)
E1	15.21 ± 0.685	3.333 ± 0.351	29.9 ± 1.00	$0,37 \pm 0.036$	349 ± 5.13
E2	16.633 ± 0.349	4.027 ± 0.006	44.884 ± 2.517	$0,44 \pm 0.095$	499.5 ± 1.5
E3	16.18 ± 0.161	3.476 ± 0.334	28.023 ± 2.00	$0,233 \pm 0.030$	269.33 ± 1.15
E4	17.177 ± 0.264	3.816 ± 0.025	27.02 ± 2.00	$0,283 \pm 0.015$	312.67 ± 1.15
E5	17.14 ± 0.140	3.503 ± 0.055	33.3 ± 3.00	$0,263 \pm 0.032$	286 ± 2.00
E6	16.243 ± 0.084	4.34 ± 0.274	40.0 ± 2.50	$0,11 \pm 0.01$	147.97 ± 0.55
E7	15.043 ± 1.092	4.2 ± 0.396	31.68 ± 1.756	$0,213 \pm 0.020$	266.67 ± 9.02
E8	15.633 ± 1.041	4.096 ± 0.215	42.033 ± 2.033	$0,363 \pm 0.028$	307 ± 23.07
E9	16.07 ± 0.113	3.846 ± 0.064	27.5 ± 2.5	$0,234 \pm 0.173$	328.83 ± 3.69
E10	18.09 ± 0.131	4.053 ± 0.055	35.3 ± 3.30	$0,019 \pm 0.001$	67.83 ± 2.57

1) Détermination de la teneur en eau [80]

La détermination de la teneur en eau dans les variétés de miel étudiées est importante pour la qualité du miel. Elle nous a permis de connaître les conditions de stockage, la fermentation de miel le climat et les conditions d'extraction et de stockage de miel.

L'examen des résultats montre que la teneur en eau dans tous les échantillons varie entre 15,043% pour la variété de Soukahras (E7) à 18,09% pour la variété de l'Espagne (E10). Ces valeurs cadrent les normes qui sont respectivement inférieures à 21% pour Les miels de nectar et 23% pour le miel de bruyère (Calluna) et de miel de trèfle (Trifolium) [52]. Les résultats obtenus montrent que toutes les variétés de miel étudiées contiennent un taux d'humidité inférieur à 18% comparativement à la variété de miel d'Espagne.

2) Détermination du pH et l'acidité libre [80]

La mesure du pH et l'acidité pour toutes les variétés de miel étudiées sont aussi importants pour connaître le type de miel. Le pH et l'acidité libre vont influencer la stabilité du miel et ses conditions de conservation. Ils nous donnent également des informations sur son origine géographique ou botanique.

L'examen des résultats montre que Le pH mesuré varie entre 3,33 à 4,34



Les valeurs obtenues sont acides et cela rentre dans les normes internationales et qui sont situées entre pH 3.5 et 4.5 [64] à part les deux variétés de Bougouss (E3) et la variété de Bouteldja (E1) qui sont inférieure.

Les valeurs de pH de miel diffèrent selon le type de nectar (par exemple le miel de nectar de trèfle est plus acide que les autres miels).

3) Détermination de la conductivité électrique [80]

La détermination de la conductivité électrique et le contenu des cendres dans les variétés de miel nous a permis de connaître l'origine de miel et le contenu minéral de nectar [9,10]. L'examen des résultats montre que la conductivité électrique des échantillons varie entre 67,83 et 499,5 $\mu\text{s/cm}$. L'échantillon de l'Espagne possède une valeur plus faible (67,83 $\mu\text{s/cm}$) par rapport à les autres variétés de miel. Toutes fois les valeurs obtenues cadrent les normes internationales et qui sont $\leq 08\text{ms/cm}$ pour les miels de nectar et $\geq 0.8 \text{ ms/cm}$ pour le miel de miellat [52]

4) Détermination de la teneur en cendres [80]

La teneur en cendres est un critère de qualité qui dépend de l'origine botanique du miel. La teneur en matière minérale est un critère utilisé dans les normes internationales.

La matière minérale dans les variétés étudiées varie entre 0,019%-0,44%. La comparaison de nos échantillons par rapport aux variétés importées montre que la variété d'Espagne présente un taux le plus faible. Tous les résultats obtenus cadrent les normes internationales qui sont inférieure à 0,6% pour le miel de nectar. Cependant, La limite établie est de 0,6% pour le miel de nectar et 1% pour le miel de miellé ou mixte [52].

CONCLUSION GENERALE



Conclusion générale

Le miel est apprécié partout comme un aliment sucré et savoureux, utilisé depuis toujours par les hommes, il est considéré comme une partie importante de la médecine traditionnelle

C'est un composé biologique très complexe, il est constitué d'hydrates de carbone, d'eau et de divers éléments (composés phénoliques, acides organiques, protéines et acides aminés, lipides, sels minéraux et oligoéléments, enzymes, pigments et vitamines). Ce mélange peut lui conférer une multitude de propriétés, aussi bien sur le plan nutritionnel que sur le plan thérapeutique.

Le passage obligatoire par l'expertise et le contrôle de la qualité est nécessaire pour la mise en marché du miel afin d'obtenir le certificat de conformité aux normes du Codex. L'Algérie possède une diversité végétale très importante et des conditions climatiques favorables à la production du miel, mais on assiste à l'absence du contrôle de la qualité et de la maîtrise du marché du miel.

Les principaux paramètres étudiés sont ceux physico chimiques (La teneur en eau, pH, l'acidité libre de la conductivité électrique et enfin la teneur en cendres) [80], ces caractéristiques sont plus fréquemment utilisées comme meilleurs indicateurs de la qualité et stabilité du miel, et ayant une grande influence sur ses propriétés organoleptiques.

Cette étude permet de vérifier la qualité du miel qu'il commercialise ou qu'il partage avec son entourage.

BIBLIOGRAPHIE



- [1] **GOUT, Jacques.** *250 réponses aux questions d'un ami des abeilles.* Le gerfaut, 2008, 215 p. ISBN: 2351910435, 9782351910436
- [2] **White J.W.** *Composition of Honey*, Ed. Crane Honey: A Comprehensive Survey. Heinemann. London. 1979. pp 157–158.
- [3] **MEZHOUD, Ikhlef.** *Analyse physico-chimique et étude de l'adultération de miels de la région de Béjaïa.* Mémoire de Master : Université A. MIRA, Béjaïa, 2013, 47p.
- [4] **BAKCHICHE, B., HABATI, M., BENMEBAREK, A., GHERIB, A.** *Caractéristiques physico-chimiques, concentrations en composés phénoliques et pouvoir antioxydant de quatre variétés de miels locaux (Algérie).* Rev. Mar. Sci. Agron. Vét, 2018, vol.6, n°1, p. 118-123.
- [5] **Codex Alimentarius.** *Revised codex standard for honey.* Codex standard 12-1981, Revue, 1(1987) . 2, 2001, p.1-7.
- [6] **KOECHLER, Sarah.** *Le miel dans la cicatrisation des plaies : Un nouveau médicament ?* Thèse de Doctorat en Pharmacie : Université de Lorraine. 2015,.114p.
- [7] **ROMANO, Barbara.** *"L'école à la ferme" : Le chemin du miel.* Développement de l'agriculture et de l'espace rural (AGRIDEA Lausanne) Jordils 1 / CP 128 - CH-1000 Lausanne 6, 2009, 23p.
- [8] **ALTMAN, Nathaniel.** *The honey prescription: the amazing power of honey as medicine.* Healing Arts Press: division of Inner traditions international. Vermont. 2010, 256p. ISBN : 978-1-59477-346-4.
- [9] **HOYET, Clémence.** *Le miel : de la source à la thérapeutique.* Thèse de Doctorat en Pharmacie : Université Henri Poincaré - Nancy 1, 2005,. 96p.
- [10] **BONTE, Frédéric., DESMOULIERE, Alexis.** *Le miel : Origine et Composition.* Actualités Pharmaceutiques, vol.52, n° 531, France : Elsevier Masson SAS, 2013, p.18–21.
- [11] **UNAF.** *L'abeille, l'arbre et la forêt. Abeilles et Fleurs*, hors-série Spécial, 2011. pp.6-7
- [12] **AMRI, Assia.** *Contribution à l'étude approfondie de Quelques miels produits en Algérie : Aspect physico-chimique et botanique.* Thèse de Doctorat, Faculté des sciences : Université Baji Mokhtar, Annaba, 170p.
- [13] **AMRI, Assia.** *Évaluation physico-chimique et détermination De l'origine botanique de quelques variétés de miel produites à l'Est d'Algérie.* Thèse de Doctorat, Faculté des sciences : Université Badji Mokhtar, Annaba. 2006,.123p.
- [14] **BALLOT-FLURIN, Catherine.** *Les bienfaits de l'apithérapie.* Groupe Eyrolles, Tirage n° 36268 61, bd Saint Germain 75240 Paris Cedex 05, 2010, 157p. ISBN : 978-2-212-54522-7
- [15] **NAIR, Samira.** *Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels Algériens*, Thèse de Doctorat en Biologie, Faculté des sciences de la nature et de la vie : Université d'Oran, 2014, 202p.
- [16] **BOGDANOV, S., RUOFF, K., & PERSANO ODDO, L.** *Physico-chemical methods for the characterization of unifloral honeys.* A review. Apidologie, 35, 2004, p.4–17.



- [17] **HUCHET E., COUSTEL J., GUINOT L.** *Les constituants chimiques du miel. Méthode d'analyse chimique.* Département de science et l'aliment. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. France, 1996. Disponible sur : <https://www.apiservices.biz/fr/articles/326-les-constituants-chimiques-du-miel> Consulté le (05/03/2020)
- [18] **BONTE, Frédéric, ROSSANT, Alexandra, ARCHAMBAULT, Jean Christophe, DESMOULIERE Alexis.** *Miels et plantes : de la thérapeutique à la cosmétique.* La phytothérapie européenne, n°63, France, 2011, 28p.
- [19] **DOMEREGO, Roch., IMBERT, Gaëlle., BLANCHARD, Christian.** *Remèdes de la ruche : découvrez tous les bienfaits santé des produits de la ruche !.* Alpen Editions s.a.m, 2006, 95 p.
- [20] **RONALD s. Jackson.** *Advanced in food nutrition research*, volume 63: speciality wines. Academic press, 2011, p.104 – 105. ISBN : 978- 0-12-384927-4. ISSN : 1043- 4526
- [21] **PERRIN, Nadia., CAHE Patrice** *Conduire ses ruches*, Educagri Editions, Dijon, 2009, 158 p. ISBN : 978-2-84444-747-0
- [22] **HOMRANI, Mounia.** *Caractérisation physico-chimique, spectre pollinique et propriétés biologiques de miels algériens crus de différentes origines florales.* Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem : Sciences de la Nature et de la Vie, 2020, 231p.
- [23] **OUCHEMOUKH, Salim., Schweitzer, Paul., BEY, Mostapha Bachir., DJOUDAD-KADJI, Hafsa., LOUAILECHE Hayette.** *HPLC sugar profiles of Algerian honeys.* Food chemistry, Vol.121, n°2, 2010, p.561-568.
- [24] **ACHOURI, Mohamed Yacine., SELKAA, Mohammed Adil., CHENAFAA, Amel., et al.** *Teneur en 5-hydroxyméthylfurfural (HMF) dans les miels du Nord-Ouest de l'Algérie.* Toxicologie analytique et clinique, n°31, 2019, p.100-105.
- [25] **APIMONDIA.** *La médecine par les abeilles : traité d'apithérapie* [CD-ROM]. Apimondia Standing Commission of Apitherapy, 2001.
- [26] **ROSSANT, Alexandra.** *'Le miel : Un composé complexe aux propriétés surprenantes'*. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de limoges. 2011, 133 p.
- [27] **BLANC, Mickaël.** *Propriétés et usage médical des produits de la ruche.* Thèse de Doctorat en Pharmacie, Faculté de Médecine et de Pharmacie : Université de Limoges, 2010, 142 p.
- [28] **PATERSON, Peter David.** *L'apiculture.* Editions Quae, France, 2008, 158 p. ISBN : 978-2-7592-0079-5.
- [29] **MUTSAERS, Marieke., BLITTERSWIJK, Henk van., LEVEN, Leen van't., KERKVLIT, Jaap., WAERDT, Jan van de.** *Produits de l'apiculture : propriétés, transformation et commercialisation.* Agromisa Foundation, 2005, 101 p. ISBN : 92-9081-306-7
- [30] **MEDA, A. LAMIEN, C.E. ROMITO, M. MILLOGO, J. et al.** *Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity.* Food chemistry, Vol.91 issue 3, 2005, p. 571- 577. ISSN: 0308-8146.



- [31] **STANWAY, Penny.** *The Miracle of Honey - Practical Tips for Health, Home & Beauty.* Watkins Publishing LTD, 2013, 144 p. ISBN: 1780285000.
- [32] **BOUSETA, Amina., COLLIN, Sonia., DUFOUR, Jean-Pierre.** "Characteristic aroma profiles of unifloral honeys obtained with a dynamic headspace GC-MS system"; *Journal of Apicultural Research* ; 31(2) ; 1992 ; p. 96-109.
- [33] **Donadieu Y, (1984).** et Gonnet, (1982). *Pollen thérapeutique naturelles.* 5^{ème} Ed Maloine S. A. Paris. 3 1
- [34] **GONNET Michel.** "Miels : couleurs, odeurs, arômes ; il en existe pour tous les goûts"; *L'abeille de France* ; 769 ; 1992 ; p.119-123.
- [35] **BOUKRAË, Laïd.** *Honey in Traditional and Modern Medicine* .CRC Press, 2010, p.26 - 32. ISBN : 978-1-4398-4016-0.
- [36] **GONNET, Michel.** *Le miel, composition, propriétés et conservation.* 2^{ème} éd., Échauffour : OPIDA, 1982, France, 1982, 31 p.
- [37] **AMIOT, M J. AUBERT, S. GONNET, M. TACCHINI, M.** *Les composés phénoliques des miels : étude préliminaire sur l'identification et la quantification par familles.* *Apidologie*, Springer Verlag, 20 (2), 1989, pp.115-125. hal-00890768f
- [38] **BOGDANOV, Stefan.** *The honey book.* Chapter 5, Honey composition. *Bee Product Science*, 2011, p.1-10.
- [39] **LAKERMI, Hiba.** *Propriétés Physico-chimiques de Quelques Échantillons de Miels Produits dans la Région de Tlemcen.* Mémoire de Master en chimie : Université Abou-bekr Belkaid – Tlemcen, 2018, 34 p.
- [40] **HENRI, Clément.** *Les bons gestes de l'apiculteur : Tout le savoir-faire apicole en photos-gestes,* Rustica, 96 p.
- [41] **OUJDET, Kahina.** *Le miel Une Denrée à Promouvoir.* Fiche : Etudes et Enquêtes, Infos-CACQE, 2012, 3 p.
- [42] **GONNET, m., VACHE, g.** *Le goût de miel.* Ed. UNAF, paris. 1985. P : 150.
- [43] **BOUCIF, Ouarda El Wahida.** *Etude comparative de la diversité floristique de trois stations de Remchi (Wilaya de Tlemcen) et estimation de la qualité du miel récolté.* Mémoire de Master en écologie et environnement, 2017, 57 p.
- [44] **BENKHADDRA, Hasna., GHADBANE, Radia.** *Les paramètres physicochimiques du miel et l'effet de l'humidité sur le développement des micro-organismes.* Mémoire de Master en biologie : Université Mohamed El Bachir El-Ibrahimi –Bordj Bou Arreridj, 2014, 38 p.
- [45] **POLUS, P.** *Récolte et conditionnement du miel.* l'Abeille de France, Apiservices, SNA (Syndicat National de d'Apiculture), 2007.
- [46] **CARTEL, Bruno.** *Fleurs de juin pour le miel nouveau.* l'Abeille de France, Apiservices, SNA (Syndicat National de d'Apiculture), 2009.
- [47] **PASCAL, Charles.** *Indigne des Abeilles !* Lulu, 2016, 50 p. ISBN : 1326586602, 9781326586607



- [48] **BOGDANOV, Stefan.** *Stockage, cristallisation et liquéfaction du miel.* Centre suisse de recherches apicoles. 1999, p. 1-5.
- [49] **BOUZID Ouzna.** *Contribution à l'analyse physicochimique de quelques types de miels de la Wilaya de Tizi-Ouzou,* Mémoire de Master en Sciences Agronomiques : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2016, 69 p.
- [50] **FOURNIER, Robert.** *ABC de l'Apithérapie : se soigner grâce aux abeilles.* Editions Grancher. Paris, 2009, 140 p.
- [51] **Institut de l'abeille.** *Que faut-il écrire sur l'étiquette d'un pot de miel, de pollen ou de gelée royale ?* [en ligne]. Disponible sur : <https://itsap.asso.fr/> Dernière mise à jour 17/09/2015-17:09:51 (Consulté le 10/02/2020)
- [52] **BOGDANOV, S.** *Honey quality and international regulatory standards: review by the International Honey commission.* Bee-World. 80(2), 1999, p 61-69.
- [53] **SABRI, Yousra.** *Le miel : Screening phytochimique, bienfaits nutritionnels et thérapeutiques.* Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine et de Pharmacie : Université Mohammed v, Rabat, 2018, 162 p.
- [54] **CARTEL, Bruno.** *Les dents de l'hiver.* [en ligne]. In : Apiservices, Abeille de France, 2003. Site disponible sur : <https://www.apiservices.biz/fr/articles/classes-par-popularite/328-les-dents-de-l-hiver-2003> (page consultée le 19/03/2020)
- [55] **KAST, Christina., RITTER, Ruedi.** *Comment maitriser la teneur en eau du miel ?* Revue Suisse d'Apiculture, N° 8 /2014, p. 24-27.
- [56] **BECKER., SCHWEITZER, Paul.** *Fermentation des miels : intérêt du dosage du glycérol (glycérine)* [en ligne]. In : Apiservices, Abeille de France, 2000. Site disponible sur : <https://www.apiservices.biz/fr/articles/259-fermentation-des-miels-interet-du-dosage-du-glycerol-glycerine> (page consultée le 05/04/2020)
- [57] **SCHWEITZER, Paul.** *Pouvez-vous me faire une analyse pour savoir si ce miel est un miel de qualité ?* [En ligne]. In : Apiservices, Abeille de France, 2004. Site disponible sur : <https://www.apiservices.biz/fr/articles/classes-par-popularite/387-pouvez-vous-me-faire-une-analyse-pour-savoir-si-2004> (page consultée le 28/04/2020).
- [58] **ROZIER, François., PARMENTIER., Institut de France.** *Nouveau cours complet d'agriculture théorique et pratique.* Deterville, Paris, 2011, 590 p.
- [59] **Apiculture, L'univers du miel.** *Les trésors de la ruche : la composition du miel.* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.apiculture.net/blog/la-composition-du-miel-n93> (Consulté le 01/06/2020).
- [60] **Bogdanov, S. (2006).** *Contaminants of bee products.* Apidologie 37, INRA/DIB-AGIB/EDP Sciences, PP : 1–18.
- [61] **MAGALON, Guy.** *Guide des plaies : du pansement à la chirurgie.* John Libbey Eurotext, 2003, 253 p. ISBN : 2742003789, 9782742003785
- [62] **SHUEL, R W.** *L'influence des facteurs externes sur la production du nectar.* Les Annales de l'Abeille, INRA Editions, 1964, 7 (1), pp.5-12. hal-00890185.



- [63] **BRUNEAU, E.** *Pratiques apicoles et climat*, Actu-API, Ed resp : / CARI / Place Croix du Sud 1 / 1348 Louvain-la-Neuve, N° 73, 2018, 8 p.
- [64] **LEQUET, Laudine.** *Du Nectar Au Miel de Qualité : Contrôle Analytique Du Miel et Conseils Pratiques à l'Intention de l'Apiculteur Amateur*. Thèse de Doctorat Vétérinaire. Université Claude-Bernard Lyon I, France, 2010. 194p.
- [65] **MAHOUACHI, M.** *Etude de faisabilité de la mise en place de signes distinctifs de la qualité et/ou d'origine pour le miel tunisien*, Ministère de l'agriculture et des ressources hydrauliques Tunisie, 2008, p. 49-50.
- [66] **GUERZOU, Mohamed Nabil., NADJI, Noureddine.** *Etude comparative entre les miels locaux et les miels importés*. Mémoire en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agropastoralisme. Université Zyan Achour, Djelfa, 2009, p.25-26.
- [67] **CHOUIA, Amel.** *Analyses polliniques et caractérisations des composés phénoliques du miel naturel de la région d'Ain zaâtout*. Mémoire de Magistère, Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie : Université Mohamed Khider, Biskra, 2014, 62p.
- [68] **TAMEHMACHTE, Amine.** *Caractérisation physico-chimique et Microbiologique du Miel de la région Fès-Meknès*. Mémoire de Licence, Faculté des sciences et techniques de Fes : Université sidi Mohamed Ben Abdellah, 2019, 29 p.
- [69] **OUCHEMOUKH, Salim., LOUAILECHE, Hayette., SCHWEITZER, Paul.** *Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys*. Food control, 2007, Vol.18, n°1, p. 52-58.
- [70] **TERRAB, Anass., RECAMALES, Angeles F., HERNANZ, Dolores., HEREDIA, Francisco J.** *Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents*. Food Chemistry, Elsevier Ltd, 88, 2004, p 537–542. doi:10.1016/j.foodchem.2004.01.068
- [71] **NANDA V., SARKAR B.C., SHARMA H.K., BAWA A.S.** *Physicochemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plant in Northern India*. Journal of Food Composition and Analysis, vol.16, 2003, p. 613-619.
- [72] **HAMOUMANE, Hayet., ACHITE, Aicha.** *Analyses physico-chimiques et activité antibactérienne de quelques échantillons du miel Algérien*. Mémoire de Master, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre : Université de Djilali Bounaama de Khemis Miliana, 2018, 66p.
- [73] **MARCET, Marion.** *La cicatrisation des brûlures par le miel*. Thèse de Doctorat en pharmacie .U.F.R Des sciences pharmaceutiques. 2017, p.75-98.
- [74] **ATMANI, Safia. DJERMOUNI, Meriem.** *Teneur-en-polyphenols-et-activite-antimicrobienne-de-quelques-miels-de-la-region-de-bejaia*. Mémoire de Master, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie : Université Abderrahmane MIRA de Bejaia, 2016, 48 p.
- [75] **AMES, Bruce N., SHIGENAGA, Mark K., HAGEN, Tory M.** *Oxidants, antioxidants and the degenerative disease of aging*. Proceeding of The National Academy of Sciences, Vol. 90, 1993, pp. 7915-7922.



[76] **BOGDANOV, Stefan., BLUMER, Pascale.** *Propriétés antibiotiques naturelles du miel.* Centre suisse de recherches apicoles, station fédérale de recherches laitières, CH-3003 Berne, 2001, p. 1-8.

[77] **COUQUET Yves. DESMOULIÈRE, Alexis. RIGAL, Marie-Laure.** *Les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel.* Actualités Pharmaceutiques, vol.52, n° 531, France : Elsevier Masson SAS, 2013, p. 22-25.

[78] **DESMOULIERE, Alexis.** *Le miel, de remarquables propriétés cicatrisantes.* Actualités Pharmaceutiques, vol.52, n° 531, France : Elsevier Masson SAS, 2013, p.17.

[79] **BARITAUD, Sandrine. DESMOULIÈRE, Alexis. DURAND-FONTANIER, Sylvaine. MARTIN, Carine. PESTEIL, Francis. SPARSA, Agnès.** *Les principales plaies susceptibles d'être traitées par le miel.* Actualités Pharmaceutiques, vol.52, n° 531, France : Elsevier Masson SAS, 2013, p. 32-35.

[80] **AMRI, Assia., LADJAMA, Ali., TAHAR, Ali.** *Etude de quelques miels produits à l'est Algérien : Aspect physico-chimique et biochimique.* Revue Synthèse N° 17, 2007, p.57-63.

Résumé :

Le miel est le fruit de la rencontre entre les végétaux et les abeilles, sa fabrication demande plusieurs étapes : la récolte, l'extraction... qui influent sur sa composition chimique finale. En effet, la composition qualitative du miel est soumise à de nombreux facteurs très variables qu'il est impossible de maîtriser tels que : la nature de la flore visitée et celle du sol, les conditions météorologiques lors de la miellée (pression, ensoleillement, humidité), l'état physiologique de la colonie, l'environnement (agricole, routier).

C'est un produit très complexe et périssable qui subit au cours du temps un certain nombre de modifications (cristallisation, fermentation) aboutissant à la perte de ses qualités essentielles. Cet aliment riche en énergie aura des propriétés physicochimiques que nous pouvons le savoir par des méthodes analytiques afin de constater sa qualité, il est cependant intéressant de l'utiliser pour ses vertus antibactériennes, anti-inflammatoires, anti-oxydantes..., il aide aussi à la cicatrisation des plaies, c'est un produit exceptionnel de la nature.

Vue la situation exceptionnelle de Covid 19 que traverse notre pays et la décision d'annuler la partie pratique, nous ne pouvions pas faire notre propre étude. Pour cela, nous avons choisi une étude similaire à celle-ci et la présenter comme un exemple avec des résultats réels.

Mots clés : miel, propriétés physico-chimiques, qualité,

Abstract:

Honey is the fruit of the encounter between plants and bees, its manufacture requires several steps: harvesting, extraction ... which influence its final chemical composition. Indeed, the qualitative composition of honey is subject to many very variable factors that it is impossible to control such as: the nature of the flora visited and that of the soil, the meteorological conditions during the honey flow (pressure, sunshine, humidity), the physiological state of the colony, the environment (agricultural, road).

It is a very complex and perishable product that undergoes a number of changes over time (crystallization, fermentation) resulting in the loss of its essential qualities. This energy-rich food will have physicochemical properties that we can know by analytical methods in order to observe its quality, it is however interesting to use it for its antibacterial, anti-inflammatory, anti-oxidant virtues, it also helps to wound healing, it is an exceptional product of nature.

Given the exceptional situation of Covid 19 in our country is going through and the decision to cancel the practical part, we could not do our own study. For this, we have chosen a study similar to this one and present it as an example with real results.

Key words: honey, physicochemical properties, quality.

ملخص:

العسل هو ثمرة اللقاء بين النباتات والنحل، يتطلب تصنيعه عدة خطوات: الحصاد، الاستخراج... التي تؤثر على التركيبة الكيميائية النهائية له. في الواقع، تخضع التركيبة النوعية للعسل للعديد من العوامل المتغيرة للغاية التي يصعب التحكم فيها

مثل: طبيعة النباتات التي تمت زيارتها وطبيعة التربة، والظروف الجوية أثناء تدفق العسل (الضغط، أشعة الشمس، الرطوبة)، الحالة الفسيولوجية للمستعمرة، البيئة (الزراعة، الطرق).

إنه منتج شديد التعقيد وقابل للتلف يخضع لعدد معين من التغييرات بمرور الوقت (التبلور والتخمير) مما يؤدي إلى فقدان صفاته الأساسية. هذا الطعام الغني بالطاقة له خصائص فيزيوكيميائية يمكننا معرفتها بالطرق التحليلية من أجل مراقبة جودته، ومع ذلك فمن المثير للاهتمام استخدامه لخصائصه المضادة للبكتيريا والالتهابات ومضادات الأكسدة، كما أنه يساعد على التئام الجروح، انه منتج استثنائي للطبيعة.

نظرًا للوضع الاستثنائي لكوفيد 19 الذي يمر به بلدنا وقرار إلغاء الجانب التطبيقي، لم نتمكن من إجراء دراستنا الخاصة. لهذا اخترنا دراسة مشابهة لهذه الدراسة وقدمناها كمثال بنتائج حقيقية.

كلمات المفتاح: عسل، الخصائص الفيزيوكيميائية، النوعية.