

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université A. MIRA - Béjaïa -
Faculté des Sciences Exactes
Département de Chimie

Mémoire de Master

Présenté par :

Mr. MEZHOUD Ikhlef

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie
Spécialité : **Analyse**

Thème

**Analyse physico-chimique et étude de
l'adultération de miels de la région de Béjaïa**

Soutenu le : 19/09/2013

Membres du jury :

Mme L.AIT BRAHAM	Maître de Conférences (U.A.M.B)	Présidente
Mme H. LOUAILECHE	Professeur	Examinatrice
Mr A.H. BOUKEROUI	Maître de Conférences (U.A.M.B)	Examineur
Mr M.BOUROUINA	Maître de Conférences (U.A.M.B)	Promoteur

2012-2013

Remerciements

Je remercie Dieu Tout Puissant de nous avoir donné la patience et le courage pour réaliser cette étude.

J'adresse mes sincères remerciements à tout le personnel de laboratoire de chimie de m'avoir accueilli et aider, et pour toutes les conditions et matériel mis à ma disposition afin de réaliser ce modeste travail.

Je n'oublie pas d'accorder un grand merci à toutes les personnes qui ont attribué à la recherche des échantillons du miel de différentes régions de Bejaia

*Je tien à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon promoteur **Mr BOUROUINA M** d'avoir accepté de m'encadrer et de suivre ce travail.*

Un grand merci à nos enseignants du Département de Chimie.

Enfin mes remerciements s'adressent aussi à

Tous ceux qui ont contribué de près ou

de loin à la réalisation de ce travail.

Je dédie ce travail à mes chers parents, à mes frères et sœurs, à mes amis et à toute la famille

Sommaire

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des annexes

Liste des abréviations

Introduction 1

Partie théorique

Chapitre 1. Elaboration du miel 3

1.1. A partir du nectar..... 3

1.1.1. Définition 3

1.1.2. Composition du nectar 3

1.1.3. Collecte du nectar par l'abeille..... 4

1.2. A Partir du miellat 5

1.2.1. Définition 5

1.2.2. Composition du miellat 5

1.2.3. La récolte du miellat par l'abeille 5

1.3. Les différents facteurs de la production mellifère..... 6

1.4. La transformation du nectar en miel..... 6

1.5. La récolte du miel..... 7

1.5.1. Désoperculation..... 7

1.5.2. L'extraction 8

1.5.3. Filtration 8

1.5.4. *La maturation de miel* 8

1.5.5. Conditionnement 8

Chapitre 2. Le miel 9

2.1. Définition 9

2.2. Les type de miel 9

2.3. Composition 10

2.3.1. L'eau..... 10

2.3.2. Les glucides 11

2.3.3. Les acides organiques..... 11

2.3.4. Matière azotée 11

2.3.5. hydroxy-2-méthylfurfural (HMF) 11

2.3.6. Les sels minéraux 12

2.3.7. Les protéines 12

2.3.8. Les enzymes 13

2.3.9. Composés phénolique 13

2.3.10. Les lipides	13
2.3.11. Les vitamines.....	14
2.3.12. Substances aromatiques.....	14
2.3.13. Divers	14
2.4. Propriétés physico-chimique du miel	15
2.4.1. Densité.....	15
2.4.2. Acidité	15
2.4.3. Conductivité électrique	15
2.4.4. PH.....	15
2.4.5. Turbidité.....	16
2.4.6. Indice de réfraction.....	16
2.4.7. Viscosité	16
2.4.8. Cristallisation	16
2.4.9. Pouvoirrotatoire.....	17
2.4.10. Coloration.....	17
2.4.11. L'hygroscopie du miel	17
2.4.12. Consistance.....	18
2.4.13. Saveur.....	18
2.4.14. Solubilité	18
2.5. Propriété biologique	18
2.5.1. Propriétés nutritives.....	18
2.5.2. Propriétés thérapeutiques	18
2.5.3. Propriétés antioxydants	19
2.5.4. Propriétés antimicrobiennes	20
2.6. Principales transformations physiques et chimiques du miel	20
2.6.1. <i>La cristallisation</i>	20
2.6.2. <i>La fermentation</i>	21
2.7. Qualité du miel	21
2.7.1. Critères de qualité	22
2.7.2. Préservation de la qualité du miel	22
<u>Chapitre 3. Fraudes par contamination, non conformité et adultération</u>	24
3.1. Fraude par contamination involontaire	24
3.1.1. Contamination environnementale	24
3.1.1.1. Les pesticides	24
3.1.1.2. Les métaux lourds	24
3.1.1.3. Substances organiques.....	25
3.2. Fraudes par non-conformité	26
3.3. Fraudes par adultération	26
3.3.1. Définition de l'adultération	26
3.3.2. Types de fraudes par Adultération	26
3.3.3. Détection de l'adultération	26

Partie Expérimentale

<u>Chapitre 1. Matériels et méthodes</u>	28
1.1. Détermination de la teneur en eau	28
1.2. Détermination de la conductivité électrique.....	28
1.3. Détermination de pH	29
1.4. Détermination de la densité	29
1.5. Détermination de la couleur	29
1.6. Dosage du HMF	29
1.7. La proline	30
1.8. Dosage des composés phénoliques	30
1.9. Acidité	30
1.10. Glucose	31
1.11. Dosage des Glucides	32
1.12. Taux de cendres.....	33
1.13. Les protéines	33
<u>Chapitre 2. Résultats et discussion</u>	35
2.1. Analyse physico-chimique	35
2.1.1. Humidité	35
2.1.2. Conductivité électrique	36
2.1.3. pH et acidité	36
2.1.3.1. Le pH	37
2.1.3.2. L'acidité	37
2.1.4. La densité	38
2.1.5. La couleur	38
2.1.6. La proline	39
2.1.7. Les protéines	40
2.1.8. Les composés phénoliques	41
2.1.9. hydroxy-2-méthylfurfural (HMF)	42
2.1.10. Les sucres	42
2.1.10.1. Les sucres réducteurs et réducteurs totaux	43
2.1.10.2. Le saccharose	43
2.1.10.3. Le glucose	44
<u>Conclusion</u>	45
<u>Bibliographie</u>	48
<u>Annexe</u>	

Liste des tableaux

Tableau 1. Facteurs de la production mellifère.....	6
Tableau 2: Principaux sels minéraux et oligo-éléments présents dans le miel.....	12
Tableau 3. Teneur en vitamine du miel.....	14
Tableau 4. Propriétés et indications thérapeutiques attribuées aux principaux miels.....	19
Tableau 5: origine des miels analysés.....	28
Tableau 6. Préparation de la gamme étalon des protéines.....	34
Tableau 7. Teneur en eau des échantillons du miel.....	35
Tableau 8. Conductivité électrique des échantillons du miel.....	36
Tableau 9. Valeurs de pH et d'acidité des échantillons du miel.....	38
Tableau 10. Densité des échantillons analysés.....	38
Tableau 11. Couleur des échantillons du miel.....	39
Tableau 12. Taux de proline des échantillons du miel.....	40
Tableau 13. Taux de protéines des échantillons du miel.....	41
Tableau 14. Le Taux des composés phénoliques des échantillons du miel.....	41
Tableau 15. Taux d'HMF des échantillons du miel.....	42
Tableau 16. Taux de sucres réducteurs, réducteurs totaux et de saccharose.....	43
Tableau 17. Taux de glucose des échantillons du miel.....	44
Tableau 18. Conclusion final des analyses	47

Liste des figures

Figure 1. Abeille butineuse de fleur.....	4
Figure 2. Schéma de l'anatomie du tube digestif de l'abeille.....	5
Figure 3. Cadre de miel operculé.....	7
Figure 4. Désoperculation d'un cadre à miel.....	7
Figure 5. Centrifugation des cadres de la ruche.....	8
Figure 6. Composition moyenne du miel.....	10
Figure 7. Couleur des cinq échantillons du miel.....	39

Liste des annexes

Annexe 1. Première peinture représentant des hommes cueilleurs de miel.

Annexe 2. Table de CHATAWAY.

Annexe 3. Courbes d'étalonnages.

Annexe 4. Table de Bertrand.

Annexe 5. Normes et limites de certains paramètres physico-chimiques du miel selon le codex alimentarius 2001 et le journal officiel des communautés européennes 2002.

Liste des abréviations

CE : Conductivité électrique

HMF: Hydroxy-2-méthylfurfural

pH: Potentiel d'hydrogène

g : Gramme

C°: *Degré Celsius*

mg : Milligramme

Kg: Kilogramme

meq : *milliéquivalent*

mS: millisiemens

cm: Centimètre

Kcal: kilocalorie

Km: kilomètre

PCB: *Polychlorobiphénols*

MS: Matière sèche

P/V: Poids/ Volume

ml: millimètre

nm: nanomètre

N: Normalité

SRT: sucres réducteurs totaux

BSA: *Bovine serum albumin*

Ech: Echantillon

N°: Numéro

Introduction

Introduction

Dès la préhistoire, le miel produit par les abeilles a été récolté par l'homme de façon très artisanale pour ses propriétés nutritives et thérapeutiques. Aujourd'hui, l'apiculteur s'efforce d'obtenir de ses abeilles un produit de qualité en quantité suffisante pour répondre à la demande des consommateurs, et ce malgré la tendance à l'affaiblissement et à la mortalité des colonies d'abeilles dans le monde entier.

Ce cadeau de la nature est le symbole à la fois de la vie, de l'abondance, de la pureté et de la sagesse. La première peinture représentant des hommes cueilleurs de miel a été retrouvée en Espagne (**Annexe N°1**), et daterait d'environ 10 000 ans. Les propriétés du miel sont connues depuis l'Antiquité.

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.

Cet aliment naturel est composé d'un mélange complexe d'hydrates de carbone et d'autres substances mineurs, tels que les acides organiques, les acides aminés, les protéines, les minéraux, les vitamines, et les lipides. La composition du miel dépend essentiellement du type de plantes butinées, du climat, des conditions environnementales et de la compétence de l'apiculteur. Actuellement, le miel est perçu par le grand public comme un aliment naturel, bénéfique pour la santé.

Pendant, 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).

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude ayant comme objectif l'étude de l'adultération par la spectrométrie Raman mais à cause de la défaillance du matériel on s'est contenté de l'analyse de quelques échantillons de miel récolté dans différents endroits de la wilaya de Béjaïa et un miel commercial, et la mise en évidence de l'adultération par des techniques de dosage.

A travers cette modeste contribution, notre souhait est de guider l'ensemble des gourmands à se méfier du miel proposé pour un éventuel achat. La qualité du miel est une rareté dans notre monde actuel car la production du cap à sucre et de sirop a perturbé la qualité du miel.

Pour cela, nous avons scindé ce présent travail en deux parties. La première est théorique ; elle se veut une connaissance du miel et de sa composition ainsi que les étapes de son élaboration.

La seconde est expérimentale, on y résume les principales analyses physico-chimiques permettant d'apprécier la qualité du miel et de détecter une probable adultération ou falsification.

Partie théorique

Elaboration du miel

1/Elaboration du miel

Le miel produit par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* (l'abeille domestique) peut provenir de deux sources mellifères distinctes : le nectar ou le miellat [1].

Le nectar, qui est en général la source principale de miel, est le liquide sucré sécrété par les glandes, dites nectarifères, présentes sur de nombreuses plantes. Les nectars qui abritent ces glandes sont situés le plus souvent dans les fleurs, mais peuvent aussi se trouver à la base de certaines feuilles [2].

Pour certains miels (le miel de sapin par exemple) la principale source sucrée est le miellat. Il s'agit de l'excrétion d'insectes parasites vivant sur la plante. Il a été montré qu'en présence d'une grande quantité de nectar, elles délaissent le miellat. Cependant, lorsque les conditions climatiques sont défavorables, le miellat peut représenter une source nutritive intéressante pour l'abeille [3].

La composition du nectar est différente de celle du miellat qui se rapproche de celle de la sève végétale. Mais une fois de retour à la ruche, l'abeille les transforme tous deux de la même manière, afin d'en obtenir du miel [1].

1.1. A partir du nectar

1.1.1. Définition

Le nectar est une substance sucrée, sécrétée au niveau de l'inflorescence par les glandes, dites nectarifères. Le nectaire qui abrite ces glandes est situé en général à l'intérieur des fleurs [2], sa concentration en sucres est très variable selon l'origine florale [4], l'âge de la fleur, le degré hygrométrique atmosphérique et les heures de la journée [5]. Sa teneur en sucres est de 4 à 5 % chez *Fritillaria imperialis* L, 7,5 % chez *Organum vulgare*. Cependant, plus cette concentration en sucres est élevée, plus le nectar est attractif pour les abeilles [6].

1.1.2. Composition du nectar

A/ Eau

La teneur du nectar en eau varie entre 40 et 70 % selon les plantes [7].

B/Sucres

La quantité totale de sucres contenue dans le nectar varie entre 5 et 80 % [8]. Les principaux sucres du nectar sont le glucose, le fructose et le saccharose, et leur proportion respective varie selon l'origine florale, plus précisément selon le processus de sécrétion des nectaires [9].

On distingue ainsi trois types principaux de nectars :

- ❖ le nectar à saccharose prédominant,

- ❖ le nectar à taux équivalent de saccharose, fructose et glucose,
- ❖ le nectar dans lequel glucose et fructose prédominent [9].

D'autres sucres ont été identifiés: le raffinose, le galactose, l'arabinose, le mannose, le maltose, le mélibiose et le mélézitose, et plus rarement: le cellobiose, le stachyose, le gentiobiose, le lactose, le mannitriose, le thréhalose, etc [10].

C/ Autres composés

Ils représentent moins de 0,03 % à 10 % de la matière sèche du nectar [11]. Le nectar contient également des acides aminés, des protéines (peptides, albumines et enzymes), des lipides, des vitamines, des substances aromatiques, des composants inorganiques tels que des sels minéraux et des ions (potassium, sodium, chlorures), ainsi qu'une grande quantité de corps non identifiés [12].

Dans les conditions naturelles, le nectar n'est jamais stérile. Il héberge en quantité variable les micro-organismes les plus variés, et ceux-ci peuvent participer à sa transformation chimique [9].

1.1.3. Collecte du nectar par l'abeille

Pour produire 100 g de miel, l'abeille butineuse doit visiter un nombre considérable de fleurs (**figure N°1**) : environ un million [13].

Elle aspire le nectar de chacune d'entre elles à l'aide de sa trompe (**figure N°2**). L'appareil suçoir est composé d'un ensemble de pièces buccales dont principalement : des palpes labiaux, des maxillaires et de la langue. L'ensemble est parfaitement étanche, ce qui permet l'aspiration du liquide sucré par les muscles du pharynx. Le nectar est ainsi envoyé dans l'œsophage puis dans le jabot [14].

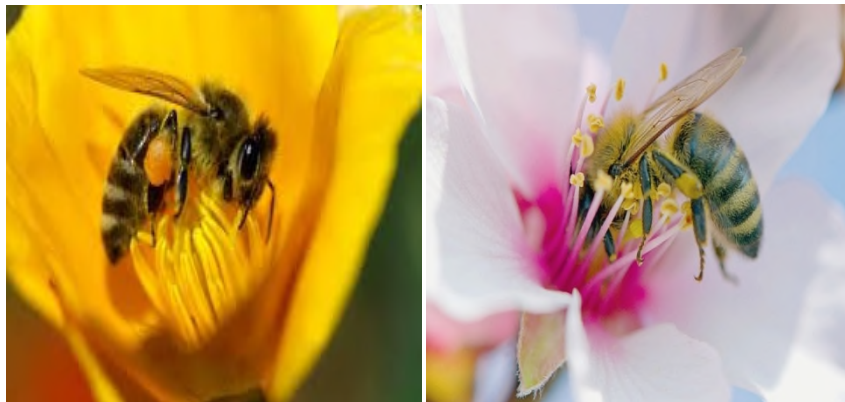


Figure N°1 : Abeille butineuse de fleur [15], [16]

Afin que l'aspiration soit plus facile, l'abeille dilue le nectar avec de la salive, mélange de sécrétions riches en enzymes [14].

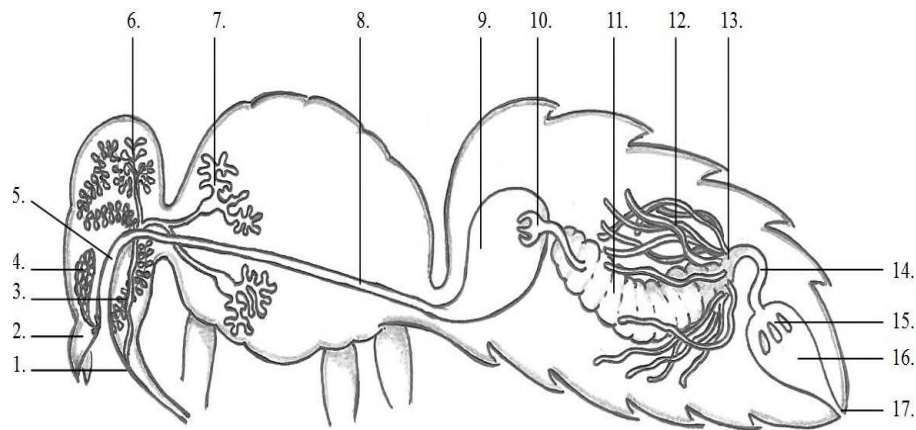


Figure N°2 : Schéma de l'anatomie du tube digestif de l'abeille [17]

1-Appareil buccal 2-Glandes hypopharyngiennes (×2) 3-Glandes salivaires céphaliques (×2)
4-Glandes salivaires thoraciques (×2) 5-Canal collecteur 6-Mentum 7-Pharynx
8- Œsophage 9-Jabot 10-Proventricule 11-Ventricule 12-Pylore 13-Tubes
de Malpighi (environ 200) 14-Intestin grêle 15-Glandes rectales 16-Ampoule rectale 17-Anus

1.2. A Partir du miellat

1.2.1. Définition

Le miellat est un liquide sucré, par certains insectes tels que les pucerons qui se nourrissent de la sève de certains arbres (sapin, épicéa, chêne, érable, tilleul, peuplier, bouleau...) [18,19]. Ces derniers piquent le végétal, pour prélever l'élément azoté de la sève, et rejettent des gouttelettes sucrées qui se fixent sur les feuilles. Il est plus dense en sucre que le nectar [14].

La récolte du miellat par les abeilles est très aléatoire et dépend de nombreux facteurs, climatiques notamment [19], Cependant, lorsque les conditions climatiques sont défavorables, le miellat peut représenter une source nutritive intéressante pour l'abeille [3].

1.2.2. Composition du miellat

La composition du miellat est plus proche de la sève végétale que celle du nectar. Elle est plus riche en azote (0,2 % - 1,8 %), en minéraux (0,58 %) et en acide organique. Le miellat contient du glucose et du fructose (61,6 %) ainsi que d'autres sucres tels que le melizitose (8,6 %), le raffinose (0,84 %) et l'isomaltose (9,6 %) [20].

1.2.3. La récolte du miellat par l'abeille

Les récoltes de miellat ont lieu entre la fin du printemps et l'été. Les quantités récoltées sont très variables d'une année à l'autre. En effet, les pucerons sont très sensibles aux conditions

Météorologiques défavorables et il faut noter qu'en présence d'une abondance de nectar, cette source est délaissée par les abeilles [21]. Et que même le miel qui en résulte est de mauvaise qualité, par suite de la présence des gommés et dextrines [22].

1.3. Les différents facteurs de la production mellifère

Tableau N°1 : Facteurs de la production mellifère [23].

Facteurs	Observations
Moment de la journée	De nombreuses fleurs fournissent du nectar surtout le matin
Humidité de l'air	Humidité de l'air est élevée, nectar est sécrété en grande quantité
Température	La sécrétion nectarifère ne commence pas au dessous d'une certaine température, le seuil critique varie selon les espèces.
Nature du sol	Le volume du nectar varie avec la texture du sol, une même plante peut être nectarifère sur un sol calcaire et l'être beaucoup moins sur un sol siliceux ou inversement.
Humidité du sol	La quantité du nectar augmente avec la quantité d'eau absorbée par les racines. Elle atteint 45 à 75 %.
Les fumures organiques ou minérales	Les engrais phosphatés ou potassiques favorisent la floraison donc la sécrétion nectarifère alors que l'azote nuit la floraison.
Latitude et Altitude	La puissance mellifère d'une plante augmente avec la latitude. Une même plante produit beaucoup plus de nectar en altitude que dans la plaine.

1.4. La transformation du nectar en miel

La maturation du nectar en miel consiste en une transformation des sucres et une diminution de la teneur en eau. Elle commence dès la récolte du nectar par l'abeille, se poursuit lors du stockage dans la ruche [24,25].

Chaque jour, l'abeille butineuse quitte sa ruche à la recherche du nectar et du miellat, elle s'arrête sur 500 à 1100 fleurs par jour pour produire 10 g de miel [26].

L'élaboration du miel commence dans le jabot de l'abeille butineuse. Sitôt prélevée, la matière première est mélangée aux sécrétions des glandes salivaires de l'insecte, qui la modifie [27].

Parallèlement, une partie de l'eau s'évapore, de sorte que la matière sèche du miel atteigne 60%. La deuxième phase se déroule au niveau des alvéoles sous l'influence de l'air sec qui élimine une autre partie de l'eau du miel jusqu'à atteindre un taux d'humidité de 18 à 20 % [28].

Les enzymes apportées par la salive (en particulier l'invertase) hydrolysent le saccharose en glucose et fructose. Cette réaction d'hydrolyse est appelée « inversion du saccharose », car le saccharose est dextrogyre et le produit de l'hydrolyse (glucose et fructose) est lévogyre [25].

Lorsque le miel atteint un faible degré d'humidité, la glucose-oxydase devient inactive et le produit se stabilise. Les abeilles cirières opercules l'alvéole à l'aide d'une fine couche de cire, imperméable à l'air, ce qui permet une longue conservation du miel (**figure N°3**) [1].



Figure N°3 : Cadre de miel operculé [1]

1.5. La récolte du miel

La récolte est effectuée après une miellée, quand les apports en nectar ont cessé ou se sont ralentis et que les trois quarts des alvéoles sont operculés [29].

1.5.1. Désoperculation

Avant d'extraire le miel d'un cadre, il est indispensable de retirer la fine pellicule de cire qui obstrue les alvéoles remplies de miel grâce à un couteau ou à une griffe à désoperculer en acier inoxydable (**figure N°4**).

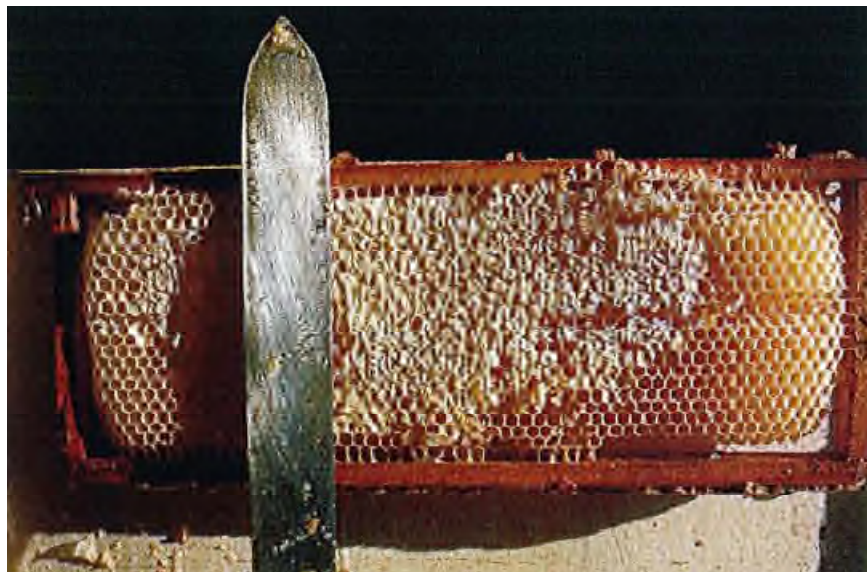


Figure N°4 : Désoperculation d'un cadre à miel

1.5.2. L'extraction

Deux techniques sont exploitées pour extraire le miel [5] :

- **Par pression** : le miel obtenu n'est pas pur car il contient des particules de propolis, cire, couvain et pollen.
- **Par centrifugation** : cette technique est basée sur l'extraction du miel par centrifugation des rayons désopercules des housses (**figure N°5**).

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 N°5 : Centrifugation des cadres de la ruche

1.5.3. Filtration

Elle repose sur l'utilisation de deux filtres, l'un à maille de 2 à 8 mm retient les grosses impuretés, l'autre qui vient dessous à 0,2 mm retient les particules les plus fines [30].

Les filtres couramment utilisés en apiculture sont de simples tamis, leur efficacité est suffisante pour éliminer du miel les déchets de cire et les grosses impuretés [31].

1.5.4. La maturation de miel

L'extraction ne fournit pas directement un miel prêt à la mise en pots. Pour obtenir un miel commercialisable, il est indispensable de l'épurer [31]. La maturation signifie épuration, quand il s'agit du miel [32].

La maturation est une simple décantation dans un récipient où le miel abandonne ces impuretés (débris de cire, amas de pollen), ainsi que les bulles d'air incorporées pendant l'extraction [33].

La meilleure façon d'épurer le miel est encore de le laisser reposer pendant quelques jours dans un récipient appelé saturateur [31], sachant que la maturation dure 2 à 8 jours [34].

1.5.5. Conditionnement

Le miel est gardé dans des locaux frais où la température ne dépasse pas 20°C. Si le miel à stocker présente un risque de fermentation, il faudra impérativement le pasteuriser ou le conserver à une température de 4 à 5°C [35].

Le miel

2. Le miel

2.1. Définition

Le miel est la denrée naturelle sucrée produite par les abeilles mellifiques de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar ou des fleurs ou des sécrétions issues des parties vivantes de plantes ou d'excrétions laissées sur celles-ci par des insectes suceurs piqueurs, qu'elles butinent, transforment, combinent avec des matières spécifiques, déposent déshydratent, entreposent, emmagasinent et laissent murir dans les rayons de la ruche. Cette denrée peut être fluide, épaisse ou cristallisée [6, 35-36].

Les miels produits par des espèces proches de l'abeille domestique telles qu'*Apis cerana*, seront obligatoirement identifiés autrement, leur composition en sucres étant très différente [37].

Le miel est donc un produit 100 % naturel, l'homme n'intervient absolument pas dans sa fabrication. Le travail de l'apiculteur consiste à fournir aux abeilles des conditions favorables, puis à récolter le miel, à s'assurer qu'il soit de bonne qualité et qu'il se conserve correctement [1].

On distingue en général les miels destinés à la consommation de ceux destinés à l'industrie. Le miel utilisé à des fins industrielles, en tant qu'ingrédient dans d'autres denrées alimentaires est transformées, peut présenter un goût étranger ou une odeur étrangère, avoir fermenté ou avoir été surchauffé [38, 39].

2.2. Types de miels

Le miel varie selon l'origine florale, il existe donc deux grandes variétés de miel en fonction de l'origine sécrétoire : miel de nectar et miel de miellat [22].

La détermination de l'origine géographique du miel repose sur l'analyse pollinique [40]. En général, on admet qu'un miel provient principalement d'une certaine source de nectar lorsque le pollen correspondant est au stade dominant [41].

Selon cette origine nous avons les miels mono floraux et les miels multi floraux.

2.2.1. Les miels mono floraux

Un miel dit mono floral est issu de nectar, ou de miellat, collecté par les abeilles sur un végétal unique et particulièrement attractif pour ces insectes. Cette définition stricte n'est vraiment avérée qu'en certains cas particuliers, notamment sur les grandes cultures [42].

Les miels mono floraux possèdent des caractéristiques palynologiques, physico-chimiques et organoleptiques spécifiques, car ils sont mieux appréciés pour leur saveur et arôme fortement caractéristique [22].

2.2.2. Les miels multi floraux

Les miels multi floraux, ou miel toutes fleurs, souvent classés selon les lieux de récolte (miel de montagne, de forêt...), ou encore selon les saisons (miel de printemps ou d'été) [26].

2.3. Composition

La composition du miel dépend de très nombreux facteurs comprenant l'espèce végétale butinée, la nature du sol, la race de l'abeille, l'état physiologique de la colonie, les conditions environnementales et la compétence de l'apiculteur [29,43].

Le miel contient environ 200 substances, c'est un mélange complexe de sucres mais également d'autres constituants tels que les minéraux, les protéines, les vitamines, les acides organiques, les acides aminés, les vitamines, les enzymes, les acides phénoliques, les pigments et autre substances [44, 45].

En plus de ces substances, le miel contient aussi des éléments figurés (pollen, levures et parfois des bactéries) [46].

La composition chimique du miel est représentée dans La **figure N°6**:

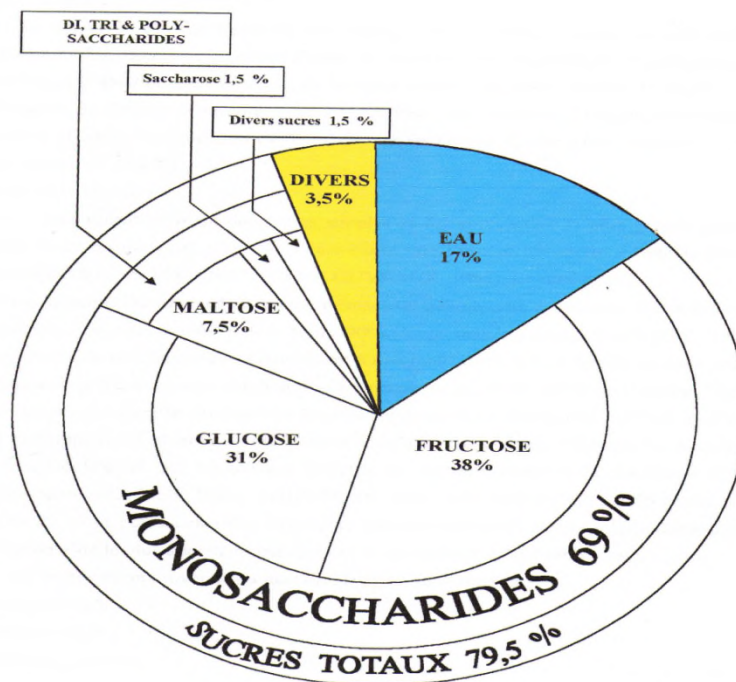


Figure N°6 : Composition moyenne du miel [6].

2.3.1. L'eau

La teneur en eau est un paramètre de qualité pour le miel. Elle conditionne la conservation du miel, elle est souvent déterminée par la méthode de réfractométrie et elle est comprise entre 14 et

20 %. L'optimum se situe autour de 17 %, car un miel trop épais est difficile à extraire et à conditionner, tandis qu'un miel trop liquide riche en eau risque de fermenter [27].

2.3.2. Les glucides

Les glucides représentent 95 % - 99 % de la matière sèche du miel. Ce dernier contient environ 38 % de fructose et 31 % de glucose, et d'autres sucres tels que le maltose 7,2 %, le saccharose 1,5 % et quelques 4,2 % d'oligosaccharides [30].

Leur constitution chimique évolue entre celle du nectar ou du miellat et celle du miel, en particulier le saccharose [47].

Les sucres du miel sont responsables de plusieurs propriétés telles que la viscosité, l'hygroscopie, la granulation et l'énergie [48].

2.3.3. Les acides organiques

Le miel contient des acides organiques sous forme libre ou combinée (lactones), l'acide gluconique est le principale acide organique retrouvé dans le miel ; il est formé à partir du glucose sous l'action de la glucose-oxydase. D'autres acides tels que les acides citrique, malique, maléique et formique peuvent aussi être présents dans le miel [6].

2.3.4. Matière azotée

Le taux de matières azotées du miel varie de 0,2 à 2 %. Elle est principalement représentée par les acides aminés dont la proline est le plus abondant. Cet acide aminé provient des sécrétions salivaires de l'abeille durant la transformation du nectar en miel [49].

Sa teneur renseigne sur la maturité du miel et peut servir à détecter des falsifications [50]. Considérablement un miel arrive à maturité lorsque sa teneur en proline est supérieure à 180 mg/Kg. Des valeurs plus basses indiquent un manque de maturité ou une falsification [27].

2.3.5. Hydroxy-2-méthylfurfural (HMF)

L'HMF est un composé organique dérivé de la déshydratation du fructose. Ni les nectars ou miellats, ni les miels frais n'en contiennent. Cette molécule apparaît au cours du processus de vieillissement naturel du miel. Ce processus est accéléré si les miels sont chauffés ou s'ils sont très acides. L'analyse de la quantité d'HMF est donc une excellente méthode pour apprécier la qualité d'un miel, en l'occurrence son vieillissement et son chauffage [51-52]. Les teneurs limites en HMF sont les suivantes :

- en général et à l'exception du miel destiné à l'industrie, le seuil maximal est de 40 mg/kg,

- les mélanges de miels provenant de régions ayant un climat tropical ne peuvent excéder 80 mg/kg.

A une température de stockage de 4°C, en fonction de son acidité, un miel mettra 20 à 80 ans pour atteindre le seuil légal de 40 mg/kg. A température ambiante de 20°C (température de stockage chez la plupart des consommateurs), cette durée sera de 2 à 4 ans. Si le miel est porté à température plus élevée, même pendant un court moment, la teneur en HMF augmentera plus vite [1].

2.3.6. Les sels minéraux

Les matières minérales ne sont présentées 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.

Leur teneur dépend des plantes visitées par les abeilles ainsi que du type de sol sur lequel elles poussent. 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°2**).

Tableau N°2: Principaux sels minéraux et oligo-éléments présents dans le miel [53]

Sels minéraux majeurs	mg/Kg de miel	Sels minéraux mineurs et polluants	mg/Kg de miel
Potassium	200-1500	Zinc	0,5-20
Calcium	40-300	Chrome	0,1-3
Sodium	16-170	Nickel	0,3-1,3
Magnésium	7-130	Plomb	0,02-0,8
Aluminium	3-60	Cobalt	0,01-0,5
Fer	0,3-40	Cadmium	0,005-0,15
Manganèse	0,2-10		
Cuivre	0,2-6		

2.3.7. Les protéines

Les miels convenablement récoltés sont pauvres ou très pauvres en protéines [54]. Les protides sont présents en faible quantité (1,7 g/kg de miel soit une teneur de 0,26 %) et la teneur en azote est négligeable (de l'ordre de 0,041 %). Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines et de nucléoprotéines qui proviennent soit de la plante, soit de l'abeille. On y trouve

également des acides aminés libres dont la proline, qui provient des sécrétions salivaires de l'abeille [22].

Les recherches les plus récentes ont permis de mettre en évidence dans différents miels la présence de 19 acides aminés libres [42].

2.3.8. Les enzymes :

Le miel contient plusieurs enzymes dont la présence est liée à l'origine double du miel : animal ou végétal, le nectar contient dès sa récolte des enzymes qui agissent sur les sucres ; les sécrétions de l'abeille viennent ajouter les enzymes sécrétés par les glandes pharyngiennes [55].

De nombreuses enzymes se retrouvent dans le miel : l'invertase, l'amylase, la glucohydrolase et la glucose oxydase capable de transformer le glucose en acide gluconique. Le miel contient aussi une catalase et une phosphatase. Ces diastases sont détruites par un chauffage exagéré du miel, il faut donc éviter le chauffage du miel si on veut bénéficier de leur action. Ainsi, leur dosage permet de détecter les fraudes liées au chauffage du miel [33].

2.3.9. Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires dont les principales sources sont les sécrétions végétales [56]. Parmi les structures identifiées dans le miel : les acides phénoliques (acides benzoïques et cinnamiques), les flavonoïdes (flavones et les flavanones) en proportions très variables.

La teneur en composés phénoliques est faible et variable selon le type du miel, les teneurs moyennes en flavonoïdes et en acides-phénols du miel manuka, provenant de la Nouvelle-Zélande sont 3 et 14 mg/ 100 g, respectivement [57], par contre la teneur en polyphénols des miels de Yémen varie de 56,32 à 76,37 mg/100 g de miel [56].

L'analyse des flavonoïdes et des composés phénoliques peut être une technique biochimique complémentaire de valeur pour déterminer l'origine botanique des miels mono floraux. Les miels de bruyère, callune et oranger sont caractérisés par la présence de la myricétine, de l'acide ellagique et de l'hespérétine, respectivement [58].

Ces substances phénoliques possèdent certaines activités biologiques intéressantes : germicide, bactériostatique et anti-inflammatoire [59].

2.3.10. Les lipides

Les lipides du miel proviennent des nectars et sont présents à l'état de traces, leur valeur maximal est de 8 % par rapport à la matière sèche du miel [60].

Les acides gras composant ces lipides sont plus essentiellement les acides palmitique, oléique et linoléique, caprique, caproïque et valérique [5].

2.3.11. Les vitamines

Le miel est un milieu pauvre en vitamines, si on le compare à d'autres aliments, et principalement aux fruits. On trouve, des vitamines du groupe B et quelque fois les vitamines C, A, D, K.

La teneur moyenne en vitamine du miel est résumé dans le **tableau N° 3 [61]**:

Tableau N° 3 : Teneur en vitamines du miel

Vitamines	Quantité (mg/100g)
Thiamine (vitamine B1)	0,00-0,01
Pyridoxine (vitamine B6)	0,01-0,32
Niacine	0,10-0,20
Acide pantothénique (vitamine B5)	0,02-0,11
Acide ascorbique (vitamine C)	2,20-2,50
Phyloquinone (vitamine K)	Env. 0,025

2.3.12. Substances aromatiques

Plusieurs substances aromatiques différentes sont identifiées dans le miel. Il s'agit d'alcools, de cétones, d'aldéhydes et d'esters. Ces substances jouent un rôle important dans l'appréciation sensorielle du miel. Chaque miel possède ses propres substances aromatiques. Ainsi, l'anthranylate de méthyle est abondant dans les miels d'oranger, de clémentiniers et de citronniers mais présents aussi dans d'autres miels (colza, trèfle) [62].

Contrairement aux miels ayant une couleur foncée, les miels clairs sont le plus souvent moyennement aromatique [63].

2.3.13. Divers

Plusieurs facteurs antibiotiques naturels ont été trouvés dans le miel tel que le peroxyde d'hydrogène, les flavonoïdes, etc.

Le miel contient également des éléments figurés : grains de pollen, spores de champignons, algues microscopiques, levures, etc., dont l'identification sous le microscope permet d'obtenir des renseignements sur l'origine florale et géographique (analyse pollinique des miels ou méliisso-palynologie).

L'étude microscopique du miel permet de lui attribuer une appellation: miel toutes fleurs, miel de lavande, de châtaignier... Un miel n'est jamais issu à 100 % du même type de fleur; on donne au miel le nom de l'espèce qui est majoritaire. Les pigments colorent et aromatisent les miels, ce sont principalement des caroténoïdes, des xanthophylles et des flavonoïdes [21].

2.4. Propriétés physico-chimiques du miel

2.4.1. Densité

Elle est déterminée au densimètre. La densité du miel varie de 1,39 à 1,44 à 20 °C. Elle est fonction de la teneur en eau, plus un miel est riche en eau et moins il est dense [64]. La valeur moyenne de la densité du miel est de 1,4225 à 20 °C [65].

2.4.2. Acidité

L'acidité est un critère de qualité qui sert à détecter les fermentations indésirables du miel [66]. Ce paramètre est une propriété due à la présence d'acide dans le miel, notamment l'acide gluconique qui dérive du glucose [29]. L'acidité totale est la somme de l'acidité libre et celle due aux lactones étant donné que la norme de l'acidité libre autorisée par le codex Alimentarius de l'année 2001, était de 50 meq/Kg [67].

2.4.3. Conductivité électrique

C'est l'un des paramètres efficaces pour la distinction entre les miels floraux et celui de miellats, ainsi que pour la classification des miels uni floraux. Elle dépend de la teneur du miel en minéraux et acides [43].

La conductivité électrique représente un bon critère pour la détermination de l'origine botanique du miel, le miel de nectar possède une conductivité inférieure à 0,8 mS/cm ; celle du miel de miellat est supérieure à 0,8 mS/cm [68].

2.4.4. pH

Le pH du miel varie de 3,2 à 5,5; il est généralement inférieur à 4 dans les miels de nectar et supérieur à 5 dans ceux de miellat [64]. La valeur de pH a une grande importance lors de l'extraction et de la conservation. Les miels à pH bas se dégradent plus facilement et leur texture est affectée [69].

2.4.5. Turbidité

Lorsque les miels sont sous forme liquide, ils sont généralement très transparents. Ils contiennent cependant des éléments en suspension qui leur confèrent une certaine turbidité (levures, poussières, grains de pollen, colloïdes, etc.).

La mesure de la teneur en particules en suspension ou de la turbidité d'un milieu (respectivement gazeux ou liquide) se fait par la néphélométrie [1].

2.4.6. Indice de réfraction

L'indice de réfraction est une propriété optique qui caractérise toute substance transparente. Il est en fonction de la teneur en eau et de la température. L'indice de réfraction du miel est d'autant plus élevé que sa teneur en eau est plus basse. Il varie de 1,5041 à 1,4915 pour une teneur d'eau de 13 à 18 % ; il atteint 1,4789 pour les miels de callune avec 23 % d'eau [42].

2.4.7. Viscosité

Elle varie en fonction de la température, de la teneur en eau et de la composition chimique du miel. A 35 °C, tous les miels sont fluides. Certains sont thixotropes (c'est à-dire que ces miels lorsqu'on les agite deviennent liquides mais reprennent leur viscosité première après repos) comme ceux d'Erica et surtout de Calluna [21].

2.4.8. Cristallisation

Le miel est une solution sucrée sursaturée, lorsqu'il est stocké dans les rayons de la ruche il est généralement à l'état liquide. Mais c'est un état instable. Sous l'effet de la température et de la présence de germes de cristallisation (poussière, cristaux de glucose, grains de pollen), la cristallisation du miel s'amorce.

Le processus de cristallisation des sucres est dépendant des rapports glucose/fructose et glucose/eau. La connaissance de ces rapports peut prédire l'aptitude des miels à cristalliser, elle sera faible pour un rapport glucose/eau inférieur à 1,7 mais très importante si cette valeur atteint 2,1 [70].

En effet, le glucose est peu soluble dans l'eau, il cristallise donc rapidement, alors que le fructose reste liquide. Un miel riche en glucose (teneur proche de 40 %), cristallisera en deux à trois jours et pourra même cristalliser dans la ruche, comme c'est le cas pour les miels de colza. A l'opposé, les miels très riches en fructose (teneur supérieure à 42 %), comme les miels d'acacia et de sapin, resteront liquides pendant plusieurs années.

Pour que les cristaux se forment, il faut que les molécules de glucose rencontrent des germes de cristallisation, appelés aussi particules d'ensemencement. L'eau intervient également dans la vitesse de cristallisation; en effet, s'il n'y a pas assez d'eau, le miel sera tellement visqueux que les molécules ne pourront plus se déplacer et cristalliser. La température a un effet similaire, une température basse favorise la viscosité du miel et une température élevée fait vibrer les molécules de glucose en les empêchant de former des cristaux. Au delà de 30 °C, la cristallisation d'un miel est arrêtée. Pour une humidité de 18 % la température optimale de cristallisation est de 14 °C [20].

La cristallisation n'altère pas les qualités du miel qui peut redevenir liquide par un simple chauffage modéré. Mais elle a des conséquences pour la conservation du miel, car la partie cristallisée a tendance à former un dépôt, tandis que la fraction restée liquide est exposée à une fermentation rapide [71].

2.4.9. Pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire est la propriété optique que possèdent les sucres de dévier le plan de polarisation de la lumière. Le saccharose et le glucose dévient à droite le plan de polarisation de la lumière, ils sont dextrogyres. Alors que le fructose dévie à gauche, il est lévogyre [30].

Généralement les miels de miellat sont dextrogyres et ceux du nectar sont lévogyres. Le pouvoir rotatoire est un paramètre utile pour la détermination de l'origine et des falsifications du miel [72].

2.4.10. Coloration

La coloration est une caractéristique physique importante des miels car elle est en rapport avec leur origine florale et avec leur composition chimique.

Elle est extrêmement variable puisque les plus clairs sont presque incolores alors que les foncés sont pratiquement noirs. Entre ces deux extrêmes, on trouve toute la gamme des jaunes et des roux. Parmi les substances responsables de la coloration des miels on trouve bien le carotène et les flavonoïdes [30].

La coloration du miel peut se mesurer, soit au moyen des colorimètres de laboratoire, soit au moyen d'appareils conçus pour le miel qui est le lovibond.

2.4.11. L'hygroscopie du miel

Le miel a tendance à absorber l'humidité de l'air. En effet, le fructose a un grand pouvoir hygroscopique. Ainsi, un miel contenant 18 % d'eau peut contenir au bout de trois mois 55 % d'eau si on le laisse en atmosphère humide [73].

2.4.12. Consistance

En fonction de sa composition et de ses conditions de conservation, le miel peut avoir une consistance fluide, épaisse ou cristallisée [1].

2.4.13. Saveur

Il s'agit des arômes, de la saveur (sucrée, acide, salée, amère) et de la flaveur. L'une des caractéristiques typiques d'un aliment est son profil aromatique. Les substances qui donnent au miel son arôme particulier sont des composés volatils tels les aldéhydes, les cétones, les alcools à courte chaîne [74].

Certains composés phénoliques sont impliqués dans les qualités organoleptiques du miel, l'amertume forte de certains miels d'arbousier est liée à leur teneur élevée en phénols totaux [59].

2.4.14. Solubilité

Le miel est soluble dans l'eau, l'alcool dilué et insoluble dans l'alcool fort, l'éther, le chloroforme et le benzène [21].

2.5. Propriété biologique

Les nombreux composants du miel lui confèrent plusieurs propriétés intéressantes. Les hommes ont toujours utilisé le miel non seulement comme nourriture mais aussi pour ses propriétés antiseptiques, comme médicament, comme substance servant à la conservation des fruits et des graines, et également dans les embaumements humains, du temps des Pharaons égyptiens [1].

2.5.1. Propriétés nutritives

Le miel étant composé de sucres simples, il est facilement assimilé par l'organisme : il passe dans le sang très rapidement et la glycémie décroît ensuite lentement. Il est souvent utilisé par les sportifs pour sa valeur énergétique : 310 kcal/100g. Il est cependant moins calorique que le sucre (environ 405 kcal/100g), ce qui en fait un aliment apprécié des diététiciens [75]. Il a été prouvé que le miel favorise aussi l'assimilation du calcium et la rétention de magnésium [76], il est donc conseillé, autant que possible, de remplacer dans l'alimentation le sucre par du miel car il a non seulement de bonnes propriétés nutritives, mais surtout de bonnes propriétés thérapeutiques [1].

2.5.2. Propriétés thérapeutiques

Le miel contient des substances antibactériennes d'où le nom d'inhibine. L'action antibactérienne du miel est certainement à l'origine de quelques unes des propriétés médicinales qui lui sont attribuées.

Dans le domaine médical, l'action bénéfique du miel a été signalée dans certains cas de maladies de l'estomac, de l'intestin, des reins ou des voies respiratoires (**tableau N°4**) [42].

Le miel a un pouvoir antiseptique. Il est utilisé dans le traitement des plaies depuis l'antiquité [46]. L'élément essentiel de cette activité antibiotique du miel, est une enzyme, le glucose oxydase, qui provoque un dégagement d'eau oxygénée [64].

Tableau N° 4: Propriétés et indications thérapeutiques attribuées aux principaux miels uni floraux [27].

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

2.5.3. Propriétés antioxydants

Un antioxydant peut être défini comme étant toutes substances qui se présentent en faible concentration par rapport à un substrat oxydable et qui ralentit ou inhibe son oxydation. Les

antioxydants sont des molécules capables de stabiliser ou de désactiver les radicaux libres avant qu'ils attaquent les cibles biologiques [77].

Les radicaux libres cellulaires prédominants sont le superoxyde (O_2°) et l'hydroxyle (OH°), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et le peroxynitrite ($ONOO^-$). Ces radicaux peuvent mener à la génération de radicaux libres par diverses réactions chimiques [78].

Le miel est une source naturelle d'antioxydants, qui ont un rôle important dans la réduction des risques de maladies cardiaques, du cancer, du système immunitaire et des différents processus inflammatoires [79].

Il contient deux types d'antioxydants; enzymatique (catalase, glucose-oxydase, peroxydase), non enzymatique (caroténoïdes, acide aminés, protéines, acides organiques, les flavonoïdes et polyphénols) [45-80].

Cependant, cette activité est variable d'un miel à un autre selon la source Botanique et la présence de différents composés antioxydants [56].

2.5.4. Propriétés antimicrobiennes

Les propriétés antibactériennes (antibiotiques) du miel dépendent de plusieurs facteurs. Le miel présente la plupart du temps un pH acide (3-4) et une pression osmotique élevée, cette dernière est due aux concentrations élevées en sucre et faibles en eau ; un tel milieu est défavorable pour les bactéries [81].

Le miel est un milieu acide, plusieurs bactéries ne peuvent pas se multiplier dans tel milieu. Les valeurs de pH minimum de croissance des bactéries qui infectent les plaies sont de 4,3 pour *Escherichia coli*, 4,4 pour *Pseudomonas aeruginosa* et 4,5 pour *Streptococcus pyogenes* [82].

2.6. Principales transformations physiques et chimiques du miel

2.6.1. La cristallisation

La cristallisation des miels est un phénomène très important car c'est de lui que dépend en partie la qualité du miel [33]. Il dépend de plusieurs facteurs.

2.6.1.1. La teneur en sucres

Plus la teneur en glucose est élevée, plus rapide sera la cristallisation du miel. Les miels avec plus de 28 % de glucose se cristallisent très rapidement, mais aussi, plus la concentration en fructose par rapport à celle du glucose est élevée, plus la cristallisation est lente [83].

2.6.1.2. La température

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 [33].

La cristallisation est donc ralentie à basse comme à haute température. Mais dans ce dernier cas, la dégradation du miel se caractérise par un taux d'HMF croissant dans le temps, la température idéale pour une bonne conservation du miel doit être comprise entre 12 et 16 °C [22].

2.6.1.3. La 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 [83].

2.6.2. La fermentation

Tous les miels naturels contiennent des levures, champignons microscopiques responsables de fermentations. Ces derniers proviennent du nectar, mais également de pollutions accidentelles dues aux abeilles ou intervenant après la récolte [31].

La fermentation peut intervenir lorsque plusieurs facteurs favorables sont réunis:

- Une teneur en eau du miel supérieure à 18 %.
- La présence de levures vivantes en quantité suffisante.
- Une température voisine de 16°C, et comprise entre 10 et 25 °C [40].

Le miel qui fermente dégage des bulles de gaz carbonique; sa surface se soulève, son goût change, et il n'est plus commercialisable [32].

2.7. Qualité du miel

Le miel est un produit naturel et de qualité. Cette qualité est liée à la conjonction de plusieurs critères ou pratiques favorables. Il s'agit de :

- la qualité originelle des récoltes et des conditions dans lesquelles ces récoltes ont été effectuées et transformées par l'abeille.
- les éléments de composition, le goût et les qualités olfacto-buccales.
- enfin le travail de l'apiculteur [84].

Des critères de qualités physico-chimique du miel sont bien spécifiés par le codex Alimentarius de l'année 2001[38] et le journal Officiel des communautés Européennes 2002 [35] (**Annexe 5**), il

s'agit de la teneur en eau, la conductivité électrique, la teneur en cendre, les sucres réducteurs et non-réducteurs, l'acidité, l'activité de la diastase et la quantité d'HMF.

2.7.1. Critères de qualité

Ces critères peuvent indiquer essentiellement l'origine botanique, la maturité et la fraîcheur, ainsi que l'authenticité du miel [85].

A. L'origine botanique

Peut être identifiée par l'analyse pollinique, cependant les approches chimiques peuvent être plus précises et facilement entreprises dans la caractérisation du miel [57].

La conductivité électrique, la teneur en cendre, le pH, la couleur, la saveur et l'arôme du miel constituent des caractéristiques qui indiquent la source botanique [79].

B. Maturité et fraîcheur

Le taux de la proline est considéré comme un critère de maturité du miel, tout comme la teneur en eau [69,86]. D'autre part, les niveaux relativement bas du saccharose indiquent que les miels sont dans un état avancé de la maturation [87].

Le paramètre le plus surveillé pour déterminer la fraîcheur du miel est le taux d'HMF [88,89]. Il est aussi un indicateur de surchauffe du miel [90,91].

C. L'authenticité

Le miel est toujours une cible pour l'adultération tels que le nourrissage des abeilles et l'addition d'édulcorants qui sont le plus souvent des sirops d'origine naturelle comme l'érable [92,93].

Un miel falsifié a un taux élevé en saccharose, une conductivité électrique plus faible, une teneur en proline inférieure à 180 mg/100g [27].

La qualité finale du miel peut être influencée par la gestion de la ruche, la récolte et les techniques du traitement [85].

2.7.2. Préservation de la qualité du miel

Le miel est un produit de qualité, plus que toute autre production alimentaire ; il conserve une aura d'aliment biologique et naturel qui constitue sa richesse qu'il convient de sauvegarder [94].

Après la récolte du miel et au cours de l'extraction, il faut éviter une trop forte introduction de bulles d'air dans le miel. Ces bulles, lorsqu'elles viennent éclater en surface, occasionnent la formation d'un dépôt blanchâtre ayant l'aspect de sucre-glace ou de farine, ce qui est plus mauvais effet [95].

Une miellerie ne doit pas servir de débarras pour des produits chimique volatils et rémanents comme des huiles essentielles, des engrais, etc. Les récipients dans lesquels le miel sera entreposé n'auront servi et ne serviront qu'à cet usage [96].

Les bonnes conditions pour garder un miel dans un état de fraîcheur satisfaisant sont celles d'un local climatisé dont la température ne dépasse pas 20 °C [97], conjuguée à une humidité dans l'air de moins de 60% et une odeur neutre [83].

Le miel et l'adulteration

3. Fraudes par contamination, non conformité et adultération

En raison de sa valeur nutritionnelle et médicinale, le miel continue d'être un aliment très populaire. Toutefois, le miel peut être facilement falsifié avec divers édulcorants moins chers, tels que la canne à sucre de betterave raffiné , haut sirop de maïs riche en fructose et le sirop de maltose , résultant plus de bénéfices commerciaux [136].

3.1. Fraude par contamination involontaire

Les deux sources de contamination involontaire du miel sont: l'environnement, dès les étapes de l'élaboration du miel; mais aussi l'apiculteur, par des pratiques apicoles peu rigoureuses [1].

Les contaminants environnementaux sont des métaux lourds tels que le plomb, le cadmium, le mercure et l'arsenic, le fluor, des isotopes radioactifs, des polluants organiques, des résidus de traitements phytosanitaires et des bactéries pathogènes.

Les contaminants liés à l'apiculteur et ses techniques sont essentiellement des résidus de médicaments utilisés dans la ruche: les acaricides (substances lipophiles, acides organiques, composants d'huiles essentielles) et les antibiotiques (tétracyclines, streptomycine, sulfonamides et chloramphénicol). D'autres substances peuvent également contaminer le miel, paradichlorobenzène et autres répulsifs [98].

3.1.1. Contamination environnementale

Les polluants peuvent atteindre les matières premières de produits d'abeille (le nectar, le miellat, le pollen, la plante entière et ses exsudats) que ce soit par l'air, l'eau ou le sol. Ces polluants peuvent être transportés dans la ruche par les abeilles [1].

3.1.1.1. Les pesticides

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 [99].

Les pesticides les plus fréquemment recherchés dans le miel sont les organochlorés, les organophosphorés et les carbamates [1].

3.1.1.2. Les métaux lourds

Les métaux lourds issus de l'industrie et des transports polluent l'air, l'eau et le sol. Si les ruches se situent à proximité d'une zone polluée, le miel risque de contenir des résidus de ces métaux, notamment du plomb et du cadmium [1].

Le miel est relativement peu contaminé, contrairement aux abeilles. Là aussi, certains auteurs pensent que l'abeille filtre les métaux lourds de l'environnement et qu'elles peuvent, elles et leurs produits, servir de bio-indicateurs pour une contamination par des métaux lourds dans un rayon de 3 km autour de la ruche [100,101].

Il faut toutefois rester prudent car les métaux lourds peuvent également contaminer le miel au cours de son extraction ou de sa conservation [1].

L'analyse des métaux lourds peut être réalisée par plusieurs méthodes ; chromatographies et spectroscopies.

A/Le Plomb

Le plomb, issu des moteurs, pollue l'air et contamine directement le nectar et le miellat, les valeurs retrouvées dans le miel sont comprises entre 0,001 et 1,4 mg/kg. Ces valeurs ont tendance à diminuer depuis l'utilisation de pots catalytiques et d'essence sans plomb. Le seuil de tolérance pour le plomb est de 100 µg/kg [98].

B/Cadmium

Le cadmium provient des industries métallurgiques et des incinérateurs. Il est acheminé par le sol dans la plante et contamine le nectar et le miellat. Elles peuvent également être contaminées par l'air ambiant. Les valeurs retrouvées dans le miel peuvent varier entre 0,001 et 0,113 mg/kg. Le seuil de tolérance pour le cadmium est fixé à 50 µg/kg [98].

C/Autres

D'autres métaux lourds tels que le mercure et le nickel ont été également étudiés. Le seuil de détection pour le mercure est de 0,0005 mg/kg [100].

Lors d'une pollution de l'air par l'arsenic provenant d'une usine de traitement du cuivre, le miel n'a pas été contaminé, contrairement aux abeilles et au pollen [102].

3.1.1.3. Substances organiques

Les PCB (polychlorobiphénols) sont des polluants organiques issus des huiles de moteur, lubrifiants et réfrigérants, produits avant les années 1980. Ces substances sont toujours présentes dans l'environnement et peuvent contaminer les plantes, et par extension les abeilles et le miel. Mais les quantités retrouvées dans le miel sont infinitésimales et sans conséquence sur la santé humaine [98].

3.2. Fraudes par non-conformité

Il s'agit d'une fausse indication d'origine botanique, en général non intentionnelle. Les analyses polliniques, physico-chimiques et organoleptiques permettent de déceler facilement ces « fraudes » et de reclasser le produit dans la bonne catégorie.

Il peut s'agir également d'un mélange intentionnel de miels (un miel d'acacia de Hongrie présenté à un concours en tant que miel d'acacia français, par exemple), facilement décelable par analyse pollinique. On peut trouver également des miels d'années non-conformes (un miel de 2009 présenté comme un miel de 2010 par exemple). La fraude est décelable par analyse de la teneur en HMF, des activités enzymatiques (amylase et invertase) [1].

3.3. Fraudes par adultération

Malgré la réputation du miel d'être une denrée alimentaire saine, il est sujet de nombreuses falsifications [103]. La législation n'autorise aucune addition au miel autre que le miel.

3.3.1. Définition de l'adultération

L'adultération est une pratique frauduleuse consistant en l'ajout d'un produit de moindre valeur à un autre produit, qui est alors vendu ou donné pour ce qu'il n'est pas. On en observe dans le miel depuis la commercialisation de sirops de sucre et de compositions chimiques voisines de celles des miels. Ces sirops de sucre peuvent être additionnés au miel après la récolte, ou directement durant la miellée [104].

3.3.2. Types de fraudes par Adultération

Trois principaux types ont été mentionnés [105,106] :

- L'ajout au miel du saccharose.
- L'adjonction de saccharose inverti (glucose + fructose).
- L'ajout de sucre de canne, de sirop de sucre de canne ou de miel de sucre.

3.3.3. Détection de l'adultération par analyses physico-chimiques

L'adultération est détectable par plusieurs méthodes [105,106] :

- La fraude consistant à ajouter au miel du saccharose est peu courante car facilement détectable du fait de la faible teneur en ce sucre dans la plupart des miels.
- L'adjonction de saccharose inverti chimiquement est possible mais entraîne la production d'une grande quantité d'HMF.

➤ L'ajout de sucre de canne, de sirop de sucre de canne ou de miel de sucre sont repérables, notamment par analyse microscopique.

➤ Un miel adultéré a une activité enzymatique plus basse, une conductivité plus faible et moins de pollen que le miel authentique. Les miels issus d'un nourrissage au sucre peuvent enregistrer une teneur en saccharose plus élevée [21].

Les normes sont données principalement par, le codex alimentarius de l'année 2001 et le Journal officiel de communautés européennes [Annexe 5].

Malgré l'efficacité des analyses physico-chimiques en terme de quantification et d'identification de la qualité des miels, mais elles restent tout de même insuffisantes dans le cas où l'adultération est l'objectif visé. Cependant, plusieurs techniques sont actuellement disponibles comme la spectroscopie Raman, la chromatographie et les biocapteurs. L'efficacité, la rapidité et le coût de l'analyse sont les critères les plus sollicités.

Partie expérimentale

Matériels et méthodes

1. Matériels et méthodes

Echantillons de miel

Cinq échantillons sont utilisés dans cette étude, quatre ont été rapportés de différentes régions de Bejaïa et un seul provient du commerce.

Tableau N°5 : origine des miels analysés.

<u>Echantillons</u>	<u>Origine</u>
Ech 1	Commercial
Ech 2	Oued-eddes
Ech 3	Tazmalt
Ech 4	Amizour
Ech 5	Kherrata

1.1. Détermination de la teneur en eau

La détermination de la teneur en eau du miel est basée sur la mesure de l'indice de réfraction, par la méthode de réfractométrie.

Deux grammes de miel sont introduits dans un tube à essai. Après liquéfaction du miel à l'étuve (50 °C), une goutte de miel est déposée sur le prisme du réfractomètre. La lecture de l'indice de réfraction est réalisée à travers l'oculaire au niveau de la ligne horizontale de partage entre une zone claire et une zone obscure. L'indice de réfraction des échantillons de miel est déterminé à 50 °C, après étalonnage de l'appareil avec de l'eau distillée [110-111].

La table de CHATAWAY (**Annexe N°2**) donne le pourcentage d'eau correspondant à l'indice de réfraction à 20 °C. Une correction additive est appliquée ; le facteur de correction est de 0,00023 par degré Celsius.

1.2. Détermination de la conductivité électrique

Une masse M de miel est dissoute dans 25 ml d'eau distillée de faible conductivité (inférieure à 12,5 µS/cm) telle que $M = (5 \cdot 100)/MS$ où MS est la teneur en matière sèche du miel. La solution de miel obtenue à une teneur en matière sèche égale à 20 %. La solution est placée dans un bain marie. La valeur de la conductivité électrique est lue sur l'appareil [111,112].

La conductivité électrique exacte est calculée selon la formule suivante :

$$CE \text{ (mS/cm)} = \text{Valeur mesurée} - A$$

Où : CE : conductivite électrique.

A : Valeur mesurée * 0,032 * (T-20).

T : température ambiante lors de la mesure.

0,032= facteur de correction.

1.3. Détermination de pH

Le pH est mesuré à 20 °C sur une solution à 10 % (p/v) dans de l'eau distillée à l'aide d'un pH-mètre [112].

1.4. Détermination de la densité

La densité est déterminée selon la méthode suivante :

Un pycnomètre de 10 ml est pesé à vide et après avoir été rempli de miel jusqu'au trait de jauge. La densité est obtenue en divisant la masse volumique du miel à celle de l'eau distillée dans les mêmes conditions [27].

Elle est calculée selon la formule ci-dessous :

$$\text{Densité} = [(M_1 - M_0) / V] / [(M_2 - M_0) / V]$$

Où : M_2 : masse de pycnomètre rempli d'eau distillée.

M_1 : masse de pycnomètre rempli de miel.

M_0 : masse de pycnomètre à vide.

V : volume de pycnomètre.

1.5. Détermination de la couleur

Cette analyse est réalisée selon la méthode suivante :

1,5 g de miel est dissout dans de l'eau distillée ; le volume est ajusté à 5 ml. Après filtration de la solution, l'absorbance est mesurée avec un spectrophotomètre à 420 nm contre l'eau distillée [113].

1.6. Dosage du HMF

La teneur en HMF du miel est déterminée selon la méthode suivante :

5 g de miel sont dissous dans 25 ml d'eau distillée. La solution est homogénéisée avec 0,5 ml de solution carrez 1 (hexacyanoferrate de potassium à 15 %) et 0,5 ml de solution carrez 2 (acétate de zinc à 30 %).

Le mélange est transfère dans une fiole de 50 ml, puis le volume est ajusté au trait de jauge avec de l'eau distillée. Après filtration sur papier, les premiers 10 ml sont récupères.

5 ml du filtrat obtenu sont introduit dans un premier tube à essai puis additionné de 5 ml d'eau distillée (tube analyse) et dans un deuxième tube à essai, 5 ml de sulfite de sodium à 0,2 % sont ajouté à 5 ml du filtrat obtenu (tube de référence). Après une agitation, la lecture des absorbances est faite à 284 nm et à 336 nm. La teneur en HMF est calculée selon la formule suivante [112]:

$$\text{HMF (mg/Kg de miel)} = (A_{284} - A_{336}) * 149,7 * 5 / P$$

Où : A_{284} : Absorbance à 284 nm.

A_{336} : Absorbance à 336 nm.

P : prise d'essai

149,7 : constante

1.7. La proline

Un volume de 0,5 ml d'une solution de miel à 5 % (p/v) est introduit dans un tube à essai. 1 ml d'acide formique et 1 ml de solution de ninhydrine à 3 % sont ajoutés au mélange réactionnel. Le tube est fermé, agité pendant 15 minutes puis placé dans un bain marie à 100 °C pendant 15 minutes, ensuite transféré dans un autre bain marie à 70 °C durant 10 minutes. 5 ml de la solution aqueuse de 2-propanol (50 %) sont additionnés au tube et l'absorbance est lue à 510 nm, après 45 minutes [112].

La teneur du miel en proline est obtenue à partir de la courbe d'étalonnage (**Annexe N°3, figure N°1**). Le test à blanc est réalisé en remplaçant le miel par la solution standard de proline dont l'absorbance est : $A = 1,381$.

1.8. Dosage des composés phénoliques

Dans des tubes à essai 0,1 ml de la solution de miel à 10 % (p/v) sont ajoutés à 4,2 ml d'eau distillée et 0,5 ml du réactif de Folin-Ciocalteu. Après une minute d'agitation, 1 ml de la solution de carbonate de sodium (80 % p/v) et 4,2 ml de l'eau distillée sont additionnés à chaque tube. Les tubes sont mis à l'obscurité pendant 2 heures, puis l'absorbance est lue au spectrophotomètre à 760 nm [114].

La concentration en composés phénoliques du miel est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (**Annexe 3, figure N°2**).

1.9. Acidité

L'acidité libre et combinée sont mesurées comme suit : cinq gramme de miel sont dissous dans 25 ml d'eau distillée chaude, puis la solution est transférée dans une fiole de 50 ml. Le volume est ajusté au trait de jauge avec de l'eau distillée.

Après agitation, un volume de 25 ml de la solution est dosé avec une solution d'hydroxyde de sodium (0,05 N). Le pH est noté après chaque addition. Lorsque le pH atteint 8,5 un dosage en retour avec une solution d'acide sulfurique (0,05 N) est opéré après avoir versé en excès de l'hydroxyde de sodium restant des 10 ml de départ [111,112]. Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{Acidité libre (milliéquivalents / Kg de miel)} = 1000 * V * N / P$$

$$\text{Acidité combinée (milliéquivalents / Kg de miel)} = 1000 * [(10 - V) * N - 0,05 * V'] / P$$

$$\text{Acidité totale} = \text{Acidité libre} + \text{Acidité combinée}$$

Où : V (ml) : volume de NaOH nécessaire pour atteindre le point équivalent.

V' (ml) : Volume de H₂SO₄ nécessaire pour atteindre le point équivalent.

N : normalité de NaOH (0,05 N).

P : prise d'essai.

1.10. Glucose

Dans un erlenmeyer de 100 ml, 1ml de la solution de soude 0,1 N est additionné à 10 ml de la solution de miel à 1 % (p/v). Ensuite, 10 ml de la solution d'iode 0,1 N et 15 ml de la solution de soude 0,1 N sont ajoutés. Après agitation, l'erlenmeyer bouché est laissé pendant 15 minutes à l'obscurité.

Un essai à blanc est réalisé en opérant de façon identique, mais en remplaçant les 10 ml de la prise d'essai de miel par 10 ml d'eau distillée. Après 15 minutes, le milieu est acidifié avec 4 ml d'acide sulfurique 0,5 N. quelques gouttes d'empois d'amidon sont ajoutées au milieu iodé, ce qui le colore en bleu. L'iode restant dans les 2 erlenmeyers est dosé par la solution de thiosulfate de sodium 0,1 N. le dosage est arrêté à décoloration complète [114]. Les résultats sont exprimés comme suite :

$$\text{Glucose (g/100g)} = 9 * (V - V')$$

Où : V: Volume de thiosulfate de sodium utilisé pour le témoin

V': Volume du thiosulfate de sodium utilisé pour l'échantillon.

On note que 1ml d'iode 0,1N correspond à 9 mg d'aldose exprimé par convention en glucose.

1.11. Dosage des Glucides

- **Défécation**

1 g de miel est dissout dans une fiole de 100 ml avec de l'eau distillée, puis sont ajoutés 2 ml de la solution Carrez 1 (hexacyanoferrate de potassium à 15 %) et 2 ml de la solution Carrez 2 (acétate de zinc à 30 %). Le mélange est bien agité. On ajuste au trait de jauge, puis on filtre après 15 minutes [115].

- **Dosage des sucres réducteurs**

Une dilution à 1/10 est préparée à partir du filtrat. Un volume de 20 ml est prélevé, puis 20 ml de liqueur de Fehling A et 20 de liqueur de Fehling B sont ajoutés. Ce mélange est mis dans un erlenmeyer, puis porté à ébullition pendant 3 minutes. Après refroidissement, le dépôt de Cu_2O est rincé avec de l'eau distillée, jusqu'à l'obtention d'une eau de lavage claire. Cette dernière est filtrée à travers un filtre en verre fritté (porosité 4). Le filtrat est jeté.

Puis un volume de 30 ml d'une solution ferrique acide est ajouté au précipité rouge. La solution obtenue est filtrée à travers le même filtre, puis titrée avec une solution de KMnO_4 (0,1 N) jusqu'à l'apparition d'une couleur rose stable [115]. La teneur en sucres réducteurs (SR) est déterminée à partir de l'équation suivante :

$$\text{SR (g/100 g de miel)} = A * 100 / P * 20$$

- **Dosage des sucres réducteurs totaux**

Un volume de 10 ml de la solution préparée est introduit dans une fiole de 100 ml, puis 40 ml d'eau distillée et 3 ml de HCl (1N) y sont ajoutés, en plus de quelques gouttes de rouge de méthyle. Le mélange est porté, au bain marie, à une température de 70 C° pendant 15 minute.

Après refroidissement, le mélange est neutralisé avec NaOH (1 N) jusqu'à l'apparition d'une couleur jaune. Le volume est ajusté avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, 20 ml de la solution neutralisée sont prélevés et additionnés de 20 ml de la solution de liqueur de Fehling A et 20 de liqueur de Fehling B. La suite du mode opératoire est la même que celui des sucres réducteurs [116].

La teneur en sucre réducteurs totaux (SRT) est déterminée selon l'équation suivante :

$$\text{SRT (g/100 g de miel)} = A' * 100 / P * 20$$

Où : **A (mg)** : quantité des sucres réducteurs avant inversion correspondant à la prise d'essai (table de Bertrand) (**annexes N°4**).

A' (mg) : quantité des sucres réducteurs totaux après inversion correspondant à la prise d'essai (**Annexe N°4**).

20 : Volume de la solution de miel utilisée (ml).

P : prise d'essais

- **Taux de saccharose**

La teneur en saccharose est déduite selon la formule suivante :

$$\text{Saccharose (g/100g de miel)} = (\text{SRT-SR}) * 0,95$$

Où **0,95** : est le facteur obtenu on divisant le poids moléculaire de saccharose sur la somme des poids moléculaires de glucose et de fructose [115].

1.12. Taux de cendres

Cinq grammes de miel sont pesés dans une capsule en porcelaine, puis incinérés dans un four à 625 C° durant 40 minutes. Avant la pesée, la capsule est mise dans un dessiccateur durant au moins 20 minutes [111, 112].

La teneur en cendres (W) est calculée selon la formule suivante :

$$\text{W (g/100g de miel)} = [(M_1 - M_2) / P] * 100$$

Où : **M₁** = Poids de la capsule avec les cendres.

M₂ = Poids de la capsule vide après incinération.

P = Prise d'essai.

1.13. Les protéines

Le dosage des protéines est réalisé selon la méthode colorimétrique de Bradford en utilisant comme réactif le bleu de coomassie G250. Cette méthode est basée sur la variation de l'absorbance (à $\lambda = 595$ nm), se manifestant par le changement de la couleur du bleu de Coomassie après liaison (complexation) avec les acides aminés basiques (arginine, histidine, lysine.) et les résidus hydrophobes des acides aminés présents dans la ou les protéines.

On dispose d'une solution mère de BSA (sérum albumine bovin) à 1 mg/ml préparé à partir de 200 mg de BSA.

Différents volumes de la solution mère de BSA et du tampon sont prélevés pour faire une gamme étalon. 5ml de réactif de Bradford y sont ajoutés, On mélange et on laisse 10 minutes à l'obscurité, puis on effectue la lecture par spectroscopie UV/visible.

La quantité de protéine est ensuite évaluée par rapport à la courbe d'étalonnage tracée en utilisant différentes absorbances en fonction des concentrations de sérum albumine bovin.

Le **tableau N°6** suivant montre les différents volumes ajoutés pour la préparation de la gamme étalon [116].

Tableau N° 6 : Préparation de la gamme étalon des protéines

Tubes	1	2	3	4	5	6
BSA (ml)	0	3	4	5	7	8
Tampon (eau ml)	10	7	6	5	3	2
Réactif de Bradford	5ml					

Résultats et discussion

2. Résultats et discussion

2.1. Analyse physico-chimique

2.1.1. Humidité

La teneur en eau est un facteur hautement important ; il permet non seulement d'estimer le degré de maturité du miel mais aussi de renseigner sur la stabilité contre la fermentation et la cristallisation au cours du stockage [117,118]. Une bonne évaporation de miel du nectar transformé dans la ruche permet de produire un miel pauvre en eau donc mûr. Une teneur élevée en eau favorise la fermentation.

C'est un paramètre lié aux conditions climatiques, à la saison, au degré de maturité, à la période d'extraction, il peut être affecté par le traitement thermique [86]

La norme attribuée par le codex alimentarius de l'année 2001[38] et le journal officiel des communautés Européenne 2002 [35] est de 20 % au maximum.

Les résultats d'analyse de nos échantillons donnent des teneurs en eau qui varient de 16,06 à 20,86 % (**tableau N°7**) qui correspondent à des indices de réfraction allant de 1,4966 à 1,4845 (**Annexe N°2**).

On note que le taux d'humidité du miel commercial dépasse légèrement la norme conseillée (20,86 %). Cela correspond bien à un miel de bruyère (Calluna) destiné à l'industrie en général ; le taux d'humidité peut atteindre 23 % [35].

Par ailleurs, le miel de Kherrata est un miel pauvre en eau (16,06 %) ; ceci est un critère de qualité et de maturité du miel. Les risques de fermentation sont faibles.

Les échantillons d'Amizour, Tazmalt et Oued eddes sont conformes aux normes en vigueur, ils ne dépassent pas les 20%. Ceci indique un bon degré de maturité.

La variation de taux d'humidité des échantillons peut être due aux conditions climatiques et à la saison de la récolte [119].

Tableau N°7 : Teneur en eau des échantillons du miel (%)

Tests Miels	Test 1	Test 2	Test 3	Moyenne
Amizour	20,2	20,2	20,6	19,33
Commercial	21	21	20,6	20,86
kherrata	15,8	16,2	16,2	16,06
Oued-eddas	18,2	18,6	17,5	18,1
Tazmalt	18,2	17,2	18,2	17,86

2.1.2. Conductivité électrique

Le miel contient des sels minéraux et des acides organiques qui ont la propriété, lorsqu'ils se trouvent en solution, de conduire le courant électrique. Cette caractéristique donne des indications très intéressantes sur l'origine botanique des miels, c'est un paramètre utilisé pour différencier entre les miels de nectar et ceux de miellat.

Selon le codex Alimentarius de l'année 2001[38] et le journal officiel de la communauté Européenne 2002 [35], les miels de nectar ont une conductivité inférieure à 0,8 mS/cm, par contre celle des miels de miellat est supérieure à 0,8 mS/cm (**Annexe N°5**).

Les échantillons analysés ont une conductivité qui s'étend de 0,083 à 0,870 mS/cm (**tableau N°8**). Ceux d'Amizour, Kherata, Tazmalt et le commercial ont une CE inférieure à 0,8 mS/cm. Ces valeurs correspondent bien à celles des miels élaborés à partir de nectar ou d'un mélange de nectar et de miellat. D'autre part celui de Oued-eddes il à une CI supérieur a 0,8 mS/cm c'est un miel élaborés a partir de miellat. Ces valeurs sont conformes aux résultats publiés par A chakir et S. Ouchemoukh [120,49].

La teneur en minéraux est directement reliée à la CE ; les miels foncés (acacia et tilleul) contiennent des teneurs plus élevées de micro-éléments que les miels clairs. En effet, le miel de Oued-eddes de couleur foncée présente une conductivité élevée, soit 0,870 mS/cm, alors que les autres miels plus clairs ont des conductivités plus faibles [120].

Tableau N°8 : CE des échantillons du miel (mS/cm)

Tests Miels	Test 1	Test 2	Test 3	Moyenne
Amizour	0,371	0,404	0,388	0,387
Commercial	0,083	0,084	0,082	0,083
Kherrata	0,194	0,192	0,193	0,193
Oued-eddes	0,880	0,864	0,866	0,870
Tazmalt	0,376	0,370	0,369	0,372

2.1.3. pH et acidité

L'acidité du miel est due à un grand nombre d'acides organiques qu'il contient. L'acide principal est l'acide gluconique qui est en équilibre avec ses lactones ou ses esters et les ions inorganiques tels que les phosphates et les chlorures. On trouve aussi les acides formique, tartrique, maléique, citrique, succinique, butyrique, lactique et oxalique de même que différents acides aromatiques. Le miel contient également les acides chlorhydriques et phosphoriques. D'autres composés tels que les lactones ont également une fonction acide. La plupart d'entre eux

proviennent des sécrétions digestives des abeilles pendant l'élaboration du miel ou résultats des réactions enzymatiques et de fermentations [121].

2.1.3.1. Le pH

Le miel est acide. Son pH peut être relié à son origine florale. Les miels issus de nectar ont un pH compris entre 3,5 et 4,5, et ceux provenant des miellats se situent entre 5 et 5,5 [42,121]. Néanmoins, la mesure du pH n'est pas utilisée pour l'appréciation de la qualité d'un miel, à cause des problèmes de reproductibilité [38].

Les valeurs de pH de nos échantillons oscillent entre 3,81 et 5,09 (**tableau N°9**). Donc, tous les miels étudiés sont acides.

Nous remarquons que l'échantillon commercial a un pH égal à 5,09; il peut être issu d'un mélange de nectar et de miellat. Les autres échantillons ont un pH faible de l'ordre de 3,5 à 4,3 ce qui correspond à des miels de nectar.

Un pH faible pour un miel, prédétermine un produit fragile pour la conservation, par contre un miel à pH 5 ou 5,5 se conserve mieux et plus longtemps.

2.1.3.2. L'acidité

D'après BOGDANOV (1999) [83], l'acidité est un critère de qualité important, elle donne des indications fort importantes de l'état du miel, une acidité forte de milieu favorise la dégradation des hexoses en HMF qui déprécie la qualité du miel. La fermentation du miel provoque une augmentation de l'acidité dans le miel.

L'acidité libre est ainsi exprimée en milliéquivalents (meq) d'hydroxyde de sodium nécessaires pour neutraliser 1 kg de miel [109] et ne doit pas dépasser 50 meq/kg.

Les teneurs en acide libre des miels (**tableau N°9**), obtenues à partir des courbes d'acidité (Annexe), se situent entre 22 meq/Kg et 6,5 meq/Kg ; sont dans les limites autorisées par le codex alimentarius de l'année 2001 (< 50 meq/kg) [38], indiquant l'absence de fermentation indésirables. Les cinq miels montrent des acidités totales faibles, allant de 14,16 pour le miel de Oued-eddes à 43,5 pour le miel d'Amizour (**tableau N°9**), ces résultats confirment que les miels n'ont pas fermenté.

Tableau N° 9 : valeurs de pH et d'acidité des échantillons du miel

Tests Miels	Test 1 (meq.g/ Kg)			Test 2 (meq.g/ Kg)			Test 3 (meq.g/ Kg)			pH
	AC libre	AC comb	AC totale	AC libre	AC comb	AC totale	AC libre	AC comb	AC Totale	
Amizour	8	26	34	5,5	17,5	23	6	17,5	23	3,96
Commercial	24	19	43	20	25	45	22	20,5	42,5	5,09
Kherrata	12	18,5	35,5	10	23,5	34	11	29	39	4,32
Oued-eddes	6	4	10	7	11	18	6,5	8	14,5	3,81
Tazmalt	13	22	35,1	14	13	34	11	21	39	4,3

AC : Acidité, **AC comb** : Acidité combinée

2.1.4. La densité

La densité des miels analysés varie de 1,29 à 1,44 g/cm³ (**tableau N°10**). Ces résultats indiquent une différence par rapport aux normes attribuées au miel qui est de 1,39 à 1,44 g/cm³ [122].

Le miel commercial à la densité la plus faible et celui de Kherrata la plus dense, et les échantillons d'Amizour, Tazmalt et Oued-eddes ont des densités presque identiques, la teneur en eau dans ces miel sont proches.

La densité du miel commercial est loin par rapport à l'intervalle ce qui est en relation directe avec la teneur élevée en eau, contrairement à celui de Kherrata qui a la teneur la plus basse. La densité peut varier dans de mauvaises conditions de conservation, un miel récolté prématurément aura une densité plus faible [123]. Par conséquent, à par le miel commercial tous les miels sont mûrs et bien stockés par les apiculteurs.

Tableau N°10 : Densité des échantillons analysés (g/cm³)

Tests Miels	Test 1	Test 2	Moyenne
Amizour	1,40	1,38	1,39
Commercial	1,28	1,30	1,29
Kherrata	1,44	1,44	1,44
Oued-eddes	1,41	1,39	1,40
Tazmalt	1,38	1,42	1,40

2.1.5. La couleur

La détermination de la couleur est un critère utile pour classer les miels mono floraux. La couleur du miel peut être corrélée à son origine botanique ; plus la teneur en minéraux est élevée, plus la couleur du miel est foncée. Il faut signaler que la couleur du miel est l'un des paramètres

de choix sur lequel se base le consommateur, par conséquent le prix du miel est lié, dans une large mesure, à sa couleur. Dans notre région, le miel de couleur foncée est préféré par rapport au miel de couleur claire.

La couleur est l'un des critères de qualité qui attirent le consommateur, elle est un facteur qui définit la qualité du miel. La couleur des miels analysés varie du jaune clair au marron foncé (**figure N°7**), ce qui correspond à des valeurs d'absorbance allant de 0,267 à 1,12 (**tableau N°11**).



Ech5 Ech4 Ech3 Ech2 Ech1

Figure N°7 : Couleur des cinq échantillons du miel

Cette variation de la couleur est due à l'origine florale, la température, la durée de stockage, ainsi qu'à la concentration en sels minéraux et en composés phénoliques [124].

Le miel de Oued-eddes est de couleur foncée, par contre ceux d'Amizour, Kherrata et Tazmalt sont de couleur variable du jaune au marron clair.

Tableau N°11 : Couleur des échantillons du miel (absorbance)

Tests Miels	Test 1	Test 2	Moyenne
Amizour	0,473	0,466	0,470
Commercial	0,309	0,312	0,311
Oued-eddes	2,43	2,41	2,42
Kherrata	0,266	0,267	0,267
Tazmalt	0,327	0,329	0,328

2.1.6. La proline

La teneur en proline est utilisée pour estimer la quantité des acides aminés contenus dans le miel, elle renseigne également sur sa maturité et détecte les éventuelles falsifications et adultérations [125].

On considère qu'un miel est arrivé à maturité lorsque sa teneur en proline est supérieure à 180 mg/Kg, une valeur plus basse indique un manque de maturité ou une falsification [30].

Les miels analysés présentent des taux de proline allant de 45,63 mg/Kg à 236,19 mg/Kg (**tableau N°12**). Ceux d'Amizour, Kherrata et Oued Eddes sont mature et non adultéré car leur teneur en proline (acide aminé) est supérieur à 180 mg/Kg.

Par contre, les taux de proline du miel commercial et de celui de Tazmalt sont de 45,63 et 91,26 mg/Kg, respectivement. Une faible teneur en proline pourrait également impliquer l'ajout de sirop de saccharose inverti qui ne contient pas d'acides aminés. On peut conclure que les miels commercial et de Tazmalt sont adultérés.

Selon Jilani et al, la teneur de proline varie de 465 à 828 mg/kg pour certains miels tunisiens [126], tandis que Meda et al ont rapportés que des miels du Burkina Faso contiennent 563-1968 mg/kg de proline [125].

Tableau N°12 : Taux de proline des échantillons du miel (mg/Kg)

Tests	Test 1	Test 2	Moyenne
Miels			
Amizour	237,2	235,19	236,19
Commercial	46,13	45,13	45,63
Kherrata	200,6	203,6	202,1
Oued-eddes	212,12	195,07	203,6
Tazmalt	90,26	92,27	91,26

2.1.7. Les protéines

Selon LOUVEAUX 1968 [55], la teneur en protéines est d'environ 2,6 g/Kg en moyenne avec un maximum de 8,3 g/Kg. Il ajoute que les matières azotées peuvent être présente dans les sécrétions salivaires de l'abeille.

Les miels analysés ont des teneurs en protéines qui varient de 0,245 g/Kg pour le miel commercial et 1,37 g/Kg pour le miel de Oued-eddes (**tableau N°13**). Ces valeurs sont semblables aux miels brésiliens rapportées par Azeredo et al en 2003 [43], Cette variation peut être attribué aux types florales ; étant donné que les miels en général contiennent en moyenne 0,26 % de protéines (2,6 g/Kg de miel).

On enregistre, pour le miel commercial et celui de Tazmalt, des teneurs plus faibles, 0,245 et 0,396 g/Kg respectivement. Ces teneurs sont faibles comparées aux miels riches en protéines.

Tableau N°13 : Taux de protéines des échantillons du miel (g/Kg)

Tests	Test 1	Test 2	Test 3	Moyenne
Miels				
Amizour	0,463	0,452	0,461	0,459
Commercial	0,245	0,240	0,250	0,245
Kherrata	0,278	0,271	0,269	0,273
Oued-eddes	1,39	1,35	1,37	1,37
Tazmalt	0,396	0,40	0,391	0,396

2.1.8. Les composés phénoliques (mg/100g)

La qualité et la quantité de ces composés dépend de la source florale. La teneur totale en phénols est un bon critère d'appréciation de la qualité et des propriétés curatives du miel [56].

L'activité antioxydante est en relation étroite avec la teneur en phénols. Selon l'étude publiée par S. Ouchemoukh [127], la quantité totale de phénols contenus dans 11 échantillons de miel de la région de Kabylie varie de 64 à 1304 mg/100g.

Les teneurs en composés phénoliques totaux des échantillons analysés est déterminée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (**Annexe N°3, figure N°2**), ce situe entre 34 mg/100g de miel pour l'échantillon de kherrata et 54mg/100g de miel pour l'échantillon de Oued-eddes (**tableau N°14**), ces résultats sont semblables à ceux rapportés par Buratti et al. en 2007 (17.1 - 60,3 mg/100 g) [128].

Les teneurs des échantillons d'Amizour, Tazmalt et Kherrata sont voisines et proportionnelle à leur couleur (jeune à marron claire) identique par contre, le miel commercial et celui Oued-eddes ont une couleur foncé ce qui correspond au taux de phénols le plus élevé, 53 mg/100 et 54mg/100 g de miel respectivement.

Un miel de couleur sombre possède un taux élève en composés phénoliques par rapport au miel de couleur moins foncée [128]. Le miel commercial enregistre la teneur la plus faible, malgré que ca couleur est foncé, ce qui est contradictoire a la relation entre le taux de phénols et la couleur, preuve que ce miel est surchauffé et/ou adultéré.

Tableau N°14: le Taux des composés phénoliques des échantillons du miel (mg/100g)

Tests	Test 1	Test 2	Test 3	Moyenne
Miels				
Amizour	38	37	35	37
Commercial	35	33	34	34
Kherrata	54	52	53	53
Oued-eddes	54	54	54	54
Tazmalt	47	45	46	46

2.1.9. hydroxy-2-méthylfurfural (HMF)

Le taux de HMF est un facteur de qualité important qui permet de situer le niveau de fraîcheur de miel, c'est le critère le plus important et le plus fiable pour détecter les miels surchauffés [129]. La teneur limite de HMF conseillée pour les miels de commerce est de 80 mg kg⁻¹ pour les miels tropicaux et 40 mg kg⁻¹ pour les autres [130]. Le miel frais ne contient presque pas de HMF [131], dans un miel de bonne qualité une quantité de 10 à 15 mg/Kg est admise.

La teneur en HMF augmente naturellement lors du stockage à cause de la décomposition de fructose catalysée par un acide ou par traitement thermique [132].

Les échantillons de Oued-eddes, Amizour, Kherrata et Tazmalt que nous avons analysés contiennent respectivement 6,72, 8,41, 12,14 et 18,46 mg/Kg de HMF (tableau N°15). Toutes ces quantités sont inférieures à la limite conseillée de 40 mg/Kg. Ceci nous amène à conclure que tous les échantillons sont frais. Cependant, pour le miel commercial nous avons enregistré une teneur plus élevée. Elle est de 53,52 mg/Kg. Ce qui est probablement due à un traitement thermique (chauffage) ou à la durée de conservation et aux conditions de stockage.

Ces résultats sont proches de ceux de certains échantillons de miel marocains [120]. Par contre, les miels saoudiens analysés par Abdelaziz S et Coll contiennent une teneur élevée en HMF allant de 87,72 mg/kg à 258,72 mg/kg [122].

Tableau N°15 : Taux d'HMF des échantillons du miel (mg/Kg)

Miels	Tests	Test 1	Test 2	Test 3	Moyenne
Amizour		18,26	18,86	18,26	18,46
Commercial		53,85	54,55	52,15	53,52
Kherrata		12,27	11,58	12,57	12,14
Oued-eddes		6,74	6,70	6,72	6,72
Tazmalt		8,98	7,58	8,68	8,41

2.1.10. Les sucres

Chaque miel contient une bonne dizaine de sucres. Ce sont des mono, di, tri ou polysaccharides représentant au total plus de 80 % du poids du miel. Entre autres, le glucose et le fructose, dominant nettement et font à eux seuls près de 70 % de la composition en sucres dans le miel. Les autres sucres peuvent se trouver en quantités plus ou moins importantes ou à l'état de traces [22].

Le miel doit être composé d'au moins 45 g/100 g de fructose et de glucose pour les miels de miellat et les miels mélangés de miellat et de fleurs, tandis que pour les miels de nectar, cette composition ne doit pas être inférieure à 60 g/100 g [133].

En général un miel authentique contient plus de fructose que de glucose. Selon Krell [134], le miel ayant un rapport de fructose : glucose inférieur à 1,2 peut être un miel adultéré.

2.1.10.1. Les sucres réducteurs et réducteurs totaux

La détermination de la teneur en sucres réducteurs est un bon indicateur pour distinguer le miel de nectar de celui de miellat, les quantités des sucres réducteurs des miels analysés sont comprises entre 53,56 g/100g et 75,67 g/100g du miel, et celle des sucres réducteurs totaux obtenues après hydrolyse du saccharose, varie de 61,75 à 82,76 g/100g du miel (**tableau N°16**).

Le taux de sucres réducteurs des échantillons, excepté le miel commercial sont conforme aux normes de codex alimentarius de l'année 2001 [38] et le journal officiel des communautés européenne 2002 [35] qui exigent une teneur supérieurs a 60 g/100g. Ces valeurs sont semblables à celle déterminées par Ouchemoukh et al en 2007 [49] pour des échantillons de miel d'origine local. Les résultats obtenue est la confirmation que les sucres sont les principaux constituant du miel.

2.1.10.2. Le saccharose

Un miel contenant beaucoup de saccharose issu de nectar n'est pas complètement transformé en glucose et en fructose sous l'action de l'invertase [43], ou c'est un miel issu de pourrissement en sucre. Généralement dans un miel authentique, le taux de saccharose ne dépasse pas 5 g/100g (**Annexe N°5**).

Le taux de saccharose des échantillons de Oued-Des, Amizour et kherrata est de 0,55, 2,49 et 4,8 g/100g de miel respectivement, ces valeurs sont inferieurs a la norme légale ce qui est un critère de qualité. Par contre le miel commercial et Tazmalt ont un taux supérieur à 5 % ; 7,09 et 15,83 respectivement, (**tableau N°16**), ce qui est due généralement un l'addition de sucre ou de sirop de sucre, ou suralimentation des abeilles, autrement dit, ces miels sont adultérés.

Tableau N°16 : Taux de sucres réducteurs, réducteurs totaux et de saccharose (g/100g)

N° tests	Test 1			Test 2			Moyenne saccharose
	Sucres réducteurs	Sucres réducteurs totaux	saccharose	Sucres réducteurs	Sucres réducteurs totaux	saccharose	
Amizour	73,25	76,03	2,78	73,45	75,64	2,19	2,49
Commercial	55,2	70,04	14,84	51,92	68,73	16,81	15,83
Kherrata	69,5	73,83	4,33	68,95	74,21	5,26	4,8
Oued-eddes	62	62,5	0,5	60,4	61	0,6	0,55
Tazmalt	76,35	83,06	6,71	75,00	82,47	7,47	7,09

2.1.10.3. Le glucose

La connaissance de la teneur en glucose permet de prévoir la tendance du miel à se cristalliser ; plus la teneur en glucose est forte, plus son pouvoir à cristalliser est élevé [123].

En effet, le rapport de fructose-glucose donne une information sur l'état de cristallisation du miel. Lorsque la quantité de fructose est supérieure à celle du glucose le miel est fluide, dans le cas contraire, le miel a tendance à se cristalliser.

Le taux de glucose varie entre 42 g/100g à 59,5 g/100g du miel (**tableau N°17**), elles sont supérieures aux valeurs trouvées par Chakir A et al au nord marocain [120]. L'échantillon de Kherrata enregistre la teneur la plus élevée (59,5 g/100g), suivie de celui de Oued-Des (54 g/100g) et d'amizour (53 g/100g du miel) ce qui explique leurs états cristallisés [123].

Le miel commercial et Tazmalt présentent les teneurs les plus basses, 42 g/100g et 46 g/100g du miel successivement (**tableau N°17**); ceci indique une forte teneur en fructose et en saccharose. Ce résultat nous permet de conclure que ces deux derniers échantillons sont probablement adultérés de façon volontaire.

Tableau N°17 : Taux de glucose des échantillons du miel (%)

Tests Miels	Test 1	Test 2	Test 3	Moyenne
Amizour	52,2	54	53	53
Commercial	40	45	41	42
Kherrata	58,9	60,3	59,4	59,5
Oued eddas	53,9	54,6	53,5	54
Tazmalt	43	47	48	46

Conclusion

Conclusion

Fruit de la rencontre entre les végétaux et les abeilles, le miel est un cadeau de la nature. Utilisé depuis toujours par les hommes, les thérapeutiques mellifères ont empiriquement traversé les siècles. Des études internationales viennent aujourd'hui confirmer ce que les anciens savaient déjà.

Même si tous les mystères du miel n'ont pas encore été élucidés, ces données scientifiques sont nécessaires pour faire accepter l'idée que c'est un remède efficace et qu'il offre de formidables perspectives.

Différentes méthodes d'analyse sont aujourd'hui accessibles à l'apiculteur, professionnel ou amateur. Elles lui permettent de vérifier la qualité du miel qu'il commercialise ou qu'il partage avec son entourage. Ces contrôles, qu'ils soient réalisés par lui-même ou par des laboratoires spécialisés, sont importants dans la mesure où, dans une démarche de qualité, ils incitent l'éleveur à améliorer ses pratiques apicoles et ainsi à renforcer la bonne image du miel vis-à-vis du consommateur.

Chacun des paramètres analysés contribue à une indication précise sur la qualité du miel. Pour cela, ils peuvent être classés en trois groupes ; Ceux qui déterminent :

- la maturité et l'authenticité (la teneur en eau, la proline et le saccharose)
- l'origine florale (conductivité, pH, composé phénoliques, la couleur et les cendre)
- le degré de fraîcheur, l'originalité et absence de fermentation (HMF, pH, les sucres et l'acidité)

Dans le **tableau N°18**, nous avons résumé les résultats de notre étude. On voit que les échantillons de Kherrata, Amizour et Oued-eddes répondent aux normes établies par le codex alimentarius de l'année 2001 et le journal officiel des communautés européennes 2002. Par contre, les miels de Tazmalt et commercial présentent toutes les caractéristiques de miel falsifié et/ou adultéré, indiquant aussi une récolte prématurée et une suralimentation des abeilles avec du sucres pendant ou après la miellée.

En effet, à travers les analyses physico-chimiques effectuées, nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

- Un taux d'HMF élevé indique que le miel a subi un traitement thermique ou de mal conservé.
- Un taux de saccharose supérieur à la norme, prouve que le miel ni pas mature ou adultéré par l'ajout de sucre ou de sirop de sucre de canne.
- Une faible teneur en proline nous informe sur l'ajout de sucre.

L'analyse de la qualité du miel par la méthode physico-chimique, bien qu'elle soit indispensable, mais demeure insuffisante pour porter un jugement de valeur complet sur sa qualité

et sur l'adultération. D'autres techniques doivent impérativement compléter et confirmer ou infirmer ces résultats. D'ailleurs, c'était l'objectif initial de cette étude.

Miels Paramètres	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4	Ech 5	Normes	observation
Humidité (%)	18,1	19,33	16,06	17,86	18,86	< 20 %	Conforme/matures
Conductivité (mS/cm)	0,870	0,387	0,193	0,372	0,083	variable	2, 3, 4,5 des Miel De fleurs 1 miel de miellat ou d'un mélange
pH	3,81	3,96	4,32	4,3	5,09	3,2 à 5,5	conforme
Densité (g/ cm³)	1,40	1,39	1,44	1,40	1,29	1,39 à 1,44	Ech 5 non conforme, mauvais conservation
HMF (mg/Kg)	6,72	18,46	12,14	8,41	53,52	< 40	Ech 5 non conforme/Adultéré
Proline (mg/Kg)	203,6	236,19	202,1	91,26	45,63	> 180	Ech 4 et 5 non conforme/immature ou Adultéré
C. phénolique (mg/100g)	54	37	53	46	34	variable	Ech 5 surchauffé
Acidité libre (meq/ Kg)	5,5	22	11	12,66	6,5	< 50	Conforme/absence de fermentation
Glucose (g/100g)	54	53	59,5	46	42	45 à 60	Ech 5 non conforme/Adultéré
Saccharose (g/100g)	0,55	2,49	4,8	7,09	15,83	< 5	Ech 4 et 5 falsifie
protéines	1,37	0,459	0,273	0,396	0,245	Variable	Echantillon 1 riche en protéines
Types du miel	Mélange ou de miellat	multi floraux	multi floraux	multi floraux	Mélange ou de fleur		
Adultération	Non	Non	Non	Oui	Oui		

Ech 1. Oued-eddes - **Ech 2.** Amizour - **Ech 3.** Kherrata - **Ech 4.** Tazmalt - **Ech 5.** Commercial

Tableau N°18. Conclusion final des analyses

Références bibliographique

Références bibliographiques

- [1] Lequet L ; " Du nectar a un Miel de Qualité" : Contrôle Analytique du Miel et Conseils pratiques a L'intention de L'apiculteur Amateur ; Thèse de Doctorat ; Université CLAUDE-BERNARD - LYON I ; 2010.
- [2] Marchenay P., Berard L ; "L'homme, l'abeille et le miel" ; Editions De Borée ; Romagnant ; 2007 ; 223 -224.
- [3] Climent H ; "Le Traité Rustica de l'Apiculture" ; Editions Rustica/ FLER ; Paris ; 2006 ; 528.
- [4] De la Barrere E., Nobel P.S ; "Nectar : properties, floral aspects, and speculations on origin" ; Trends Plant Sci ; 2 ; Plant Science 9 ; 2004.
- [5] Lobreau-Callen D., Marmion V., Clement M-C ; "Les miels. In technique de l'ingénieur " ; 1999 ; 1-20.
- [6] Gonnet M ; "Le miel : composition, propriétés et conservation". ; Ed : OPIDA ; 1982 ; 1-30.
- [7] Luttge U ; "Nectar composition and membrane transport of sugars and amino acids: a review on the present state of nectar research" ; Apidologie; 8, (4) ; 1977 ; ,305-319.
- [8] Gonnet M ; "Le miel : composition, propriétés et conservation" ; Bulletin Technique Apicole ; 6 (3) ; 1979 ; 1-22.
- [9] Ziegler H ; La sécrétion du nectar ; In : "CHAUVIN R. Traité de biologie de l'abeille" ; Editions Masson et Cie ; Paris ; Tome 3 ; 1968 ; 218-248.
- [10] Pham-Delegue M.H ; "Bases comportementales et chimiques de la relation insecte pollinisateur-plante : le modèle Abeille-Tournesol en production de semences hybrides" ; Thèse de doctorat ; Université de Paris 06 ; Paris ; 1992.
- [11] Vear F., Pham-Delegue M.H., Tourvieille De Labrouhe D., Marilleau R., Loublrier Y., Le Metayer M et al ; " Genetical studies of nectar and pollen production in sunflower " ; Agronomie ; 10 (3) ; 1990 ; 219-231.
- [12] Baker H.G; " Non-sugar chemical constituents of nectar " ; Apidologie ; 8 (4) ; 1977; 349-356.
- [13] Ioiriche N ; " Les abeilles, pharmaciennes ailées " ; 3e édition complétée ; Editions MIR ; Moscou ; 1984 ; 240.
- [14] Clement H ; " Guide des miels " ; Paris ; Rustica ; 2002 ; 64.
- [15] <http://www.onnouscachetout.com/forum/topic/3986-gaUCHO-abeilles-en-danger/page-2>

- [16] http://www.la-croix.com/Semaine-en-images/Nouvelles-decouvertes-sur-le-cerveau-des-abeilles-_NP_-2012-04-23-798184.
- [17] Regard A., Douhet Dr., Adam L ; " L'abeille de A à Z Embryologie " ; F.N.O.S.A.D ; Paris ; 2 ; 1977 ; 91.
- [18] Lepage J ; " Le miel " ; In Les bienfaits de la ruche ; Edition Equilibres ; 1990 ; 9-14.
- [19] Darrigol J.L ; " L'abeille " ; In Le miel pour votre santé ; Edition Dangles ; 1979 ; 11-34.
- [20] Bruneau E ; " Les produits de la ruche " ; In Le traité rustica de l'apiculture ; Paris ; Rustica ; 2002 ; 354-384.
- [21] Clémence H ; " LE MIEL : DE LA SOURCE A LA THERAPEUTIQUE " ; thèse de Doctorat en Pharmacie ; UNIVERSITE HENRI POINCARÉ - NANCY 1 ; 2005.
- [22] Guerzou M.N., NADJI N ; " Etude comparative entre les miels locaux et les miels importés " ; Mémoire d'Ingénieur ; Université ZIANE ACHOUR – Djelfa ; 2009.
- [23] Belaid M ; " Etude physico-chimique et palynologique de quelques miels d'Algérie : Etablissement des normes d'identification " ; Thèse de Magister ; INA El Harrach ; 1999 ; 213.
- [24] Maurizio A ; "La formation du miel" ; In : Chauvin R ; Traité de biologie de l'abeille ; Editions Masson et Cie ; Paris ; Tome 3 ; 1968 ; 264-276.
- [25] Popa A ; " The maturation of honey " ; J; Insect Physiol ; 5; 1962; 180-183.
- [26] Koudama A ; " Miel " ; in Encyclopédie de l'alimentation et de la phytothérapie ; Ed : Dar El-Nafais ; 1985 ; 400-414.
- [27] Bogdanov S., Bieri K., Figar M., Figueiredo V., Iff D., Känzig A., Stockli H., Zurcher K ; " Miel : définition et directives pour l'analyse et l'appréciation " ; In : Livre Suisse des denrées alimentaires ; Ed.OCFIM ; 1995 ; 1-26.
- [28] Bogdanov S., Kanzing A., Frey T., Iff D ; " Manuel des denrées alimentaires " ; Ed : MSDA ; 2004; 1-39.
- [29] Jean-Prost P., Médori P ; "Miel" ; In : Apiculture, Connaitre l'abeille-connaitre le rucher ; Edition TEC et DOC ; 2005 ; 180-419.
- [30] louveaux J ; " Les produits de rucher " In : Les abeilles et leur élevage ; Ed : OPIDA. 1985 ; 165-199.
- [31] Louveaux J ; " Les abeilles et leur élevage " ; Edition Opida ; 1985 ; 165-181.

- [32] Jean-Prost P ; " L'apiculture. Connaître l'abeille .conduire le rucher " ; 6ème édition Lavoisier ; 1987 ; 597.
- [33] 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 ; 16.
- [34] Donadieu Y ; " Pollen : thérapeutique naturelles" ; 5^{ème} Ed Maloine S.A ; Paris ; 1982 ; 31.
- [35] Journal officiel des Communautés Européennes. 2002. Directive 2001/110/CE/47-52.
- [36] Jeanne F ; "Le miel : Definition, Origine, Composition et proprietes " ; Technique Apicole ; 31(4) ; 2004 ; 185.
- [37]: Joshi S.R., Pechacker H., Willam A., Von Der Ohe W; " Physico-chemical characteristics of Apis dorsata, Apis cerana and Apis mellifera honey from Chitwan district " ; central Nepal; Apidologie ; 31(3) ; 2000; 367-375.
- [38] Codex Alimentarius ; revised codex standard for honey ; codex standard 12- 1981 ; Rev. 1 (1987) ; Rev. 2 ; 2001 ; 1-7.
- [39] Codex Alimentarius ; Codex Stan 12-1981 - Norme pour le Miel 1981 ; [en ligne] ; Adresse URL : http://www.codexalimentarius.net/web/index_fr.jsp
- [40] Chauvin R ; " Traité biologique de l'abeille", Tome 3 ; Edition Masson de Cie ; Paris ; 1968 ; 298-310.
- [41] Louveaux J., Maurizio A., Vorwohl G ; " Les méthodes de la méliko-palynologie" ; commission internationale de botanique apicole de l'U.I.S.B ; 1970 ; 17.
- [42] Gonnet M ; " Le miel ; composition, propriétés, conservation" ; INRA station expérimentale d'apiculture ; 1982 ; 1-18.
- [43] Azeredo L., Da C., Azeredo M.A.A., Souza S.R., Dutra V.M.L ; " Protein contents and physicochemical properties in honey samples of Apis mellifera of different floral origins" ; Food Chemistry ; 80 ; 2003; 249-254.
- [44] Ferreira I. C. F. R., Aires E., Barreira J. C. M., Estevinho L. M ; " Antioxidant activity of Portuguese honey samples : Different contributions of the entire honey and phenolic" ; Food Chemistry ; 114 ; 2009 ; 1438-1443.
- [45] Al M.L., Dezmiorean D. A., Bobis O., Laslo L., Bogdanov S ; " Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania" ; Food Chemistry ; 112 ; 2009 ; 863-867.
- [46] Yazli S, Oudihat N ; " miel : composition chimique et propriétés biologiques" ; mémoire de magister en biochimie ; Université Abderrahmane mira Bejaïa ; 2010-2011.
- [47] Jean-prost P ; " Apiculture (Connaitre l'abeille – Conduire le rucher) " ; 6 ème édition ; TEC et DOC ; Lavoisier ; Paris ; ISBN ; 2-85206-375-1 ; 1987 ; 309-341.

[48] Ozcan M., Arslan D., Ceylan D.A ; " Effect of inverted saccharose on some properties of honey " ; Food Chemistry ; 99 ; 2006; 24-29.

[49] ouchemoukh S., Louaileche H., Schweitzer P ; " Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys " ; Food Control ; 18 ; 2007; 52-58.

[50] Meda A ; " Utilisation thérapeutique des produits de la ruche : Etude photochimique et activité biologique des miels de BURKINA FASO " ; Thèse de doctorat en science biologique appliquée ; 1-139.

[51] Gonnet M ; " L'hydroxyméthylfurfural dans les miels : Mise au point d'une méthode de dosage " ; Ann. Abeille ; 6 (1) ; 1963; 53-67.

[52] Deschamps V.C ; " Production et commercialisation du miel " ; Thèse de doctorat vétérinaire ; Université Paul Sabatier ; Toulouse ;1998 ; 118.

[53] Bogdanov S., BIERI K., KERSULEC B ; " Miel " ; Disponible sur : [www. Produits apicoles 23A miel.fr](http://www.Produits-apicoles-23A.miel.fr) ; 2004 (consulté le : 11.05.2013).

[54] Louveaux J ; " Composition propriété et technologie du miel" ; Les produits de la ruche ; In Traité de biologie de l'abeille ; Tome 03 ; Ed Masson et Cie ; 1968 ; 389.

[55] Louveaux. J ; " L'analyse pollinique des miels" ; In Traité biologique de l'abeille ; Tome 3 ; Edition Masson de Cie, Paris ; 1968 ; 324-361.

[56] Al-Mamary M., Al-Meerri A., Al-Habori M ; " Antioxidant activities and total phenolics of different types of honeys" ; Nutrition Research ; 22; 2002; 1041-1047.

[57] Yao L., Datta N., Tomas-Barberan F.A., Ferreres F., Martos I., Singanusong R ; " Flavonoids, phenolic acids and abscisic acid in australian and New Zealand Leptospermum honeys" ; Food Chemistry ; 81 ; 2003 ; 159-168.

[58] Soler C., Gil M.I., Garcia-Viguera C., Tomas-Barberan F.A ; " Flavonoid patterns of french honey with different floral origin" ; Apidologie ; 26 ; 1995 ; 53-60.

[59] Amiot M.J., Aubert S., Gonnet M., Tachini M ; " Les composés phénoliques des miels : Etude préliminaire sur l'identification et quantification par familles" ; Apidologie ; 20 (2) ; 1989 ; 115-125.

[60] Murray S. S., Schoeninger M. J., Bunn H. T., Pichering T. R., Marlett J. A ; " Nutritional composition of some wild plant food and honey used by hadza foragers of Tanzania" ; Journal of Food Composition and Analysis ; 14 ; 2001; 3-13.

- [61] Bogdanov S., Matzke A ; " Honig – eine naturliche Siisse" ; Ed : Der Schweizerische Bienenvater, Bienenprodukte und Apitherapie ; Winikon ; Fachschriftenverlag VDRB ; 2003; 7-40.
- [62] Bouseta A., Collin S., Dufour J.P ; " Characteristic aroma profiles of unifloral honeys obtained with a dynamic headspace GC-MS system" ; Journal of Apicultural Research ; 31(2) ; 1992 ; 96-109.
- [63] Gonnet M., " Miels : couleurs, odeurs, aromes; il en existe pour tous les gouts" ; L'abeille de France ; 769 ; 1992 ; 119-123.
- [64] Jean-Prost P ; " Miel " ; In Apiculture ; Edition technique et documentation ; 6 éme édition ; 1987 ; 310-346.
- [65] Rossant A ; " LE MIEL, UN COMPOSE COMPLEXE AUX PROPRIETES SURPRENANTES" ; thèse de doctorat en pharmacie ; UNIVERSITE DE LIMOGES ; 2011.
- [66] Mendes E., Brojo P., roenc E., Ferreira I.M.P.L.V.O., Ferreira M.A ; "Quality évaluation of Portuguese honey" ; Carbohydrate Polymers ; 37 ; 1998; 219-223.
- [67] Silva L. R., Videira R., Monreiro A. P., Valentao V., Andrade P. B ; " Honey from luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents " ; Microchemical Journal ; 1016 ; 2009; 10.
- [68] Bogdanov S., Lullman C., Martin P., Von Der Ohe W., Russmann H., Vorwohl G., Oddo P.L., Sabatini A.G., Marcazzan G.L., Piro R., Flamini C., Morlot M., Lhéritier J., Borneck R., Marioleas P., Tsigouri A., Kerkvliet J., Ortiz A., Ivanov T., D'Arcy B., Mossel B., Vit P ; " Qualite du miel et norms internationaux " ; Abeilles et Cie ; 71; 1999; 20-26.
- [69] Tarreb A., Diez M.J., Heredia F.J ; " Characterization of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics " ; Food Chemistry ; 79 ; 2002 ; 373-379.
- [70] Dr Sable ; " Propriétés, valeur nutritionnelle et diététique du miel, cas du miel de tournesol " ; Apithérapie ; la science de l'abeille pour l'énergie et le bien-être ; 1997 ; n°57950 ; 25-32.
- [71] Pham-Delegue M.H ; " Les abeilles" ; Genève ; Minerva ; 1999 ; 206 p.
- [72] Pridal A., Vorlova L ; " Honey and its physical parameters " ; Czech J ; Anim ; Sci ; 47(10) ; 2002; 439-444.
- [73] Bonvehi J.S ; " Propriétés physicochimiques des miels de Lavandule latifoulia " ; Med ; Produits en Espagne ; Sciences des aliments ; 8 ; 1988 ; 226-307.
- [74] White J.W., Bryant V.M; " Assessing Citrus honey quality " ; Pollen and Methyl Anthranilate content ; Journal of Agricultural Food Chemistry ; 44 ; 1996 ; 3423-3425.

- [75] Gout J ; " Le miel " ; Editions Jean-Paul Gisserot ; Paris ; 2009 ; 64 p.
- [76] Chauvin R ; " Action physiologique et thérapeutique des produits de la ruche " ; In : Traité de biologie de l'abeille ; Editions Masson et Cie ; Paris ; Tome 3 ; 1968 ; 116-154.
- [77] Atoui A.K., Mansouri A., Boskou G., Kefalas P ; " Tea and herbal infusion: Their antioxidant activity and phenolic profile " ; Food Chemistry ; 89 ; 2005 ; 27-36.
- [78] Esposito E., Rotilio D., Di Matteo V., Di Giulio C., Cacchio M., Algeri S ; " A review of specific dietary antioxidants and the effects on biochemical mechanisms related to neurodegenerative processes " ; Neurobiology of Aging ; 23 ; 2002; 717-735.
- [79] Bertonec J., Dobersek U., Jamnik M., Golob T ; " Evaluation of phenolic content: antioxidant activity and colour of Slovenian honeys " ; Food Chemistry ; 105 ; 2007; 822-828.
- [80] Ferreira I.C.F.R., Aires E., Barreira J.C.M., Estevinho L.M ; " Antioxidant activity of Portuguese honey samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract " ; Food chemistry ; 114 ; 2009 ; 1438-1443.
- [81] Bogdanov S., Blumer P ; " Propriétés antibiotiques et naturelles du miel " ; Revue Suisse d'Apiculture ; 98(3) ; 2001 ; 107-114.
- [82] Molan P.C ; " The antibacterial activity of honey " ; The nature of the antibacterial activity ; Bee World ; 73(1); 1992 ; 5-28.
- [83] Bogdanov S., " Stockage, cristallisation et liquéfaction du miel " ; Centre suisse de recherche apicoles ; 1999 ; 05.
- [84] Gonnet M ; " Les principaux critères de la qualité d'un miel " ; L'abeille de France et L'apiculteur ; 783(6) ; 1993 ; 269-271.
- [85] Muli E., Munguti A., Raina S. K ; " Quality of Honey Harvested and Processed Using Traditional Methods in Rural Areas of Kenya " ; ACTA VET ; BRONO ; 76 ; 2007 ; 315-320.
- [86] Terrab A., Recamales A. F., Hernanz D., Heredia F.J ; " Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents " ; FOOD Chemistry ; 88 ; 2004 ; 537-542.
- [87] Lazaridou A., Biliaderis C.G., Bacandritsos N ; " Composition, thermal and rheological behavior of selected Greek honeys " ; Journal of Food Engineering ; 64 ; 2004 ; 9-21.
- [88] Rodriguez G. O. D., Ferrer B. S., Ferrer A., Rodriguez B ; " Caractérisation of honey produced in Venezuela " ; Food chemistry ; 84 ; 2004; 499-502.
- [89] Kahraman T., Buyukunal S.K., Vural A., Altunatmaz S.S ; " Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey " ; Food chemistry ; In press 2010.

- [90] Sahinler S., Sahinler N., Gul A ; " Determination of honey botanical origin by using discriminant analysis " ; Journal of animal and veterinairy advanes ; 8 ; 2009 ; 488-491.
- [91] Ajlouni S., Sujirapinyokul P ; " Hydroxymethylfurfuraldehyde and amylase contents in Australian honey ";Food Chemistry ; 119 ; 2010 ; 1000-1005.
- [92] Odeh I., Abu-Lafi S., Dewik H., Al-Najjar I., Imam A., Dembitsky Valery M., Hunus Lumir O ; " A variety of volatile compounds as markers in Palestinian honey from Thymus capitatus, Thymelaea hirsute, and Tolpis virgata " ; Food Chemistry ; 101 ; 2007 ; 1393-1397.
- [93] Bogdanov S., Gallmann P ; " Authenticity of Honey and Other Bee Products State of the Art " ; Ed : 1 ; ISBN ; 978-3-905667-59(2) ; 2008 ; 3-5.
- [94] Gonnet M ; " La cristallisation dirigee des miels: actualization des methods de travail et avantages lies à cette pratique technologique " ; Abeilles et Fleurs ; 430 ; 1994 ; 9-10.
- [95] Gonnet M ; " Miel crème " ; Revue Française de L'apiculture ; 12 ; 1985 ; 591-593.
- [96] Gonnet M ; " Hygiène de production et protection sanitaire des miels " ; Abeilles et Fleurs ; 439 ; 1995 ; 14-22.
- [97] Goonet M ; " Vieillissement des miels " ; Que faut-il contrôler ? ; Revue Française d'Apiculture ; 505 ; 1991 ; 111-114.
- [98] Bogdanov S ; " Contaminants of bee products " ; Apidologie ; 37(1) ; 2006 ; 1-18.
- [99] EU Pesticides database ; Site internet des LMR de pesticides dans l'Union Européenne ; Adresse URL : http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm ; page consultée le 17/06/2013.
- [100] Devillers J., Pham-Delegue M.H ; " Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals " ; Editions Taylor & Francis ; Londres et New-York ; 2002 ; 332.
- [101] Bomenshenk J.J., Gudatis J.L., Carlson S.R., Thomas J.M., Simmons M.A ; " Population dynamics of honey bee nucleus colonies exposed to industrial pollutants " ; Apidologie ; 22 (4) ; 1991 ; 359-369.
- [102] Kronic M.D., Terzic L.R., Kulincevic J.M ; " Honey resistance to air " ; contamination with arsenic from a copper processing plant ; Apidologie ; 20(3) 1989 ; 251-255.
- [103] Bogdanov S ; " Authenticité du miel suisse " ; Un nouveau projet au centre de recherche apicole ; Revue Suisse d'Apiculture ; 100 ; 2003 ; 27-30.
- [104] Cotte J.F ; "Application de l'analyse des sucres au contrôle de l'authenticité des miels" ; 2003.
- [105] Antinelli J.F., Clement M.C., Moussa I., Cordella C., Faucon J.P ; " Détection de canne à sucre dans les miels par analyses isotopique et microscopique : étude et Comparaison " ; Ann Falsif ; Expert chim ; 94(954) ; 2001 ; 13-22.

[106] Megherbi M ; " Analyse des polysaccharides dans les miels en vue du contrôle de leur qualité " ; 2006.

Adresse URL : <http://www.sca.cnrs.fr/sca/rub/recherche/posters/mmegherbi%20.pdf>

[107] Finola M., lasagno M.C., Marioli J.M ; " Microbiological and chemical characterization of honeys from central Aegetin " ; Food Chemistry ; 100 ; 1649-1653.

[108] Bogdanov S., CHARRIERE J.D., IMDORF A., KILCHENMANN V., FLURI P ; " Determination of residues in honey after treatments with formic and oxalic acid under field conditions " ; Apidologie ; 33(4) ; 2002 ; 399-409.

[109] Bogdanov S., Martin P., Lullmann C ; " Harmonised methods of the European Honey Commission" ; Apidologie ; Extra issue ; 1997 ; 1-59.

[110] : Bogdanov S., Lullman C., Martin P., Von Der Ohe W., Russmann H., Vorwohl G., Persano-Oddo L., Sabatini A. G., Marcazzan G. L., Piro R., Flamini C., Morlot M., Heritier J., Borneck R., Marioleas P., Tsigouri A., Kerkvliet J., Ortiz A., Ivanov T., D_Arcy B., Mossel B., Vit P ; " Honey quality and international regulatory standards " ; review by the international honey commission ; Bee World ; 80(2) ; 1999 ; 61-69.

[111]: Journal officiel Français. Arrête du 15 février 1977 relatif aux méthodes officielles d'analyse du miel : 1-30.

[112]: Bogdanov, S ; " Harmonized methods of the international honey commission " ; 2002 ; 1-62.

[113]: Bath P. K., Singh N ; " A comparaison between Helianthus annuus and Eucalyptus lanceolatus honeys " ; Food Chemistry ; 67 ; 1999 ; 398-397.

[114]: Gonnet M ; " L'analyse des miels Description de quelques méthodes de contrôles de la qualité " ; Bulletin technique Apicole ; 13(1) ; 1986 ; 17-36.

[115] : Salgarolo P ; " dosage des sucres réducteurs " ; In : pratique des manipulation de chimie ; 78-191.

[116]: Bradford M.M ; " A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the Principe of protein-dye binding " ; Analytical biochemistry ; 72 ; 1976 ; 248-254.

[117] De Rodriguez G. O., De Ferrer B. S., Ferrer A., Rodriguez B ; " Characterization of honey produced in Venezuela " ; Food Chemistry ; 84 ; 2004 ; 599-502.

[118] Kùcùk M., Kolayli S., Karaolu S., Ulusoy E., Baltaci C., Candan F ; " Biological activities and chemical composition of the honeys of different types of Anatolia " ; Food Chemistry ; 100 ; 2007 ; 526-534.

- [119] Baroni M. V., Arrua C., Nores M. L., Fayé P., Diaz M. P., ChiaBrando G. A., Wunderlin D. A ; " Composition of honey from Cordoba (Argentina) : Assessment of North/South provenance by chemometrics " ; Food Chemistry ; 114 ; 2009 ; 727-733.
- [120] Chakir A., Romane A., Marcazzan G. L., Ferrazzi P ; " Physicochemical properties of some honeys produced from different plants in Morocco " ; Arabian Journal of Chemistry ; 2011.
- [121] Elise Mbogning J., Tchoumboue F., Damesse M., Sanou Sobze., Antonella Canini ; " Caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone Soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun " ; TROPICULTURA ; 29(3) 2011 ; 168-175.
- [122] Abdulaziz S., Alqarni ., Ayman A., Owayss A., Awad A., Mahmoud ; " Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia " ; Arabian Journal of Chemistry ; 2012 ; 4,5.
- [123] Gonnet M ; " L'analyse des miels. Description de quelques méthodes de contrôle de la qualité " ; Bulletin techniques Apicoles ; volume 13(1) ; 1986 ; 17-36.
- [124] Gonzalez-Miret M. L., Terrab A., Hernanz D., Fernandez- Recanales M. A., Heredia F. J ; " Multivariate correlation between color and mineral composition of honeys and by their botanical origin " ; Journal of Agricultural and Food Chemistry ; 53 ; 2005 ; 2574- 2580.
- [125] Meda A., Lamien C. E., Millogo J., Romito M., Nacoulma O. G ; " Physicochemical analyses of Burkina fasan honey " ; Acta Veterinaria Brunensis ; 74 ; 2005 ; 147-152.
- [126] Jilani Imtinen b Hj., Schweitzer P., Khouja M.L., Zouaghi M., Ghrabi, Z ; "Physicochemical Properties and Pollen Spectra of Honeys Produced in Tunisia " ; Apiacta, 43 ; 2008 ; 38 - 48.
- [127] Ouchemoukh S ; " Caractérisation physico-chimique d'échantillons de miel d'origine locale " ; mémoire de magister en Biochimie ; Université Abderrahmane Mira de Béjaïa ; 2002/2003.
- [128] Buratti S., Benedetti S., Cosio M. S ; " Evaluation of the antioxidant power of honey, propolis and royal jelly amperometric flow injection analysis " ; Talanta ; volume 2007 ; 1387-1392.
- [129] Karabournioti S., Zevalaki P ; " les effets du chauffage sur le HMF et l'invertase des miels " ; Apiacta ; 36(4) ; 2001 ; 178-181.
- [130] Linda B.L., Lim., Franz L., Wimmer., Kooh Chern Yen., Adeline C.Y., Sung ; " A SURVEY OF THE QUALITY OF THE HONEYS SOLD IN BRUNEI DARUSSALAM " ; AJSTD ; 27(1) 2010 ; 1-10.
- [131] Silva da S.J.N., Schuch P.Z., Vainstein,M.H., Jablonski A ; " Determination of 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde in honey by micellar electrokinetic capillary electrophoresis" ; Cienc. Tecnol. Aliment. Compinas ; 28 ; 2008 ; 46-50.

[132] Crane E ; " Constituents and characteristics of honey " ; In : A Book of Honey ; Oxford Univ ; Press ; London ; 1980 ; 39.

[133] Bogdanov S., Martin P; " Honey Authenticity " ; A Review ; Swiss Bee Research Centre ; 2002.

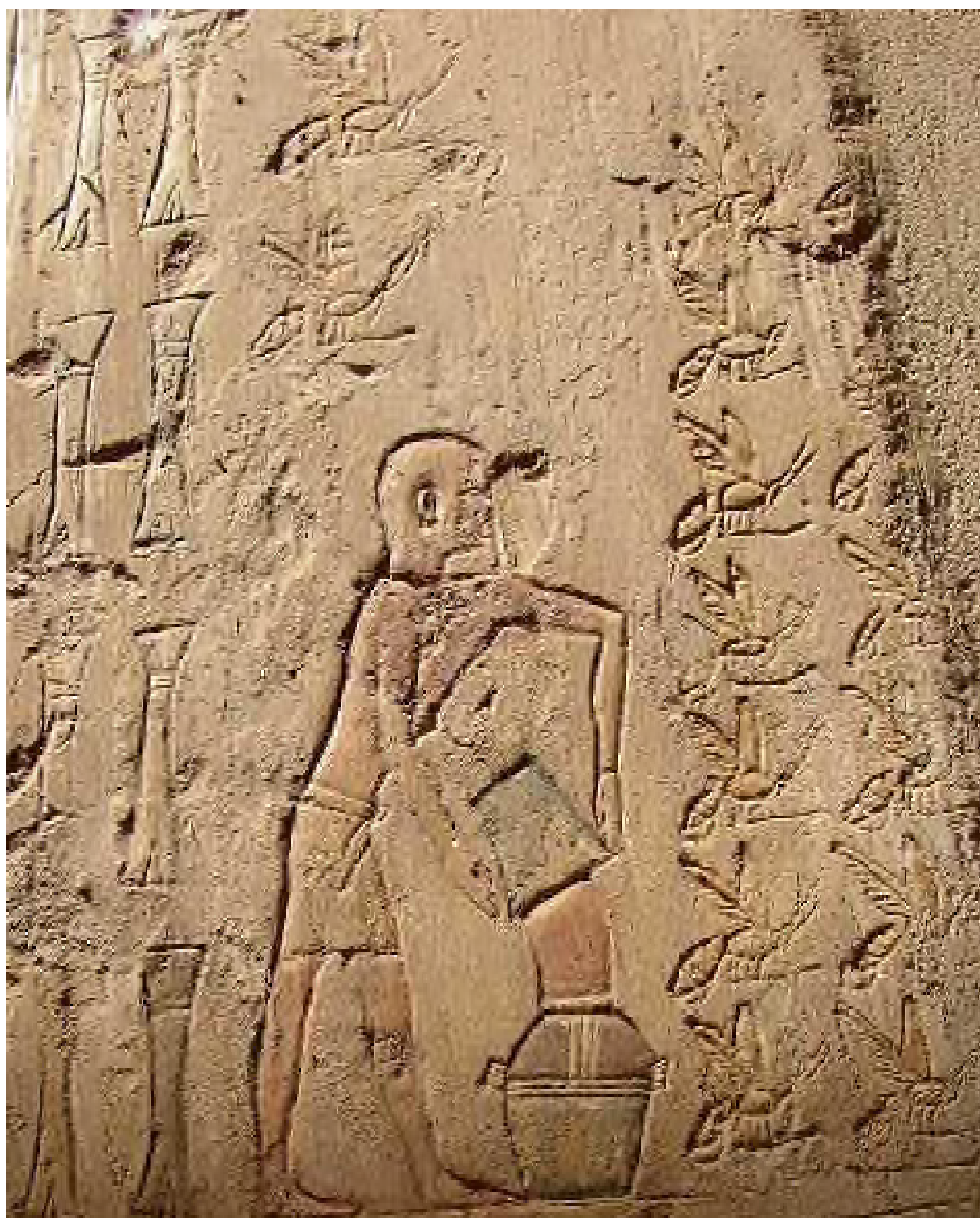
[134] Krell R ; " Value-added products from beekeeping " FAO Agricultural Services Bulletin ; 124 ; 1996.

[135] Audigie C l., Figarella J., Zonszain F ; " methodes d'analyse de substances glucidiques " ; In : manipulations d'analyses biochimique ; Ed, Doin ; 1984 ; 84-98.

[136] Shuifang Li., Yang Shan., Xiangrong Zhu., Xin Zhang., Guowei Ling ; " Detection of honey adulteration by high fructose corn syrup and maltose syrup using Raman spectroscopy " ; Journal of Food Composition and Analysis ; Elsevier ; 28 ; 2012 ; 69-74.

Annexe

Annexe 1. Première peinture représentant des hommes cueilleurs de miel



Annexe 2. Table de CHATAWAY reprise par Bogdanov 2002 [108]

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				

Annexe 3. Courbes d'étalonnages

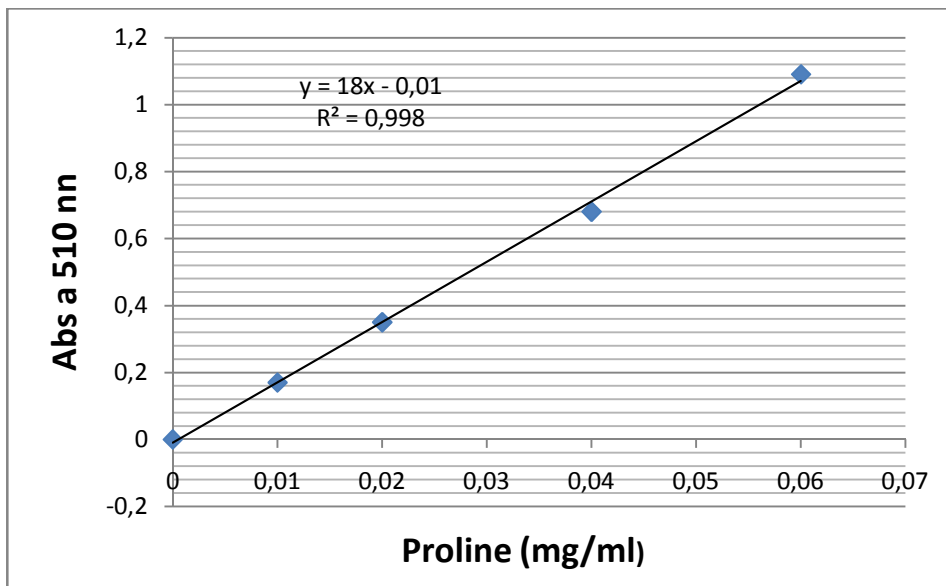


Figure N°1. Courbe d'étalonnage de la proline

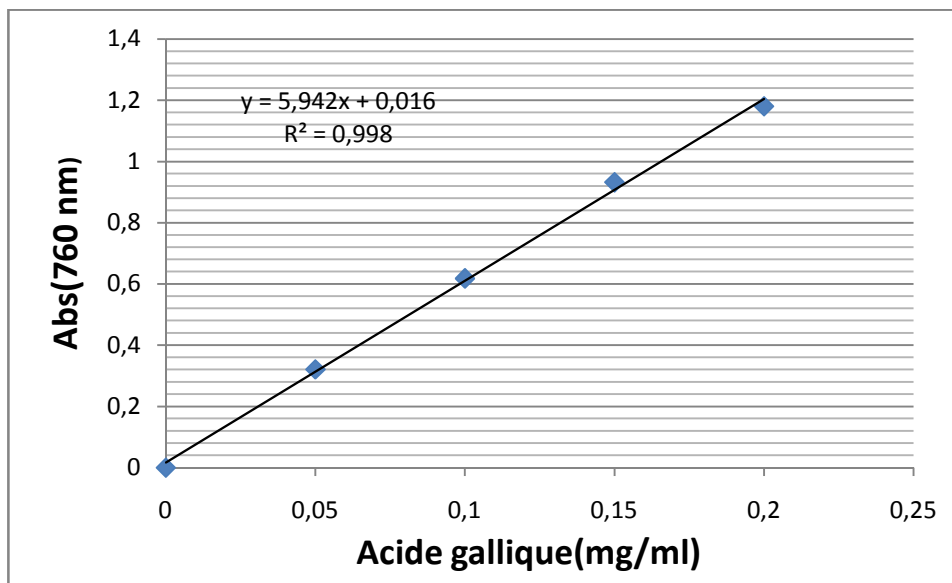


Figure N°2. Courbe d'étalonnage des composés phénoliques

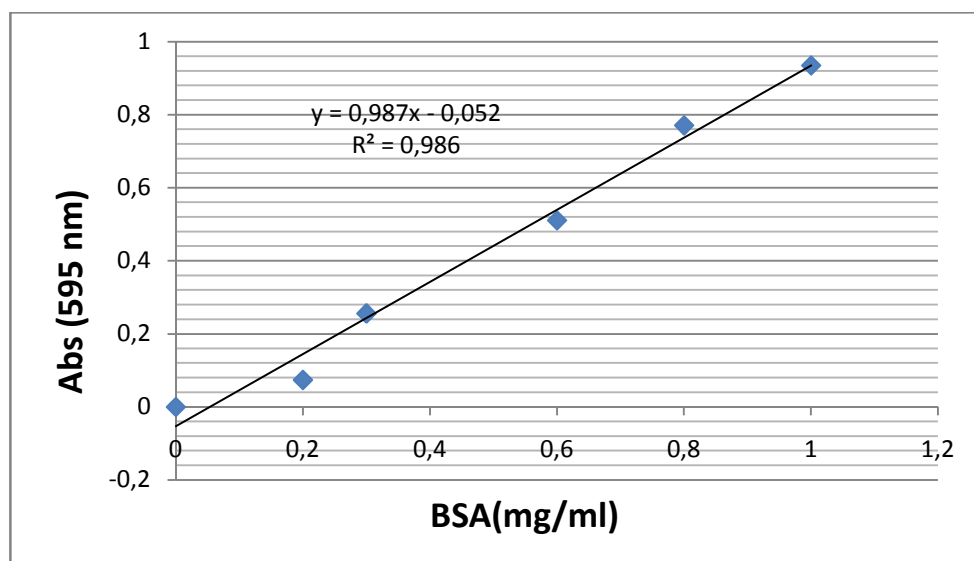


Figure N°3. courbe d'étalonnage des protéines

Annexe 4. Table de Bertrand [135]

KMnO4 (ml)	Sucres réducteurs (mg)	KMnO4 (ml)	Sucres réducteurs (mg)	KMnO4 (ml)	Sucres réducteurs (mg)
3,2	10	7,6	24,1	12,1	39,4
3,3	10,2	7,7	24,4	12,2	39,7
3,4	10,4	7,8	24,7	12,3	40,2
3,5	10,7	7,9	25,1	12,4	40,5
3,6	11,0	8,0	25,5	12,5	40,8
3,7	11,3	8,1	25,8	12,6	41,2
3,8	11,7	8,2	26,1	12,7	41,8
3,9	12,0	8,3	26,5	12,8	42,0
4,0	12,4	8,4	26,8	12,9	42,3
4,1	12,7	8,5	27,1	13,0	42,6
4,2	13,0	8,6	27,5	13,1	43,0
4,3	13,3	8,7	27,8	13,2	43,3
4,4	13,6	8,8	28,1	13,3	43,7
4,5	14,0	8,9	28,5	13,4	44,1
4,6	14,3	9,0	28,8	13,5	44,4
4,7	14,6	9,1	29,2	13,6	45,2
4,8	14,9	9,2	29,5	13,7	45,5
4,9	15,3	9,3	29,8	13,8	45,9
5,0	15,5	9,4	30,1	13,9	46,3
5,1	15,9	9,5	30,5	14,0	46,6
5,2	16,2	9,6	30,8	14,1	47,0
5,3	16,5	9,7	31,1	14,2	47,3
5,4	16,8	9,8	31,5	14,3	47,6
5,5	17,2	9,9	31,8	14,4	48,0
5,6	17,5	10,0	32,2	14,5	48,4
5,7	17,8	10,1	32,6	14,6	48,8
5,8	18,1	10,2	32,9	14,7	48,8
5,9	18,5	10,3	33,3	14,8	49,1
6,0	18,8	10,4	33,6	14,9	49,5
6,1	19,1	10,5	33,9	15,0	49,8
6,2	19,4	10,6	34,3	15,1	50,2
6,3	19,7	10,7	34,6	15,2	50,5
6,4	20,1	10,8	35,0	15,3	51,0
6,5	20,4	10,9	35,3	15,4	51,3
6,6	20,7	11,0	35,6	15,5	51,6
6,7	21,1	11,1	36,0	15,6	52,1
6,8	21,4	11,2	36,4	15,7	52,4
6,9	21,7	11,3	36,7	15,8	52,7
7,0	22,0	11,4	37,0	15,9	53,1
7,1	22,4	11,5	37,4	16,0	53,5
7,2	22,7	11,6	37,7	16,1	53,9
7,3	23,0	11,7	38,1	16,2	54,2
7,4	23,4	11,8	38,4	16,3	54,6

Annexe 5 : Normes et limites de certains paramètres physico-chimiques du miel selon le codex alimentarius de l'année 2001 et le journal officiel des communautés européennes 2002.

Paramètres physico-chimiques	Normes et limites
Teneur en eau	Miels en général : < 20 %
Teneur en sucre : Glucose et fructose	Miels de fleurs : > 60 % Miels de miellat ou mélangés avec des miels de fleurs : > 45 %
Saccharose	Miels en général : < 5 %
Sucres réducteurs	Miels de fleurs : > 65 % Miels de miellat ou mélangés avec des miels de fleurs > 60 %
Acidité libre	Miels en général : < 50 meq/Kg Miels destinés à l'industrie : <80 meq/Kg
Teneur en HMF	Miels en général : < 40 mg/Kg
Conductivité électrique	Miels de nectar : < 0,8 mS/ cm Miels de miellat : > 0,8 mS/cm
Teneur en cendre	Miels de nectar : < 0,6 % Miels de miellat ou mélangés avec des miels de fleurs < 1 %

