

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique
Université Mouloud MAMMERI de Tizi –Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biochimie et Microbiologie



Mémoire

De fin d'études

Présenté en vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Spécialité : Alimentation Humaine et Qualité des Produits

Thème

Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de certains miels locaux et importés

Réalisé par

M^{elle} : ABERSI Djedjiga

M^{elle} : HENNA Katia

M^{elle} : RAHEM Amina

Encadré par

M^{me} : OUALI ABDOUNE.S

Présenté devant le jury :

Président : BENGANA.M : Maitre assistant et chargé de cours U.M.M.T.O

Promotrice : OUALI-ABDOUNE.S : Maitre assistante et chargée de cours U.M.M.T.O

Examineur : Mme SAHMOUNE.F : Maitre assistante et chargée de cours U.M.M.T.O

Examineur : M^{elle} DERMECHE.S : Maitre assistante et chargée de cours U.M.M.T.O

Promotion 2015-2016

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont toujours soutenue et sacrifiée leur temps pour que je réussisse dans ma vie et ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

- ✚ A mes très chers parents, que le bon Dieu les protège pour nous ;
- ✚ A mes très chers frères : Arezki, Rabah et Said que j'adore beaucoup ;
- ✚ A mes très chères sœurs : Zhor, Dahbia, Djouhra, Zahia et Karima ainsi leurs maris : Mohamed, Mohand, Halim et Mustapha ;
- ✚ A ma belle sœur Horia et mon petit neveu Moumouh ;
- ✚ A mes neveux : Ahmed, Koussila, Foudil, Yahia, Mouloud, Aghilas, Amine, Youyou sans oublier Khalil et Yasmine ;
- ✚ A mes nièces : Noura et Fatiha, leurs maris Ramdan et Salem, Meryam, Naziha, Manel, Mellissa et Tinhinane ;
- ✚ A Rabah et toute sa famille ;
- ✚ A ma très chère grand-mère Tassadit N'Ali ;
- ✚ A ma tante Nana Dahbia ;
- ✚ A toute la famille ABERSI ;
- ✚ A mes cousins et voisins ;
- ✚ A mes binômes HENNA et RAHEM ;
- ✚ A la famille AOUEA, CHEBINI, HANOUTI, ABDEDOU et HABHAB ;
- ✚ A tous mes ami (es) ;
- ✚ A toutes les résidentes de D3 chambre 116 de Hasnaoua 4 ;
- ✚ A toute la promotion Alimentation Humaine et Qualité des Produits
- ✚ A tous ceux qui me sont très chers.

ABERSI Dj.

Remerciements

Nos remerciements s'adressent premièrement et avant tout au « Bon Dieu » tout puissant, qui nous a donné la santé pour réaliser ce travail, et pour sa grâce tout au long de notre vie.

Nous tenons à remercier vivement notre enseignante et promotrice ; Dr: OUALI-ABDOUNE S, pour ses précieux conseils, ses encouragements et sa disponibilité à toute heure pour mener à temps notre travail.

Nous remercions aussi les membres du jury qui ont bien voulu examiner notre travail et l'apprécier à sa juste valeur.

Nous remercions chaleureusement le personnel du laboratoire d'Hydro-bromatologie de la faculté de médecine de l'université de Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.

Nous remercions infiniment Madame DJOUBER et Monsieur MOUHOUS. A pour leurs aides et disponibilité.

Nous adressons aussi nos remerciements à toute la promotion de l'Alimentation Humaine et Qualité des Produits de l'Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.

Nous remercions vivement et sans exception tous nos précepteurs, directeurs, administrateurs et enseignants de l'école primaire, de l'école fondamentale, du lycée et du département des sciences biologiques et agronomiques ainsi que le personnel des bibliothèques d'agronomie, de biologie et de la bibliothèque centrale.

Nous tenons également à remercier les apiculteurs et les dégustateurs pour leur aide et leur disponibilité.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

*A mes très cher parents, pour leurs sacrifices
durant tous ces années d'études*

A mon mari

A mes frères Nacim et Amine

A mes beaux parents

A toute ma famille

*A mes binômes Katia et Djedjiga et leurs
familles*

A tout mes amis

A tous ce qui mont aider de près et de loin

A tous ceux qui me sont chers

Amina

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

*A mes très cher parents, pour leurs sacrifices
durant tous ces années d'études*

*A mes frères Karim et Rabah et a leur femme
Safia et Mima*

A mes nièces Dania et Millina

A ma sœur Maya

A mon fiancé et à toute ma belle famille

A toute ma famille

*A mes binômes Djedjiga et Amina et leurs
familles*

A tout mes amis

A tous ce qui mont aider de près et de loin

A tous ceux qui me sont chers

Katia

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 01

Partie bibliographique

1. L'apiculture	02
1.1. Historique	02
1.2. L'importance de la filière apicole	03
1.3. Potentialités mellifères et répartitions géographiques.....	03
1.4. Aspect commercial et économique	03
1.5. L'abeille	05
2. Miel	12
2.1. Provenance du miel	12
2.2. Principales différences entre miel de nectar et miel de miellat.....	14
2.3. Classification des miels	17
2.4. Miel local.....	19
2.5. Miel importé	19
2.6. Composition chimique	20
2.7. Les propriétés organoleptiques du miel	21
2.8. Les propriétés physico-chimiques du miel.....	22
2.9. Les propriétés biologiques du miel	24
3. La récolte du miel	26
3.1 .Les étapes de la récolte.....	26
3.2. Principales différences entre miel artisanal et miel industriel.....	29
3.3. Principales modifications physiques, chimiques et biologiques subies par le miel pendant le stockage	31
4. Réglementation de miel	35
4.1. La qualité du miel.....	35

4.2. Les facteurs essentiels de composition et de qualité	35
4.3. Réglementation et législation du miel	35
4.4. Emballage du miel.....	36
4.5. Etiquetage et commercialisation du miel	36
4.6. Fraudes et leurs moyens de détection.....	37

Partie expérimentale

1. Matériel et méthodes	39
1.1. L'échantillonnage	39
1.2. Matériels.....	42
1.3. Méthodes	43
1.4. Analyse sensorielle.....	46
1.5. L'analyse statistique.....	47
2. Résultats et discussion.....	48
2.1 Résultats de l'analyse physicochimique	48
2.2 Résultats de l'analyse sensorielle	59
Conclusion.....	60

Perspectives

Annexes

Références bibliographiques

Liste des abréviations

AL: acidité libre

°B : degré Baumé

°C: degré Celsius

CCM : Chromatographie sur couches Minces

COD : Glucose oxydase

CPG: Chromatographie phase gazeuse

DSA : direction des services agricoles

HMF : Hydroxyméthylfurfural

HPLC : (CLHP) la chromatographie en phase liquide à haute performance

ORL : Oto-rhino-laryngologiste

UE : union européenne

UV : ultra violet

μS : micro siemens

Liste des tableaux

Tableau I : La production nationale en miel (Source : Ministère de l'Agriculture et développement rural)	04
Tableau II : Principales différences entre miel du nectar et de miellat	15
Tableau III : Les différents miels selon la couleur	18
Tableau IV: Propriétés et indications thérapeutiques plus spécifiques attribuées aux principaux miels unifloraux	25
Tableau V : L'influence de la température du stockage sur la détérioration des enzymes et l'apparition de HMF	36
Tableau VI : Effet de la teneur en eau sur le risque de fermentation de miel	37
Tableau VII : Les échantillons des miels locaux	40
Tableau VIII : Principales informations concernant les miels importés	41
Tableau IX : Matériels utilisés pour l'analyse physicochimique	42
Tableau X : Matériels utilisés pour l'analyse sensorielle	42
Tableau XI : Analyse organoleptique des miels analysés avec les nombres de dégustateurs.....	60

Liste des figures

Figure1 : Anatomie d'une abeille	06
Figure 2 : <i>Apis mellificasahariensis</i>	06
Figure 3 : <i>Apis mellificaintermissa</i>	07
Figure 4 : Ruche d'abeille moderne	08
Figure 5: Ruche d'abeille traditionnelle	08
Figure 6 : Cire d'abeille	09
Figure 7: Propolis	09
Figure 8 : Miel	10
Figure 9: Pollen	10
Figure 10 : Gelée Royale	11
Figure 11 : Diagramme résume les différentes étapes de la formation de miel	16
Figure 12 : les différents types de miel selon la couleur	17
Figure 13: Couteau à désoperculer	26
Figure 14 : Herse à désoperculer.....	26
Figure 15 : Extracteur manuel	26
Figure 16: Technologie du miel	30
Figure17 : Séparation de phases	32
Figure 18: Marbures.....	32
Figure 19 : photo des miels locaux	39
Figure 20 : photo des miels importés	41
Figure 21 : Histogramme de variations des teneurs en eau des miels locaux analysés.....	48
Figure 22 : Histogramme de variations des teneurs en eau des miels importés analysés	49
Figure 23 : Représentation graphique de la teneur moyenne en sucre des miels locaux	50
Figure 24 : Représentation graphique de la teneur moyenne en sucre des miels importés.....	50
Figure 25: Représentation graphique des valeurs de pH des miels locaux analysés.....	52
Figure 26: Représentation graphique des valeurs de pH des miels importés analysés	52
Figure 27: Représentation graphique des valeurs d'acidité des miels locaux	53
Figure 28: Représentation graphique des valeurs de l'acidité libre des miels importés.....	54
Figure 29: Représentation graphique du taux de HMF des miels locaux analysés.....	55
Figure 30 : Représentation graphique du taux de HMF des miels importés	55
Figure 31: Représentation graphique des valeurs de densité des miels locaux analysés	56

Figure 32: Représentation graphique des valeurs de densité des miels importés	57
Figure 33: Représentation graphique des valeurs de la conductivité électrique des miels locaux analysés.....	58
Figure 34: Représentation graphique des valeurs de la conductivité électrique des miels importés analysés	58

Introduction

Le miel est un produit précieux offert par la nature, il est connu et utilisé par l'Homme depuis les temps passés. Il est élaboré par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar des fleurs aussi bien que du miellat. Cette substance présente l'une des denrées alimentaires les plus appréciées, grâce à ses propriétés nutritionnelles et thérapeutiques.

L'Algérie possède des capacités mellifères très abondantes et variées, et un climat favorable pour toute exploitation apicole. La production apicole annuelle est de l'ordre de 6.000 tonnes actuellement et devra atteindre 10.000 tonnes/an à l'horizon de 2019 (DSA, 2015). Concernant la région de Tizi-Ouzou la production dépasse les 15 Kilogrammes par ruche.

Une production de 2 980 quintaux de miel a été réalisée dans cette wilaya, durant la campagne 2014/2015, selon la Direction Locale des Services Agricoles (DSA). Malgré ce rendement, son prix de vente reste toujours élevé. Par conséquent, la satisfaction des besoins des consommateurs est assurée par le recours aux importations. Ces miels sont nettement moins chers que les miels Algériens. Le vide juridique en matière d'importation et l'absence d'une législation rigoureuse pénalisent l'apiculture locale devant l'ouverture du marché international surtout avec l'émergence des fraudes dans la composition des miels. Dans l'intérêt de déterminer la qualité des miels locaux et des miels importés et d'évaluer le respect des normes requises ainsi que de connaître leurs compositions, nous effectuerons une étude des caractéristiques physicochimiques et organoleptiques de ces deux types de miel.

Notre travail consistera en une étude comparative des résultats obtenus par cette dernière.

Le plan du travail sera divisé en trois parties :

La première partie sera réservée pour la synthèse des données bibliographiques concernant l'apiculture, abeille et miel.

La deuxième partie comportera le matériel et les méthodes d'analyses utilisées ;

La troisième partie regroupera les résultats expérimentaux obtenus et leur discussion.

1. L'apiculture

1.1. Historique

L'abeille mellifère, a vécu à l'état sauvage 10 à 20 millions d'années avant l'apparition de l'homme (PHILIPPE, 2007). Ce dernier commence à la domestiquer en lui confectionnant divers abris (paniers, troncs d'arbres creux et poteries).

Les premières traces de récolte de miel par l'homme remontent à 12 mille ans comme en atteste une peinture rupestre découverte en 1921 dans la grotte d'araignée (Espagne) (LE CONTE, 2006b). L'apiculture, une solide tradition apicole, existe dans beaucoup de compagnes africaines, et cette activité joue un rôle important au sein de l'économie rurale. Au cours du siècle passé, alors que le flot de connaissances se répandait sur le sujet, les méthodes d'élevage se sont nettement améliorées (PETER, 2008).

1.2. L'importance de la filière apicole

1.2.1. L'apiculture en Algérie

Les premiers signes apicoles découverts en Algérie, sont ceux des mosaïques dont certaines cases sont ornées d'abeilles dans les ruines romaines de TIMGAD à Batna, d'autres découvertes historiques de pierres tombales, indiquent des apiculteurs tenant des rayons de miel à Djemila (Sétif).

Les ruches Algériennes étaient de formes variées, allongées, carrées, ou en forme cylindrique. C'est sous la colonisation Française que l'apiculture algérienne a commencé à évoluer, en passant des pratiques apicoles traditionnelles vers des pratiques modernes, avec la fondation de l'association algérienne des apiculteurs en 1884 par le médecin REISSER à Bordj Menail.

C'est seulement à partir des années soixante-dix que la ruche moderne a envahi toutes les campagnes avec l'amélioration des techniques d'exploitation à l'aide des différents programmes de développement.

1.2.2. L'apiculture à Tizi-Ouzou

D'après la Direction des Services Agricoles, la Kabylie en général est une nature favorable à la culture des abeilles et des essaims. Culture de tradition familiale pour les campagnards, ils disposaient de quelques ruches traditionnelles en liège. Durant les années 1970, l'état des ruches en bois avec des cadres. Certains ont un peu industrialisé cette élevage qui ne nécessite ni d'effort, ni de réel investissement. L'activité apicole a enregistré un essor ces 15 dernières années où la production de miel est passée de 190 quintaux en

2000 à 2980 quintaux en 2015, soit une augmentation de 1468%, la DSA informe que le nombre de ruches pleines est passé, de 55 000 unités en 2000 à 104 370 unités en 2015. Toutefois, et de l'avis du président de l'association des apiculteurs professionnels du massif du Djurdjura, la production de miel reste "en deçà de la demande locale". "L'avancée du béton et les feux de forêts qui réduisent l'espace mellifère de la wilaya ainsi que le dérèglement climatique influencent négativement cette production (DSA, 2015).

1.3. Potentialités mellifères et répartitions géographiques

Le potentiel apicole de l'Algérie est important. Le pays est riche de possibilités apicoles. L'abeille d'Algérie, très proche de l'abeille noire d'Europe, est robuste et bien acclimatée. A l'exception des régions désertiques des hauts plateaux et du Sud, l'apiculture est largement pratiquée dans les régions montagneuses à population dense (l'Aurès, la Kabylie), dans les plaines littorales (la Mitidja), dans les vallées des grands oueds (Oued el Kébir, la Soummam, l'Isser, l'Oued el Hammam).

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

- zone du littoral: miel d'agrumes et eucalyptus ;
- zone de montagne (Kabylie) : miel de toutes fleurs, lavande, carotte sauvage et bruyère ;
- hauts plateaux: miel de sainfoin, romarin et jujubier ;
- maquis et forêts : miel toutes fleurs et miellat.

1.4. Aspect commercial et économique

1.4.1. Dans le monde

Selon GOUT (2011), La production mondiale annuelle de miel est de l'ordre de 1,1million de tonnes. Elle peut fluctuer sensiblement d'une année à l'autre et les recueilles sont inégalement fiables suivant les pays. La chine est le premier pays producteur de miel (217 000 tonnes). Viennent ensuite les Etats-Unis (87 000 tonnes), le Mexique (56 000 tonnes), la Russie (48 000 tonnes), le Canada (33 000 tonnes), France (32 000 tonnes), la Hongrie (14 000 tonnes) et l'Italie (10 000 tonnes).

Les plus grands consommateurs de miel sont les Grecs avec 1,6Kg par habitant par an, suivis par les Suisses et les Allemands qui en consomment respectivement 1,5 et 1,3 Kg par

habitant par an. La France est en quatrième position, mais avec seulement 700g par habitant par an (AITLOUNIS, 2012).

En toute logique, la chine est le premier pays exportateur de miel (83 000 tonnes). On retrouve ensuite l'Argentine (62 000 tonnes), la France (35 000 tonnes), le Mexique (24 000 tonnes) et le Canada (10 000 tonnes).

1.4.2. En Algérie

Les pays d'Afrique du Nord disposent d'importantes potentialités mellifères, mais la production de miel reste faible. Cette faiblesse du niveau de production est due au manque de maîtrise des techniques de production intensive de la part des apiculteurs, aux changements climatiques ainsi qu'à la faiblesse de la transhumance, c'est-à-dire le déplacement des ruches en fonction de la production du nectar par fleur ou "miellée".

En Algérie, la production apicole annuelle est de l'ordre de 6.000 tonnes actuellement et devra atteindre 10.000 tonnes/an à l'horizon 2019 (DSA, 2015).

"L'Algérie s'est engagée depuis l'an 2000 dans le développement de l'apiculture en l'érigeant en filière vu son impact sur le développement durable et la sécurité alimentaire, et ce, à travers des programmes visant sa modernisation et son intensification (AITLOUNIS, 2012).

Tableau I : La production nationale en miel (Ministère de l'Agriculture et développement rural)

Année	Quantité (qx)	Rendement kg/ruche	Taux de Consommation	Prix Da/kg
2010/ 2011	25 430	4 à 6	90 g/habitant /an	1200-2000
2011/2012	30 000			
2012/2013	40 610	4 à 8		2000- 3000
2014	33 000			

➤ La production du miel à Tizi-Ouzou

La saison 2013 a battu de mémoire de spécialiste tous les records depuis au moins 30 ans.

Une production de 2 980 quintaux de miel a été réalisée dans la wilaya de Tizi-Ouzou, durant la campagne 2014/2015, selon la Direction Locale des Services Agricoles (DSA). Cette production a été réalisée par 4 416 apiculteurs qui disposent d'un patrimoine global de 104 370

ruches pleines reparties à travers le territoire de la wilaya, durant la même campagne, d'un total de 45 100 essaims.

Tizi Ouzou en particulier produit le miel le plus cher au monde mais qui n'a jamais été mis sur les circuits commerciaux internationaux. Le miel de jujubier, arbre connu en Kabylie, sous le vocable de «Azggwar», est le miel qui détient des records en matière de prix.

Quatre communes de la wilaya sont classées comme meilleures productrices de miel (DSA, 2015). Il s'agit de :

- Azazga : 179.4 quintaux ;
- Illoula : 133.15 quintaux ;
- Mekla : 120 quintaux ;
- Sidi Nâamane 105 quintaux.

Quant à la production d'essaims, les localités qui arrivent en tête sont :

- Azazga : 6200 unités ;
- Tizi-Ouzou : 4500 unités ;
- Yakourene : 2200 unités ;
- Akarrou : 2046 unités ;
- Tirmatine : 2000 unités.

1. 5.L'abeille

1.5.1. Définition

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

Apis mellifera, ou abeille mellifique, est une espèce dont les diverses races sont cultivées pour produire du miel, du pollen, de la gelée royale, de la propolis, de la cire et, dans certains cas, du venin. Parmi ces différentes races, la plus productive et la plus appréciée est sans aucun doute la *ligustica*, connue dans le monde entier sous le nom d'abeille italienne. Du point de vue morphologique, le corps de l'abeille se divise en trois parties : tête, thorax et, Abdomen (RAVAZZI, 2007) (Figure 1).

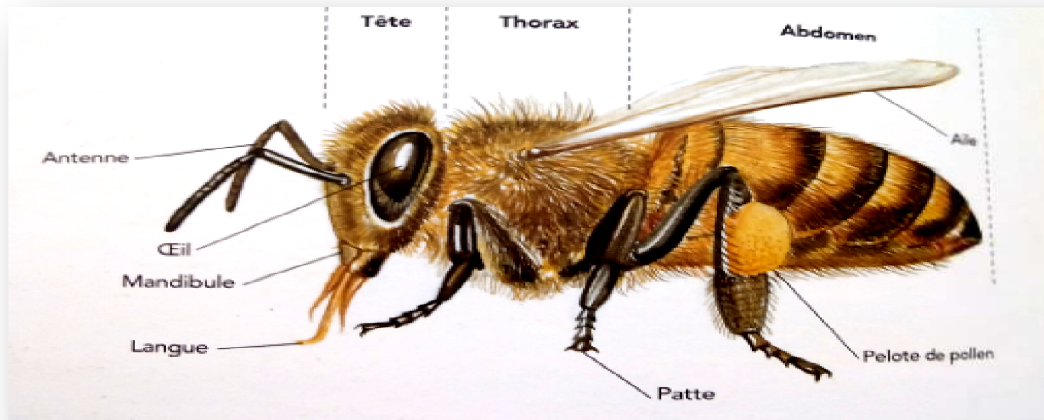


Figure 1 : Anatomie d'une abeille (CLÉMENT, 2010)

1. 5.2. Description des races d'abeilles Algériennes

Parmi les plus rependues en Algérie on trouve :

➤ *Apis mellifera sahariensis* (ou abeille Sahara)

Selon FRÈRE (2010), l'*Apis mellifera sahariensis* est définie comme suit :

- elle vit dans le sud marocain, en bordure de la frontière algérienne et du Sahara ;
- elle est de couleur jaune-rouge, très douce, butine très loin (plus de 5 km) ;
- elle résiste aux températures les plus élevées ;
- résistante aux vents de sable fréquents.



Figure 2 : *Apis mellifera sahariensis* (CLÉMENT, 2009).

➤ *Apis mellifera intermissa*

Elle est également appelée *Apis mellifera coffra*, abeille punique, abeille tunisienne ou abeille noire (FRÈRE, 2010).

- localiser au Nord Algérien, au Maroc, et en Tunisie ;

- bonne reproductrice de miel, peu agressive ;
- résistantes au climat méditerranéen ;
- supporte mal les hivers rigoureux.



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

1.5.3. L'habitat de l'abeille

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

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

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

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



Figure 4 : Ruche d'abeille moderne
(CLÉMENT, 2010).



Figure 5: Ruche d'abeille traditionnelle
(CLÉMENT, 2010).

1.5.4. Les habitants et produits de la ruche

➤ Les habitants

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

- **Reine**

Issue d'un œuf similaire à celui de l'ouvrière, mais pendu dans une cellule royale accroché aux rayons, la larve de la reine, nourrie uniquement avec la gelée royale, émerge seize jours plus tard. La reine peut vivre trois ou quatre ans, elle pond des œufs et régule les activités de la colonie grâce aux phéromones que secrètent ses glandes mandibulaires (CLÉMENT, 2009).

- **Les ouvrières**

Ce sont des femelles qui forment la caste la plus nombreuse, leur système buccal permet la récolte du nectar ou du miellat qu'elles emmagasinent dans leurs jabots. Leurs pattes arrières sont munies d'outils adaptés à la récolte du pollen et de la propolis. L'espérance de vie d'une ouvrière varie au cours de l'année de quatre à cinq semaines pour les abeilles d'été à plusieurs mois pour les abeilles d'hiver (CLÉMENT, 2009).

- **Les faux-bourdons**

Les mâles naissent vingt-quatre jours après la ponte des œufs déposés dans des alvéoles plus grandes que celles des ouvrières. Ils font leur apparition au printemps lorsque la colonie s'est fortement développée et que les jeunes reines commencent à naître. Leur rôle unique consiste en effet à assurer la fécondation de ces reines (CLÉMENT, 2009).

➤ Les produits de la ruche

• La cire

La cire d'abeille, substance sécrétée par les abeilles pour construire les rayons de leur ruche. Une grande partie de la cire prélevée dans les ruches ou lors de l'extraction du miel et reconditionnée en feuilles gaufrées, puis recyclées par les abeilles. Les apiculteurs confectionnent aussi des bougies aux formes variées. Elles entrent également dans la composition de nombreux produits cosmétiques (CLÉMENT, 2009).

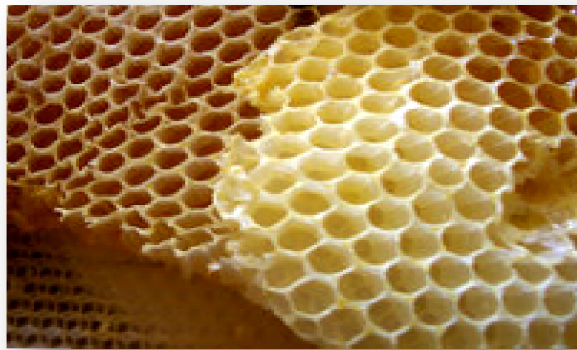


Figure 6 : Cire d'abeille (CLÉMENT, 2009).

• La propolis

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



Figure 7: Propolis (CLÉMENT, 2009).

- **Pollen**

Farine ou poussière qui constitue, chez les végétaux supérieurs, l'élément fécondant mâle de la fleur : ce sont de minuscules grains de forme plus ou moins ovoïde de quelques dizaines de micromètres de diamètre, initialement contenus dans l'anthère à l'extrémité des étamines (CLÉMENT, 2009). Selon EMILIE FREDOT, (2009) le pollen possède la composition suivante: (protéines : 35-40%, glucides : 35-40% et des lipides : environ 5%.



Figure 8: Pollen (CLÉMENT, 2009).

- **Gelée Royale**

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

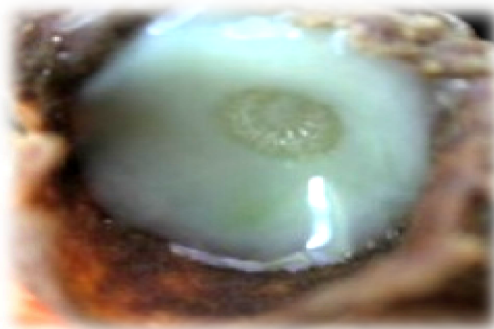


Figure 9 : Gelée Royale (CLÉMENT, 2009).

- **Venin**

Ce produit, synonyme de piqûre et de douleurs, est très difficile à récolter et encore très peu utilisé en médecine. Il est surtout employé pour le traitement des rhumatismes en raison de ses propriétés anti-inflammatoires (CLÉMENT, 2009).

•Miel

Le miel est le seul produit au monde qui soit consommé par l'homme et fabriqué par l'insecte ; de couleurs et de saveurs variées, paré de mille vertus, il parvient sur notre table telle que les infatigables ouvrières l'ont élaboré, en prélevant les ressources dans leur environnement sans ajout ni transformation naturel et authentique (CLÉMENT, 2009).



Figure 10 : Miel (CLÉMENT, 2009).

2. Miel

2.1. Provenance du miel

La sève élaborée, matière première du miel, est extraite des vaisseaux du liber de la plante par deux manières principales:

- par les nectaires élaborant le nectar ;
- par des insectes piqueurs-suceurs (pucerons principalement), excréant du miellat.

La sève élaborée absorbée par les pucerons, chemine dans leur tube digestif où les molécules de sucre sont fractionnées puis recombinaées. Ainsi se forme le mélizitose.

L'intestin des pucerons absorbe les éléments nécessaires à l'insecte, et l'excédent est expulsé sous forme de gouttelettes de miellat que les abeilles viennent sucer sur le corps même du puceron ou sur les feuilles. Les butineuses ajoutent de la salive au nectar ou au miellat qu'elles recueillent, ce qui le rend fluide et surtout l'enrichit en enzymes, catalyseurs biochimiques à l'origine de la transformation des sucres dans le miel. Elles remplissent leur jabot puis transportent le miellat ou le nectar jusqu'à leur ruche. Là, elles distribuent leur butin aux ouvrières d'intérieur et aux mâles. Miellat et nectar passent à plusieurs reprises d'une abeille à une autre en subissant chaque fois une addition de salive qui transforme les sucres. Déposé dans les alvéoles, le miel sera concentré, et protégé ; il achèvera là, sa transformation biochimique (CLEMENCE, 2005).

2.1.1 .Nectar

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

➤ Composition du nectar

Le nectar se forme à partir de la sève de la plante, mais sa composition diffère de celle de la sève, c'est une solution aqueuse plus ou moins visqueuse en fonction de sa teneur en eau qui peut être très variable. La matière sèche représente 5 à 80 % du nectar.

Cette matière sèche est formée de 90% de sucres dont les plus courants sont le saccharose, le glucose et le fructose. Outre les sucres, largement majoritaires, on peut trouver

des acides organiques (acide fumarique, acide succinique, acide malique, acide oxalique), des protéines dont des enzymes et des acides aminés (acide glutamique, acide aspartique, méthionine, sérine, tyrosine...), des substances aromatiques et des composés inorganiques (phosphate entre autre). Tous ces éléments vont donner aux miels leurs couleurs et leurs arômes (CLEMENCE, 2005).

➤ **La récolte du nectar par les butineuses**

Les nectaires sont généralement situés au fond de la corolle des fleurs. Pour y accéder, la butineuse doit pénétrer dans la fleur et allonger sa langue. Elle aspire le nectar, par pompage et par capillarité. Lorsque son jabot est rempli, elle rentre à la ruche où elle transfère le nectar "prédigéré" aux ouvrières manutentionnaires; cet échange de nourriture se nomme trophallaxie. Chaque fleur butinée laisse dans le miel sa carte identité, au travers de son nectar mais surtout au travers de ses micro-éléments (pigment, arôme, grain de pollen...).

➤ **Transformation de nectar en miel**

• **Dans le tube digestif des abeilles**

Le changement de la solution sucrée en miel commence déjà dans le jabot de la butineuse où diverses enzymes entrent en action. À la ruche, le nectar récolté et "prédigéré" par la butineuse est pris en charge par de plus jeunes abeilles, qui se l'échangent plusieurs fois (trophallaxie) et l'enrichissent en matières spécifiques et notamment en enzymes.

Les principales enzymes sont:

- la diastase qui permet de modifier l'amidon ;
- l'invertase qui divise le saccharose en glucose et en fructose ;
- la glucose oxydase qui, à partir du glucose, produit de l'acide gluconique et du peroxyde d'hydrogène.

Au fil des échanges entre les abeilles, la composition de la miellée évolue. Des sucres se scindent, d'autres s'assemblent afin de former de nouveaux sucres plus complexes. Les ouvrières complètent ainsi la transformation commencée dans le jabot de la butineuse.

❖ **La déshydratation du miel**

Quand la butineuse arrive à la ruche, la teneur en eau du nectar est supérieure à 50%. Le miel va être déshydraté par les ouvrières. Pour cela, elles régurgitent à plusieurs reprises une goutte de leur jabot et l'évalent dans l'atmosphère sèche de la ruche. Quand la concentration en eau atteint 40 à 50%, elles entreposent le miel dans les cellules. Les abeilles ventilent également la ruche: elles font rentrer de l'air extérieur que la colonie va chauffer à plus de 30°C et de ce fait, le miel va s'assécher. L'air chaud chargé d'humidité est rejeté vers le milieu

extérieur. La teneur en eau du miel doit ainsi être abaissée jusqu'à atteindre environ 18%. La cellule est alors fermée avec un opercule de cire qui permet une bonne conservation. La colonie dispose en réserve d'un aliment hautement énergétique, stable, de longue conservation et peu sensible aux fermentations (CLEMENCE, 2005).

2.1.2. Miellat

Le miellat est un produit sucré élaboré par divers insectes à partir de la sève des végétaux et dont se nourrissent certaines abeilles et fourmis. L'origine du miellat est restée longtemps un mystère. Dans l'antiquité, deux écoles s'affrontaient, l'une soutenant la thèse d'une origine végétale, l'autre d'une origine animale. Pour ceux qui croient à la thèse végétale, le miellat est une sécrétion des feuilles produite sous certaines conditions météorologiques. Les partisans de l'origine animale considèrent que ce sont les insectes, les pucerons, qui excrètent une substance sucrée après avoir sucé la sève des plantes. Depuis, on sait que le miellat provient des insectes et non des plantes (PROST, 2005).

➤ **Composition du miellat**

- 60% de saccharose, 20% de mélizitose ; 10% de lévulose et du maltose, du tréhalose, du raffinose, du glucose, ... etc.

➤ **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 sont exposés à de multiples prédateurs (coccinelles, punaises, guêpes). Il faut noter qu'en présence d'une abondance de nectar, cette source est délaissée par les abeilles. Les butineuses recueillent le miellat par léchage et remplissent progressivement leur jabot. Ce dernier plein, elles regagnent la ruche (PROST, 2005).

2.2. Principales différences entre miel de nectar et miel de miellat

Le miel de miellat est de couleur plus sombre et possède un goût plus prononcé que le miel de nectar. Il possède également des sucres plus complexes comme le mélézitose ou l'erlose, qui sont formés dans le tube digestif des abeilles. Il est aussi plus riche en azote, en acides organiques et en minéraux (figure 11) (KARL VON FRISCH, 2011).

Tableau II : Principales différences entre miel du nectar et de miellat (BRUNEAU, 2002).

Composants		Miel de miellat	Miel de nectar
pH		4.5	3.9
Minéraux (cendre)		0.58%	0.26%
Fructose et Glucose		61.6%	74%
Autres sucres exprimés en % des sucres totaux	Mélézitose	8.6%	0.2%
	Raffinose	0.84%	0.03%
	Maltose + isomaltose	9.6%	7.8%

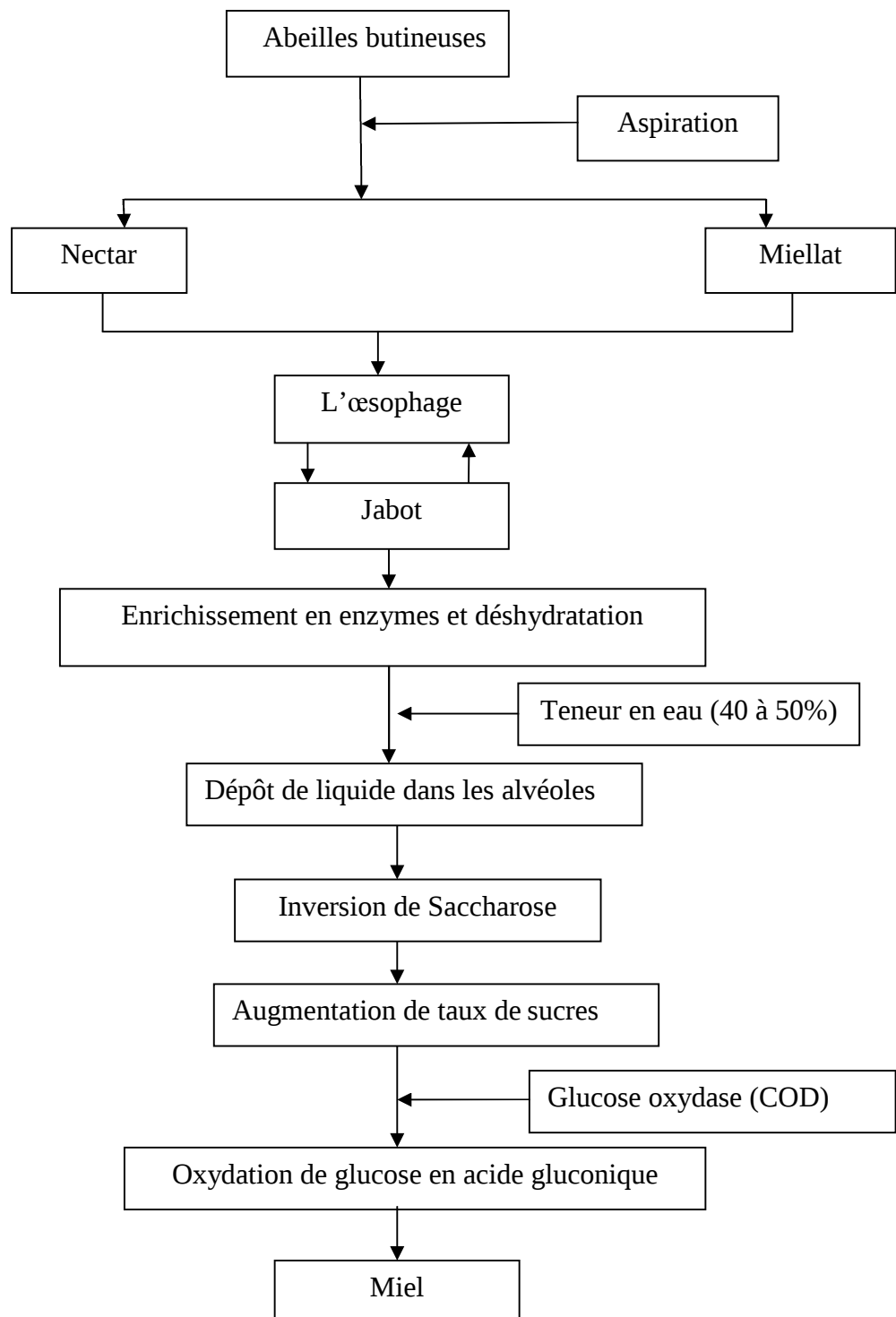


Figure 11 : Diagramme résume les différentes étapes de la formation de miel
(AIT LOUNIS, 2012).

2.3. Classification des miels

➤ En fonction de l'origine sécrétoire

- miel de fleurs ou de nectars, obtenus à partir du nectar des plantes ;
- miel de miellat, obtenu à partir des sécrétions des insectes suceurs, ou à partir des sécrétions provenant des plantes.

➤ En fonction de l'origine botanique

• Miel monofloral (unifloral)

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

• Miel multifloral

Les miels polyfloraux de saveurs et de couleurs très variables sont issus du nectar ou du miellat de différentes plantes (CLÉMENT, 2009).

➤ En fonction de la couleur

La grande variété de couleurs des miels dépend de la diversité de nos terroirs et des paysages qui les composent (figure 12). Produit naturel par excellence, le Miel possède des couleurs qui dépendent directement de la flore, source de vie pour la ruche. (Tableau III).



Figure 12 : Les différents types de miel selon la couleur (KARL VON FRISCH, 2011).

Tableau III : Les différents miels selon la couleur (CLEMENCE, 2005).

Miels monofloraux	Couleur du miel
Miel d'acacia	Très clair, limpide, couleur jaune pâle avec des reflets verts.
Miel de bourdaine	Foncé à brun roussâtre selon la cristallisation.
Miel de cerisier	Couleur ambrée rougeâtre
Miel de châtaignier	De couleur ambre sombre, il devient marron à l'état solide.
Miel de chêne	Coloration très sombre
Miel de colza	Clair à l'état liquide, il devient gris clair ensuite.
Miel de framboisier	Couleur jaune pâle, ambrée claire
Miel de lavande	Très clair à blanc
Miel de lierre	Couleur ambre à brun selon sa cristallisation
Miel de luzerne	Doré très clair avec des reflets de gris.
Miel de pissenlit	Comme la fleur, jaune éclatant
Miel de romarin	Très clair, presque blanc
Miel de ronce	Coloration roussâtre
Miel de sapin (de miellat)	Très foncé avec des teintes de vert selon les régions
Miel de sarrasin	Couleur d'un brun dense
Miel de tilleul	Couleur variable, jaune plus ou moins sombre
Miel de tournesol	Coloration Jaune vif à jaune pâle

➤ **En fonction de l'origine géographique**

En rapport avec la flore habituelle d'une région bien déterminée (miel des Alpes, d'Anjou, de Corse, du Gâtinais, de Provence, des Vosges, etc).

➤ **En fonction du mode de production et /présentation**

- miel en rayon;
- miel avec morceaux de rayons ;
- miel égoutté : obtenu par égouttage des rayons désoperculés ;
- miel centrifugé : obtenu par centrifugation des rayons désoperculés ;
- miel pressé : obtenu par pressage des rayons, avec ou sans chauffage (45°C au maximum) ;

- miel filtré : obtenu par élimination des matières étrangères, ce qui entraîne l'élimination de quantités significatives de pollen (AIT LOUNIS, 2012).

2.4. Le miel local

Différentes qualités de miel sont produites en Algérie. Les abeilles butinent les fleurs et donnent la propriété du miel. Ainsi les spécialistes en dénombrent dans notre pays pas moins de dix sortes différentes. Il s'agit de miel d'oranger, d'eucalyptus, de la carotte sauvage, du romarin, de lavande, de jujubier, de loubaina (cultivé dans le sud), de mirtre, de l'arbousier, et en fin, de toutes les fleurs du printemps.

Ces différents miels sont soit issus d'extraction des ruches modernes ou de passage (des ruches traditionnelles). En l'absence de labels permettant leur identification, c'est-à-dire dont l'origine florale est inconnue, ils sont commercialisés sous le nom de miel de toutes fleurs (HUSSEIN, 2005).

Il existe différentes formes de commercialisation du miel local, soit :

- dans le cadre restreint : de producteurs à d'autres consommateurs ;
- par l'intermédiaire des amis ;
- lors des foires d'exposition ;
- à travers la coopérative apicole ;

Certains apiculteurs livrent une partie réduite à la coopérative ; l'autre partie est conditionnée et revendue aux consommateurs et aux revendeurs. L'existence de plusieurs intermédiaires dans sa commercialisation fait que le miel est vendue à des prix élevés sur le marché (JUSTINE, 2005).

2.5. Le miel importé

L'insuffisance de la production et la vente mal organisée de miel sur le marché Algérien, fait que le miel local est souvent absent du circuit officiel de commercialisation. C'est pourquoi chez les petits commerçants et dans des grandes surfaces, on trouve du miel importé.

Le miel importé provient principalement des pays de l'Union Européenne (notamment l'Espagne, l'Allemagne et la France) et des pays asiatiques (l'Arabie Saoudite, la Chine, et l'Inde).

La plupart de ces miels sont commercialisés comme des miels toutes fleurs ayant subies une utilisation effrénée de pesticides, et à des prix bas par rapport aux miels locaux, la vérification de leur qualité est indispensable, surtout avec l'émergence des fraudes (JUSTINE, 2005).

2.6. Composition chimique

Le miel des abeilles est un aliment naturel reconnu pour son goût unique et ses vertus, c'est pourquoi de nombreuses études ont déjà été menées.

- **Les glucides**

Il est constitué de 75 à 80% de glucides avec 40% de fructose, environ 35% de glucose, un peu moins de 2% de saccharose selon les plantes que les abeilles ont butinées, ainsi que de 2% de maltose et de divers polysaccharides. Les miels sont formés de quatre à plus de dix sucres différents (PROST, 2005).

- **L'Hydroxyméthylfurfural**

Les monosaccharides, et tout particulièrement le fructose, sont dégradés en milieu acide par déshydratation moléculaire avec formation d'hydroxyméthylfurfural(HMF). Le taux d'HMF est le critère le plus fiable pour déterminer l'âge d'un miel, et son éventuelle dégradation. Ni les nectars, ni les miellats, ni les miels frais ne contiennent de l'HMF. La production de HMF est favorisée par la forte teneur en fructose et par l'acidité du milieu. D'après le *Codex Alimentarius* (2003), la teneur en HMF ne doit pas dépasser 40mg/Kg.

- **Teneur en eau**

La teneur en eau est en moyenne de 17 %, mais le miel étant un produit biologique, ce chiffre peut fluctuer. Il faut noter que certains miels de Bruyères et de Trèfle peuvent contenir jusqu'à 22-25% d'eau (FREDOT, 2009).

- **Les protides**

Le miel est une substance assez pauvre en protides. On y trouve des peptones, des albumines, des globulines ainsi que des acides aminés comme la proline, l'acide aspartique, l'acide glutamique, l'alanine, la cystéine (FREDOT, 2009).

- **Sels minéraux**

Le miel contient également de nombreux minéraux et oligo-éléments comme le potassium, le Calcium, le Sodium, le Magnésium, le Manganèse, le Fer, le Cuivre, le Bore, Phosphore, Soufre, Zinc, et Baryum, et le Silicium. Certains de ces oligo-éléments jouent un rôle important dans l'équilibre ionique et les réactions enzymatiques des cellules (CLEMENCE, 2005).

- **Les acides organiques**

Le miel contient aussi des acides. Le plus important est l'acide gluconique mais on trouve aussi une vingtaine d'acides organiques, comme l'acide acétique, l'acide citrique, l'acide lactique, l'acide malique, l'acide oxalique, l'acide butyrique, l'acide pyroglutamique et

l'acide succinique. A l'état de traces, le miel contient de l'acide formique, de l'acide chlorhydrique et de l'acide phosphorique (CLEMENCE, 2005).

- **Les vitamines**

Le miel contient essentiellement des vitamines du groupe B. Parfois on y trouve aussi de la vitamine C, ainsi que les vitamines A, Ket D.

- **Les lipides**

Les stérols forment la très grande majorité des lipides présents dans les miels. On les retrouve sous forme de cholestérol libre et sous forme d'esters de cholestérol. Ces derniers pouvant après consommation, devenir précurseurs d'hormones stéroïdiennes, les autres lipides sont des triglycérides et des acides gras libres tels que l'acide palmitique, oléique et linoléique, à l'exception du miel de tournesol, les miels ne contiennent que très peu de lipides (CLEMENCE, 2005).

- **Les enzymes**

Selon HENRI CLÉMENT. (2009), de nombreuses enzymes existent dans le miel: l'invertase, l' α -amylase, la β -amylase, l' α -glucosidase, glucose oxydase, la catalase et la phosphatase. Elles proviennent soit du nectar (origine végétale), soit des sécrétions salivaires des abeilles (origine animale).

2.7. Les propriétés organoleptiques du miel

Les miels récoltés peuvent être très divers, tant par leur coloration que par leur consistance et leur arôme.

- **La couleur**

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

- **La texture**

Cristallisé finement ou grossièrement, dur ou souple, pâteux ou liquide, le miel peut se présenter sous de nombreux aspects. S'il est parfaitement fluide au moment de son extraction, le miel ne reste cependant pas dans cet état de façon indéfinie. La vitesse de cristallisation varie avec la composition en sucres, la teneur en eau, la température de conservation.

- **Le goût et les arômes**

Suivant son origine florale, le miel peut présenter une grande variété de saveurs et d'arômes différents. Il existe une roue d'odeurs et d'arômes qui permet de décrire, les sensations perçues tant au niveau olfactif que gustatif lors de la dégustation d'un miel.

- **L'odeur**

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

2.8. Les propriétés physico-chimiques du miel

2.8.1. Les propriétés physiques

- **La densité**

La densité d'un miel homogène est le rapport exprimé en nombre décimal de la masse volumique de ce miel sur la masse volumique de l'eau pure à 4°C. (La masse volumique s'exprime en kg/m^3). La densité du miel varie approximativement de 1,39 à 1,44 à 20°C. Le miel est donc un produit relativement dense. Les variations de la densité proviennent surtout des variations de la teneur en eau. Plus un miel est riche en eau et moins il est dense.

On peut pratiquement se servir de la densité comme moyen de connaître la teneur en eau d'un miel (KARL VON FRISCH, 2011).

- **La viscosité**

La majorité des miels ont une viscosité normale, c'est-à-dire qu'ils suivent les lois de Newton sur l'écoulement des fluides. Selon (KARL VON FRISCH, 2011), la viscosité du miel dépend de trois facteurs qui sont, sa teneur en eau, composition chimique et de sa température. Cette viscosité est également accrue par la quantité de la matière colloïdale contenue dans le miel : les miels foncés ont une viscosité plus élevée que les miels clairs.

- **La chaleur spécifique**

La chaleur spécifique d'un corps est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C la température d'une unité de poids de ce corps. Un miel a 17 % d'eau, sa chaleur spécifique est de 0.54 à 20°C. Cela veut dire qu'il faut approximativement deux fois moins d'énergie (de joules) pour réchauffer du miel que pour réchauffer la même masse d'eau (KARL VON FRISCH, 2011).

- **La conductivité électrique**

La conductibilité électrique est la propriété d'un corps à permettre le passage du courant électrique. C'est donc l'inverse de la résistivité. (RAVAZZI, 2007), signale

que le miel à une conductivité électrique qui augmente avec la teneur en matières minérales.

- **L'indice de réfraction**

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

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

- **La turbidité**

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

- **La solubilité**

Selon PROST, (2005), le miel est soluble dans l'eau et l'alcool dilué, mais insoluble dans l'alcool fort, l'éther, le chloroforme et le benzène.

- **L'hygroscopicité du miel**

Le miel tend à absorber l'humidité de l'air et, si on le laisse trop longtemps dans une atmosphère humide, cette absorption peut être considérable. Un miel "normal", contenant 18% d'eau, peut atteindre, au bout de trois mois, une hygrométrie de 55% : son poids a alors augmenté de 84%. D'autre part, lorsqu'on veut dessécher le miel, il est nuisible de le maintenir en atmosphère rigoureusement sèche, parce qu'il se forme en surface une pellicule dure qui empêche le reste d'eau de s'évaporer.

2.8.2. Propriétés chimiques

- **Le pH**

Le miel est acide et son pH oscille en moyenne entre 3.5 et 6.

- **L'acidité**

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

2.9. Les propriétés biologiques du miel

2.9.1. La valeur alimentaire et diététique

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

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

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

2.9.2. La valeur thérapeutique

Le miel a toujours été utilisé comme remède à de nombreux maux. Quelques usages empiriques ont traversé le temps comme le fait de prendre une cuillère de miel lorsque la gorge se fait douloureuse.

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 médicale elle a été signalé l'action bénéfique du miel dans certains cas de maladies de l'estomac, de l'intestin, des reins ou des voies respiratoires (voir le Tableau IV) (PROST, 2005).

Tableau IV: Propriétés et indications thérapeutiques plus spécifiques attribuées aux principaux miels uni-floraux (AIT LOUNIS, 2012).

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

3. Les étapes de la récolte

3.1. La récolte du miel

Il s'agit de différentes techniques qu'utilise l'apiculteur pour enlever les cadres du miel de la ruche. La récolte s'opère à la fin de la floraison de la plante qui caractérisera le miel.

Dans le cadre d'un miel de toutes fleurs, la récolte est réalisée lors des floraisons les plus tardives. A la fin de la miellée, quand les cadres sont remplis de miel et operculés, l'apiculteur ramasse les hausses des ruches et les ramène dans sa miellerie afin d'extraire le miel (ADAM, 2010).

3.1.1. Pose des hausses

La récolte de miel se prépare dès la pose des premières hausses. Lorsque la colonie est suffisamment développée. Le moment de la pose des hausses est important et dépend de la situation géographique, du climat et de l'environnement botanique. Une pose prématurée risque d'entraîner une mortalité larvaire préjudiciable au développement de la colonie, ou une ponte de la reine dans cette hausse et non dans le corps de la ruche. Une pose tardive favorise l'essaimage par manque de place dans la ruche. Il est possible d'empiler plusieurs hausses en assurant que la structure corps-hausse soit stable (ADAM, 2010).

3.1.2. Sélection des cadres de miels à récolter

Lors de la récolte, il est important de sélectionner les cadres parfaitement operculés. Un tri parmi les cadres est effectué régulièrement au cours de la saison apicole afin de déposer les cadres operculés dans les hausses situées en haut de la ruche, et les cadres les plus vides dans la hausse la plus proche du corps de la ruche afin de faciliter son remplissage.

3.1.3. Mise en place d'un chasse-abeille

Deux jours avant la récolte, il est conseillé de placer un chasse-abeille entre les corps et les hausses à récolter afin de limiter le nombre d'abeilles présentes dans les hausses. Les abeilles restantes seront balayées délicatement le jour de la récolte (ADAM, 2010).

3.1.2. Désoperculation

L'apiculteur retire, à l'aide d'une lève cadres, les cadres remplis de miel. Il doit désoperculer les alvéoles gorgées de miel. Plusieurs outils permettent d'effectuer ce travail: le couteau à désoperculer, la herse, méthode manuelle et la machine Caillas (méthode mécanique).

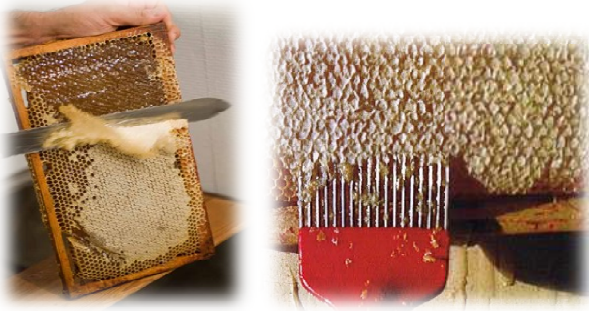


Figure 13: Couteau à désoperculer

(CLEMENCE, 2005)

Figure 14 : Herse à désoperculer

(CLEMENCE, 2005)



Figure 15 :Extracteur manuel(CLEMENC, 2005)

3.1.3. Centrifugation

Une fois libéré de leurs opercules, les cadres sont placés dans la centrifugeuse, en les répartissant de manière équilibrée selon leurs poids. La rotation s'effectue par la suite jusqu'à ce que tout le miel contenu dans les alvéoles soit projeté contre les parois. Le miel qui glisse le long des parois, s'accumule au fond de l'extracteur et récupéré par l'apiculteur après ouverture de la vanne (CLEMENCE, 2005).

3.1.4.Filtration

Le miel est récupéré et transvaser dans le maturateur muni de filtres de diamètres décroissants. En effet, à la fin de l'extraction, le miel contient de nombreux débris et impuretés, en particulier des débris de cire ou de pollen, qu'il est nécessaire d'éliminer(CLEMENCE, 2005).

3.1.5. Maturation et écumage

C'est une simple décantation dans un récipient qui doit être en acier inoxydable ou le miel abandonne ses impuretés (débris de cire, amas de pollen), ainsi que les bulles d'air incorporées pendant l'extraction qui se rassemblent en surface du maturateur. On les enlève au moyen d'une écumoire ou d'une pelle. La durée de maturation est de 2 à 8 jours selon PROST, (2005) et PHILIPPE, (2007).

3.1.6. Pasteurisation

La pasteurisation consiste à porter le miel à une température de 78°C pendant 6 à 7 minutes, puis le refroidir rapidement. L'appareillage comporte principalement des plaques chauffantes parallèles entre lesquelles le miel circulera en lames minces (PROST, 2005). Le miel pasteurisé est à l'abri des fermentations puisque les levures ont été détruites, et il se conservera à l'état liquide pendant au moins six mois.

3.1.7. Conditionnement

En règle générale, la conservation du miel se fera à température constante qui ne dépasse pas 20°C dans un récipient étanche, placé dans un endroit sec et à l'abri de la lumière. Grâce à la haute teneur en sucres, il se conserve très longtemps. Il se consomme idéalement dans les deux ans. Un miel cristallisé supporte mal les excès de température (plus de 25°C), qui risquent de provoquer l'effondrement de sa structure cristalline.

S'il est liquide, une température d'environ 25°C est souhaitable. Il faudra cependant le consommer rapidement, idéalement dans les 6 mois. Un miel trop humide sera conservé à 11°C, pour éviter qu'il ne fermente pas. Comme les miels absorbent l'eau, les pots seront fermés avec un couvercle hermétique et on évitera de les stocker dans un endroit trop humide.

En hiver des marbrures blanchâtres peuvent apparaître sur les parois du pot. Il s'agit la plupart du temps, de microscopiques bulles d'air qui demeurent prisonnières entre la paroi du pot et la masse de miel, et qui se rétractent en cristallisant (AIT LOUNIS, 2012).

3.1.8. Stockage et mise en pot

La mise en pot du miel, dernière étape du conditionnement, peut avoir lieu directement après l'extraction ou alors plus tard s'il avait été stocké en fûts. Le miel doit être entreposé dans un endroit frais et sec. La température idéale avoisine les 12°C. Bien qu'un miel traité dans les conditions optimales soit très stable, le vieillissement est une réalité non négligeable. Il existe deux méthodes différentes pour la mise en pot.

➤ Mise en pot directe

C'est la méthode la plus rapide. On la pratique généralement pour les miels qui doivent être commercialisés sous forme liquide. Après avoir laissé "maturer" (c'est-à-dire laissé remonter à la surface du maturateur les minuscules particules de cire qui sont passées à travers le tamis de filtration) pendant quelques jours, on installe un robinet ou une pompe doseuse à l'abaisse du maturateur, et on met en pots (AIT LOUNIS, 2012).

➤ Mise en pots différée

C'est la plus employée par les professionnels, pour au moins deux raisons principales :

- Les récoltes et les extractions ont lieu au moment où on a le plus de travail sur les ruches et donc au moment où on a le moins de temps à consacrer à la mise en pots.
- La demande des consommateurs n'étant pas toujours facile à prévoir, il est plus prudent de faire des mises en pots en fonction des circonstances.

3.2. Principales différences entre miel artisanal et miel industriel

Toutes ces étapes depuis la récolte jusqu'au stockage sont appliquées pour la préparation d'un miel artisanal « miel de table » un produit naturel par excellence, exempt de tout additif ou résidus, agréablement aromatisé et de bonne qualité.

Il existe aussi une catégorie de miel qui peut concurrencer le miel artisanal, c'est « le miel industriel » qui est produit en grandes quantités. Il revient donc à des prix relativement bas. Il suit presque les mêmes étapes de la technologie du miel artisanal mais avec un grand perfectionnement (AITLOUNIS, 2012).

La principale différence entre ces deux miels, réside dans le traitement thermique que subi le miel industriel. Cette opération est surtout valable pour les miels dont la quantité de glucose est comprise entre 28 et 35%, (figure 16).

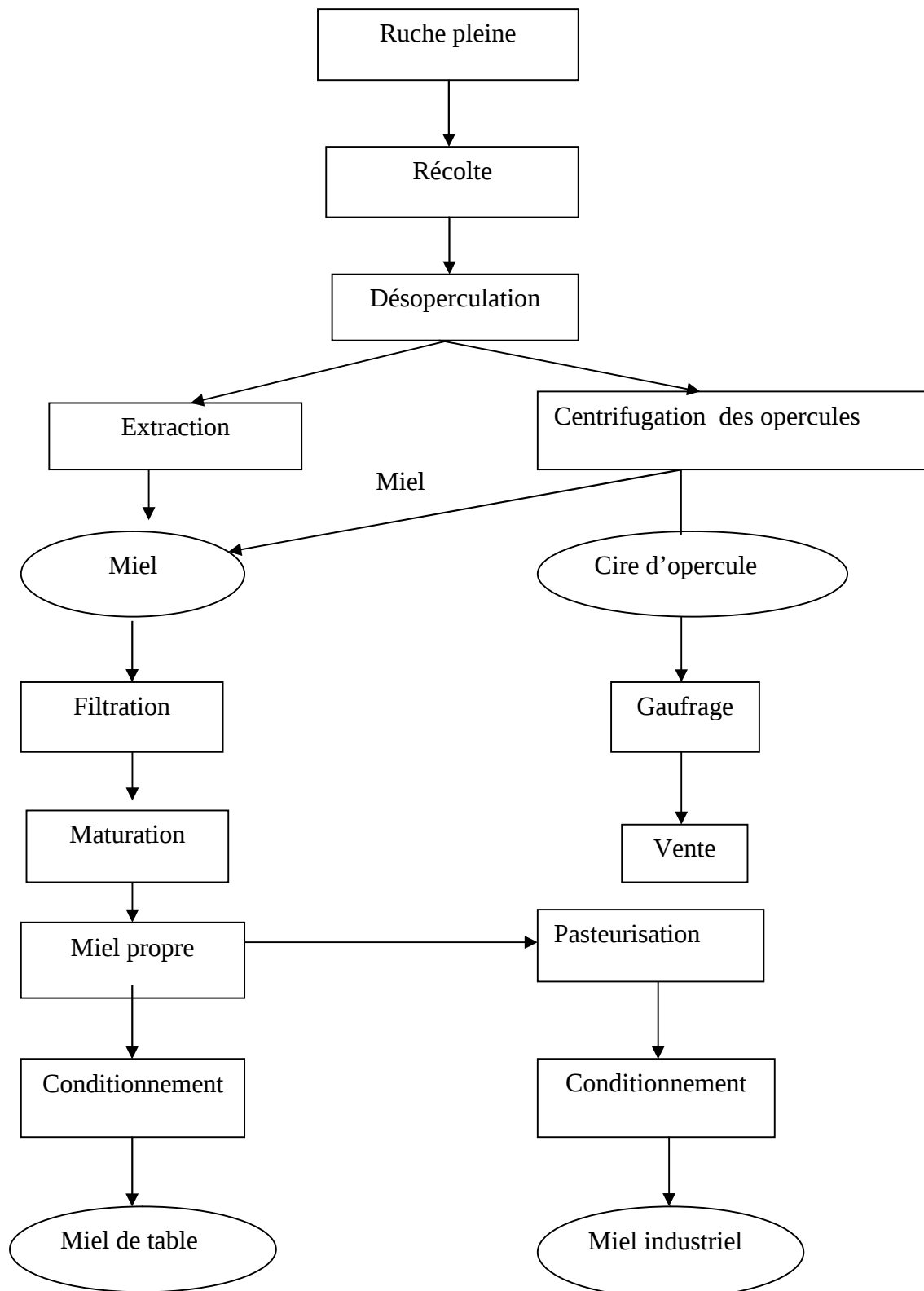


Figure 16: Technologie du miel (PROST, 2005).

3.3.Principales modifications physiques, chimiques et biologiques subies par le miel pendant le stockage

Comme tout produit biologique, le miel subit au cours du temps des modifications qui ont une importance plus ou moins grande sur sa conservation(ADDAD etHABBACI,2007).

3.3.1.Influence du milieu atmosphérique

➤ Absorption d'humidité

En raison de ses propriétés très hygroscopiques, le miel tend à s'équilibrer toujours avec l'humidité de l'air, d'ailleurs en atmosphère humide (plus de 60%), l'absorption d'eau peut se poursuivre longtemps et gagner très lentement en profondeur. Peu à peu la teneur en eau atteint les valeurs favorables à la fermentation (ADDAD etHABBACI,2007).

➤ Influence de la cristallisation

Un miel cristallisé est généralement plus fragile que ne l'est le même produit à l'état liquide. Sa conservation est donc plus difficile à assurer. Les principaux accidents qui peuvent se produire pendant et après la cristallisation d'un miel sont :

- **Les cristallisations incomplètes ou fractionnées**

Ce sont des cristallisations défectueuses. Elles se produisent souvent après un chauffage mal contrôlé du miel et lorsque la plus grande partie des cristaux primaires est détruite. Dans ces conditions, la cristallisation est très lente et s'accompagne d'une formation de gros cristaux qui s'agglomèrent et se précipitent sur le fond ou migrent vers les parois d'emballage en produisant des masses cristallines compactes séparées les unes des autres par le miel resté liquide. Le seul remède est la refonte totale et homogène du lot de miel et éventuellement sa cristallisation dirigée (ADDAD et HABBACI, 2007).

- **Séparation des phases**

La fragilité du réseau cristallin peut résulter d'un excédent d'eau combinée à l'action de la gravité. Les molécules des différents sucres sont stabilisées par des liaisons « hydrogène ».Cesliaisons sont cependant assez faibles. Les miels sont également soumis à l'action de la gravité. Cette force tend à faire descendre les molécules les plus denses (les sucres). Ces molécules de sucres ont tendance à se tasser vers le bas avec libération d'eau. Plus le miel contient d'eau, plus vite le phénomène va s'amorcer, c'est la séparation de phases. L'augmentation de l'humidité dans la partie supérieure est irréversible, un tel miel n'est plus commercialisable. Si un miel a une structure cristalline trop faible, il faudra le conserver à l'état liquide, la pasteurisation est dans ce cas la solution la plus recommandable (ADDAD etHABBACI, 2007).



Figure17 : Séparation de phases (BARTHOLOMEUS, 2010).

- **Arborescence**

Un miel en arborescence est un miel liquéfié par chauffage qui se recristallise de façon anarchique, en arborescence. Cela modifie l'aspect extérieur du miel et n'attire pas le consommateur, mais n'altère pas le goût du miel (FERHAT et al, 2014).

- **Marbures**

Des marbures plus ou moins hétérogènes sur les parois du récipient, révèlent une rétraction du miel à l'intérieur du pot sous l'effet du froid. Il crée une fine poche d'air, le miel se déshydrate et blanchit ; il présente des traînées blanches au moment de la mise en pot ou de l'extraction (FERHAT et al, 2014).



Figure 18: Marbures (BARTHOLOMEUS, 2010).

➤ **Influence du chauffage et du vieillissement naturel**

Un miel chauffé ou stocké dans de mauvaises conditions, subit des dégradations variables mais irréversibles. Un chauffage modéré maintenu pendant un temps long aura les mêmes effets sur le miel qu'un chauffage intense pratiqué pendant un temps court.

L'importance des transformations subies par le miel est donc étroitement liée au rapport température/temps de chauffage dans lequel intervient néanmoins le facteur « composition du produit ». Cependant, un miel chauffé à une température de 85°C ou plus, est entièrement détruit par la caramélisation.

Les principales altérations affectant un miel chauffé de manière excessive ou ayant subi un long vieillissement à température ambiante sont dues soit à :

- des réactions chimiques : dégradation lente des sucres (fructose) et formation d'H.M.F.

- des réactions biologiques : le fléchissement plus ou moins accentué en présence d'H.M.F de l'activité enzymatique. L'invertase est la plus sensible des enzymes car elle disparaît rapidement après un chauffage de 5 minutes à 80°C. l'amylase décline progressivement, et la gluco-oxydase est de loin, la plus résistante, elle perd 10% de son activité pendant ce chauffage (ADDAD et HABBACI, 2007).

L'importance de toutes ces dégradations chimiques ou biochimiques est liée, hormis les conditions de chauffage ou de conservation, à la composition du produit. En effet, d'une manière générale, plus la teneur en eau d'un miel est élevée, plus le pH est bas ; plus les transformations subies par le produit seront profondes et se résument dans les points suivants :

- la teneur en H.M.F augmente ;
- l'acidité libre augmente ;
- le taux de sucres réducteurs baisse sensiblement ;
- l'activité enzymatique faiblit.
- la disparition des arômes qui seront remplacés peu à peu par des substances colorées d'odeur désagréable et de goût amer. Ces substances proviennent de transformations biochimiques complexes qu'on appelle « réactions de Maillard », ainsi la couleur du miel devient plus foncée lors du stockage en présence de la lumière ou de la chaleur (BARTHOLOMEUS, 2010) (Tableau V).

Tableau V: L'influence de la température du stockage sur la détérioration des enzymes et l'apparition des HMF (APIDOR, 2012).

Température de stockage (°C)	Temps nécessaire à la formation de 40 mg d'HMF/Kg miel	Durée de demi-vie diastase	Durée de demi-vie invertase
10	10-20 années	35 années	26 années
20	2-4 années	4 années	2 années
30	0,5-1 année	200 jours	83 jours
40	1-2 mois	31 jours	9,6 jours
50	5-10 jours	5,4 jours	1,3 jour
60	1-2 jours	1 jour	4,7 jours
70	6-20 heures	5.3 heures	47 minutes

Durée de demi-vie : Durée nécessaire pour diminuer de moitié l'activité enzymatique.

➤ Fermentation

C'est l'accident le plus grave, il provoque une altération profonde et irréversible du miel. La fermentation est due à la présence des levures osmophiles qui ne peuvent se développer dans le miel qu'en présence de plusieurs facteurs favorables (BARTHOLOMEUS, 2010).

Le miel peut fermenter dans les rayons avant la récolte lorsque l'humidité ambiante est très élevée et lorsque l'abeille n'a pas suffisamment concentré le nectar.

La fermentation se fait aux dépens des sucres réducteurs du miel et les produits de métabolisme des ferments sont :

- le dégagement de CO₂ (présence de bulle ou d'écumes qui remonte à la surface du pot) ;
- la production d'acides fixes ou volatils ;
- la production d'alcool surtout le glycérol. Le dosage de celui-ci a été considéré récemment comme un critère de qualité, c'est un indicateur pertinent de la fermentation en raison de la corrélation observée entre sa teneur dans le miel et le nombre de levures. Actuellement, une valeur supérieure à 300mg/Kg signifie un état de fermentation du miel (ADDAD et HABBACI, 2007) (Tableau VI) ci-après.

Tableau VI : Effet de la teneur en eau sur le risque de fermentation de miel (PHILIPPE, 2007).

Teneur en eau du miel	Effet de la richesse en levures- nombre de germes pour 1gramme de miel.
Moins de 17,1%	Pas de fermentation quelle que soit la richesse en levures.
17,1 à 18,0%	Pas de fermentation si le nombre de levures ne dépasse pas 1000.
18,1 à 19,0%	Pas de fermentation si le nombre de levures ne dépasse pas 10.
19,1 à 20,0%	Pas de fermentation si le nombre de levures ne dépasse pas 01.
Plus de 20%	Danger de fermentation dans tous les cas.

4. Réglementation du miel

4.1. La qualité du miel

Un miel de qualité doit être un produit sain, extrait dans de bonnes conditions d'hygiène, conditionné correctement, qui a conservé toutes ses propriétés d'origine et qui les conservera le plus longtemps possible. Il ne doit pas être adulteré et doit contenir le moins possible (peut-on encore dire pas du tout) de polluants divers, antibiotiques, pesticides, métaux lourds...etc (SCHWEITZER, 2004).

4.2. Les facteurs essentiels de composition et de qualité

Selon le *Codex Alimentarius* (2001), le miel vendu ne doit pas contenir d'ingrédient alimentaire, y compris les additifs alimentaires, et seul du miel pourra y être ajouté. Le miel ne doit pas avoir de matières, de goûts, d'arômes ou de contaminations inacceptables provenant de matières étrangères absorbées durant sa transformation et son entreposage.

Le miel ne doit pas avoir commencé à fermenter. Ni le pollen ni les constituants propres au miel ne pourront être éliminés sauf si cette procédure est inévitable lors de l'élimination des matières inorganiques ou organiques étrangères.

Le miel ne doit pas être chauffé ou transformé à un point tel que sa composition essentielle soit changée et/ou que sa qualité s'en trouve altérée.

4.3. Réglementation et législation du miel

En vue de la vente, l'apiculteur doit répondre à certaines exigences et règles sur le plan juridique et législatif, concernant son produit qui est le miel.

D'une façon particulière, l'apiculteur algérien et les différents organismes responsables du contrôle de qualité et de la répression des fraudes dans la vente des marchandises et des falsifications des denrées alimentaires sont obligés d'appliquer la réglementation française. Cela est dû à l'absence en Algérie des textes réglementaires concernant le miel.

➤ Les dénominations de vente

Vu la directive du conseil du 20 décembre 2001 relative au miel, vu l'agence française de sécurité sanitaire des aliments en date du 30 octobre 2002 ; le conseil d'état entendu,

Décète :

Article 1

- la dénomination « miel » est réservé au produit défini dans le décret du 30 juin 2003 et est utilisé dans le commerce pour désigner ce produit. Les qualificatifs « naturel », « pur » et « sain » ne sont pas admis.

- par rapport à l'ancienne réglementation deux nouvelles dénominations de vente peuvent être utilisées. Il s'agit du « miel filtré » et du « miel destiné à l'industrie ».
- le miel filtré : c'est le miel obtenu par l'élimination des matières étrangères inorganiques et organiques d'une manière qui a pour résultat l'élimination de quantités significatives de pollen. Cependant, le pollen est important pour déterminer l'origine botanique et géographique du miel. Donc ce type de miel qui a subi des filtrages minutieux à fin d'améliorer sa limpidité, doit être muni d'une étiquette à fin d'y rendre le consommateur attentif.
- le miel destiné à l'industrie, est un miel présentant des caractéristiques telles qu'il ne peut être utilisé qu'à des fins industrielles ou, en tant qu'ingrédient dans d'autres denrées alimentaires destinées à être transformées et qui peut présenter un goût étranger ou avoir commencé à fermenter ou avoir fermenté ou avoir été surchauffé, dans l'ancienne réglementation « miel de pâtisserie » pouvant être utilisé. Désormais, la dénomination « miel destiné à l'industrie » est obligatoire pour désigner ce produit dans le commerce.
- la dénomination de vente peut être complétée par des indications ayant trait à l'origine florale ou végétale « miel de fleur », « miel de miellat », ou bien par les indications ayant trait à un mode d'extraction « miel en rayon », « miel avec morceaux de rayons ».

4.4. Emballage du miel

Pour l'emballage du miel, il n'y a pas d'exigences particulières. L'emballage doit être propre, en bon état, doit être séparé facilement du miel et doit être approprié pour entrer en contact avec le miel. On peut le vérifier comme suit : soit par la mention « compatible pour les denrées alimentaires » ou « compatible pour les denrées et boissons » ou le symbole du verre avec la fourche. Si des doutes subsistent, une déclaration doit être demandée au producteur d'emballage.

4.5. Etiquetage et commercialisation du miel

L'étiquetage doit répondre aux critères suivants : Mentions sur l'étiquette : le nom du produit (miel), le contenu en grammes, le nom et l'adresse du producteur ou de l'importateur, le code du lot et la date limite de conservation ; cette durée est d'environ 18 mois pour une bonne qualité de miel. Ces indications peuvent être complétées par des informations précisant l'origine florale ou végétale (par exemple « miel d'agrumes »).

L'origine géographique peut aussi être indiquée sur l'étiquette, à condition que le produit provienne entièrement de la région indiquée (MUTSAERS *et al*, 2005).

4.6. Fraudes et leurs moyens de détection

4.6.1. Types de fraudes

➤ **Adultération de sirop de sucres**

L'adultération est une pratique frauduleuse consistant de passer 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 sirop de sucre bon marché et de compositions chimiques voisines de celle des miels. Ces sirops de sucre peuvent être additionnés au miel après la récolte, ou directement durant la miellée. Ces actes malveillants ont des conséquences économiques néfastes pour les producteurs respectueux de la législation (COTTE, 2003).

Trois principaux types de fraudes ont été mentionnés par MAGHARBI *et al*, 2006)

- 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 plus part des miels ;
- l'adjonction de saccharose inverti (glucose+fructose) 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 repérable, notamment par analyse microscopique.

➤ **Fraudes par non-conformité**

Ce sont les types de fraudes qui peuvent designer :

- 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 ;
- 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 ;
- non-conformité de l'année (un miel de 2013 présenté comme un miel de 2014, par exemple). La fraude est décelable par analyse de la teneur en HMF et des activités enzymatiques (amylase et invertase).

➤ **Fraudes par contamination**

Le miel peut avoir plusieurs sources de contaminations ; soit par l'environnement ou par l'apiculteur. Dans ces cas, on peut retrouver dans le miel :

- des résidus de métaux lourds ;
- des résidus de pesticides ;
- des résidus d'antibiotiques ;
- des spores de *Clostridium botulinum* ;
- des molécules toxiques.

4.6.2 .Moyens de détection des fraudes

Parmi la multitude de paramètres pouvant décrire le miel, un certain nombre est exigé dans les analyses afin de détecter d'éventuelles non conformités pour le miel considéré. Ces critères réglementaires sont les suivants :

- **Humidité** : analyse très importante qui permet d'évaluer les conditions de stockages, le risque de fermentation et le comportement de cristallisation ;
- **HMF** (résulte de la dégradation des sucres) : elle permet de juger du traitement thermique du miel et éventuellement de son vieillissement ;
- **Sucres** (glucose, fructose et saccharose) : permet de détecter l'ajout du sirop (BARTHOLOMEUS, 2010) ;
- **Acidité libre** : elle permet de juger du vieillissement du miel ;
- **Dosage de l'amylase** : détection d'une chauffe trop importante du miel ;
- **Teneur en cendres et matière insoluble** : méthode ancienne pour détecter un ajout dans le miel (farine, sucre...) pour ajouter du poids dans ce dernier. Aujourd'hui cette analyse n'est plus nécessaire car on détecte facilement de tels ajouts avec les autres analyses.

4.6.3. Autres méthodes de détection d'un miel falsifié

➤ Test à l'iode (amidon)

- mettre une quantité de miel dans une eau dont la quantité de cette dernière représente 5 fois le volume du miel ;
- laisser bouillir le mélange dans un récipient ;
- retirer le mélange du feu, en le laissant refroidir ;
- Ajouter une petite quantité d'iode « réactif », si vous obtenez une couleur bleue ou verte, le miel est considéré de bonne qualité.

➤ Test au potassium (glucose industriel)

Mettre une quantité de miel dans un même volume d'eau dans un récipient. Puis on ajoute le réactif qui est le potassium. En cas d'obtention d'une coloration rouge ou violette. Ce qui signifie la présence du glucose industriel dans le miel (FERHAT et al, 2014).

1. Matériel et méthodes

Les analyses ont été effectuées à l'Université mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou au laboratoire d'Hydro-bromatologie de la faculté de médecine.

Dans le but de comparer la qualité du miel produit localement à celui issu de l'importation, vingt trois échantillons de miels ont été récoltés; dix-sept d'origine locale et six importés de différents pays. Deux types d'analyses ont été réalisés.

Une concerne l'évaluation physico-chimique qui a pour but de déterminer la composition du miel par l'analyse de quelques paramètres comme: la teneur en eau, la densité, l'acidité libre qui sont des indicateurs de la qualité et d'autres tests comme le pH et la conductibilité électrique donnant des informations sur l'origine florale du miel.

Une concerne l'analyse sensorielle qui a porté sur la détermination de paramètres organoleptiques notamment: la couleur, consistance, odeur, gout, et arôme.

1.1.L'échantillonnage

Pour l'échantillonnage nous avons travaillé sur dix-sept miels locaux et six miels importés.

- Les échantillons locaux ont été codés comme suit: (AL, BL, CL..., et RL).
- Les échantillons importés ont été codés comme suit: (A, B, C, D, E et F).

Les échantillons ont été pris chez des apiculteurs et de différentes régions (voir les tableaux VII et VIII).

Ces échantillons ont été conservés dans des pots en verre hermétiquement fermés, à l'abri de la lumière et de l'humidité.



Figure 19 : Photos des miels locaux

Tableau VII: Les échantillons du miel locaux

Echantillons	Régions	Années de récolte	Marques	Couleurs	Types
AL	Naceria	2015	Miel Bladi	Jaune d'or	Monofloral Lavande
BL	Naceria	2015	Miel Bladi	Jaune d'or	Monofloral <i>Sain foin</i>
CL	D.B.K.	Octobre 2015	/	Marron	Monofloral miel de raisins
DL	Mehaga	2015	/	Brun clair	Polyfloral
EL	Mehaga	2015	/	Brun clair <	Polyfloral Eucalyptus Châtaignier
FL	Igur atmane	2015	/	Brun clair	Polyfloral
GL	Yakouren	2015	/	Gris	Miel de forêt
HL	Ath yenni	2015	/	Marron translucide	Miel de forêt
IL	Timizart Ouaguenoun	Juillet 2015	/	Jaune pâle	Polyfloral
JL	Ait chafaa	2015	/	Brun foncé	Polyfloral
KL	Ait chafaa	septembre 2015	/	Brun foncé	Monofloral <i>Inule visqueuse</i>
LL	Ait chafaa	juillet 2015	/	Marron clair	Polyfloral
ML	Ait bouhini	Juillet 2015	/	Jaune d'or	Polyfloral
NL	Ait bouhini	Novembre 2015	/	Jaune orangé	Monofloral <i>Inule visqueuse</i>
OL	Ait chafaa	2015	/	Marron	Polyfloral
PL	Azeffoun (Tifizouin)	Novembre 2015	/	Brun foncé	Polyfloral
RL	Mekla	2015	/	Brun clair	Polyfloral

Tableau VIII : Principales informations concernant les miels importés

Echantillons	Régions	Année de récoltes	Marques	Couleurs	Types
A	Canada (Québec)	2015	Emilie	Jaune d'or	Polyfloral
B	France	2015		Jaune orangé	Polyfloral
C	Afrique du sud	2014	Miel brut	Brun foncé	Polyfloral
D	Sénégal	2015	Zena Exotic fruits	Brun foncé	Polyfloral plantes exotiques toutes fleurs
E	Espagne	2015	Xeliox	Jaune d'or	Polyfloral
F	Maroc (Kenitra)	2015		Brun foncé	Polyfloral (fleurs sauvages).

En ce qui concerne les miels importés de France, Canada, et d'Espagne, nous les avons achetés de différents points de vente (superettes). Par contre ceux issus du Sénégal, Afrique du sud et du Maroc, ils nous sont parvenus par l'intermédiaires d'amis.

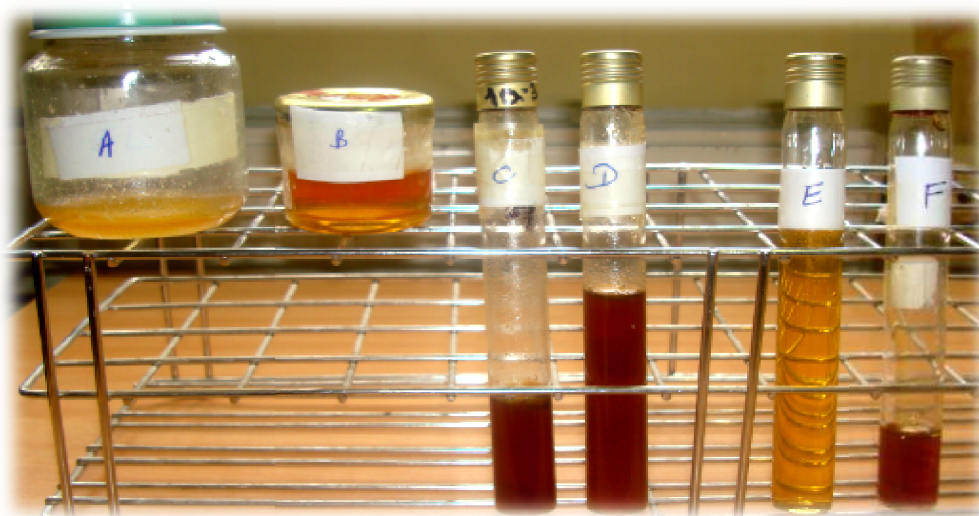


Figure 20: Photos des miels importés

1.2. Matériels

Les tableaux ci- dessous résument les différents paramètres analysés et les matériels utilisés.

Tableau IX: Matériels utilisés pour l'analyse physicochimique

Analyse	Paramètres	Matériels (Références)	Verrerie
Physico- chimique	Teneur en eau	Réfractomètre	Tubes a essais
	Teneur en sucre	(ATC)	Bain marie
	Densité	Réfractomètre	/
	Acidité libre	/	Bécher, balance, burette, agitateur.
	pH	pH-mètre (HANNA –pH210 Microprocessor)	
	Conductibilité électrique	Conductimètre (WTW Serie inoLab cond.720)	Bécher, balance, Agitateur (Stuart)
	H.M.F	Spectrophotomètre [BIOMate (3)]	Tubes à essais Béchers Entonnoirs Pipetes de 0.5ml Pipetes de 5 ml Papier filtre

Tableaux X: Matériels utilisé pour analysé sensorielle

Analyse	Matériels
Sensorielles	Pots en verre Cuillères Gobelets L'eau minérale

1. 3. Méthodes d'analyses

1.3.1. Détermination de la teneur en sucre et en eau par la réfractométrie

Les teneurs en sucre et en eau des échantillons de miel sont obtenues par le réfractomètre portable qui est un instrument servant à mesurer trois paramètres :

- le degré Baumé qui permet de calculer la densité du miel ;
- le degré Brix qui renseigne sur la teneur totale en sucre ;
- le taux d'humidité contenue dans le miel en pourcentage.

Le miel analysé doit être parfaitement liquide. Si le produit est présenté à l'état cristallisé, il est nécessaire de le refondre avec précaution dans un bain marie à une température comprise entre 35 et 40°C.

Après refroidissement à température ambiante, une goutte de miel est déposée sur la platine du prisme du réfractomètre (préalablement étalonné avec de l'eau distillée) et repartie en couche mince. La lecture est faite à travers l'oculaire au niveau de la ligne horizontale de partage entre une zone claire et une zone obscure (bleue).

L'obtention des valeurs de la teneur en sucre et en eau sont lues directement sur le réfractomètre (teneur en sucre est exprimée en Brix et celle de l'eau en pourcent (%)).

- le degré Baumé lu sur le refractomètre peut être calculé comme suit :

$$B^{\circ} = \text{Brix} / 0,55$$

- en utilisant la formule ci-dessous nous pouvons déduire la densité du miel

$$d = 145 \div (145 - B^{\circ})$$

- **d** : la densité ;
- **B°** : le degré Baumé

1.3.2. Détermination du pH (AFNOR, 1986)

Le pH ou « Potentiel Hydrogène », est la mesure de l'activité chimique des ions hydrogènes (H⁺) (protons) en solution. Il est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu.

Nous avons procédé comme suit :

- peser 10g de miel les dissoudre dans quelque ml d'eau distillée puis ajuster à 100ml dans une fiole jaugée ;
-

- agiter puis les transvaser dans un bécher, puis mettre l'électrode du pH mètre dans la solution diluée du miel ;
- lire la valeur sur l'appareil. Le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre à 20°C.

L'étalonnage de pH mètre est nécessaire avant son utilisation avec des solutions tampons (tampon de pH 7 et tampon de pH 4) il faut rincer l'électrode avec l'eau distillée avant et après chaque mesure et sécher.

1.3.3. Détermination de l'acidité libre

L'acidité mesurée est celle d'une solution de miel à 10% à une température ambiante. On titre les acides libres du miel par du NaOH jusqu'à pH 7 en présence du bleu de bromothymol comme indicateur de fin de réaction.

Nous avons procéder comme suit :

- préparer une solution de miel à 10% ;
- remplir les burettes avec 10ml de NaOH à 0.05N ;
- peser une prise d'essai de 5g de la solution de miel à 10% notée m ;
- ajouter 2 à 3 gouttes de bleu de bromothymol (BBT). Le milieu réactionnel se colore en jaune ;
- titrer avec du NaOH à 0.05N jusqu'à coloration du milieu réactionnel en vert Emeraude;
- relever le volume équivalent de NaOH noté Veq.

L'acidité libre est calculée en suivant la formule ci-dessous :

$$AL = \frac{1000 \cdot V_{eq} \cdot 0.05N}{m}$$

- **AL** : acidité libre ;
- **Veq** : volume équivalent de NaOH en (litre) ;
- **m** : masse de la prise d'essai en (Kg).

1.3.4. Détermination de la conductivité électrique selon la méthode de Vorwohl (1966)

La conductivité électrique représente un bon critère pour déterminer l'origine botanique d'un miel et, notamment, pour différencier les miels de nectar des miels de miellat. La conductivité est étroitement liée à la teneur en minéraux et l'acidité du miel. Elle est notée σ (sigma) et son unité est le Siemens /mètre ou μ Siemens/cm. La norme prévoit en général :

- $\sigma \leq 500 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour les miels de nectar ;
- $500 \leq \sigma \leq 800 \mu\text{S}/\text{cm}$ les miels mixtes ;
- $\sigma \geq 800 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour les miels de miellat et le châtaignier.

La technique est basée sur la mesure de la résistance électrique à 20°C. Pour cette analyse nous avons préparé une solution de miel à 20% dans laquelle nous introduisons la cellule conductimétrique, la valeur est ensuite affichée sur l'écran de l'appareil.

Remarque

L'étalonnage du conductimètre est nécessaire avant son utilisation, ceci est réalisé avec la solution KCl à 0.01mol /litre, la cellule conductimétrique doit être rincé avec l'eau distillée et sécher délicatement, avant et après chaque mesure.

1.3.5. Détermination d'Hydroxy-Méthyle-Furfural (HMF) (Méthode de WHITE)

La détermination de la teneur en HMF est basée sur la détermination de l'absorbance UV à 284 nm. Dans le but d'éviter l'interférence des autres composés à cette longueur d'onde, on détermine la différence entre les absorbances d'une solution aqueuse claire de miel et la même solution après addition de méta bisulfite de sodium. La teneur en HMF est calculée après substitution de l'absorbance de base à 336nm.

• Mode opératoire

- peser 5g du miel dans un bécher, dissoudre dans 25ml d'eau distillée puis ajuster à 50ml ;
- ajouter 0.5ml de la solution carrez I (15g d'Hexacyanoferrate de potassium dans 100 ml d'eau distillée) ;
- ajouter 0.5ml de la solution carrez II (30g d'acétate de zinc dans 100ml d'eau) ;
- préparer une solution de méta bisulfite de sodium diluée dans 100ml d'eau distillée (0.2g/100ml) ;
- ajouter une goutte de l'éthanol pour éliminé la mousse ;
- filtrer la solution en utilisant un papier filtre, en jetant la première dizaine de ml de filtrat ;
- pipeter 5ml dans deux tubes à essai ;
- 1^{er} tube ajouter 5ml d'eau distillée et on mélange (solution – échantillon) ;
- 2^{ème} tube ajouter 5ml de la solution méta bisulfite de sodium (solution de référence) ;

L'expression des résultats est comme suit :

$$\text{HMF mg/kg} = [A_{284} - A_{336}] \times 149.7 \times 5/W$$

A_{284} : absorbance à 284nm;

A_{336} : absorbance à 336 nm,

W : le poids en grammes de l'échantillon du miel.

1.4. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est un ensemble de méthodes permettant de mesurer les perceptions sensorielles, on parle aussi de sensimétrie ou de métrologie sensorielle. Cette analyse porte sur les points suivants :

- l'apparence qui fait appel au sens d'observation (couleur, aspect, consistance, etc) ;
- un examen olfactif qui permet de déceler et arômes et les odeurs ;
- la dégustation qui permet d'apprécier les saveurs du miel et de distinguer les différents goûts à savoir goût sucré, acidité ou amertume, on peut aussi apprécier la finesse et cristallisation.

Selon leurs origines, les miels présentent des caractères visuels, olfactifs, gustatifs diversifiés. L'examen organoleptique d'un produit est la fiche descriptive donnée par l'ensemble des perceptions sensorielles ressenties par le consommateur. Il peut ainsi apprécier ses qualités essentielles mais aussi ses défauts.

L'analyse sensorielle a été menée par un jury de dégustateurs composé de 10 individus, ces derniers sont des connaisseurs en miels (apiculteurs ou revendeurs de miel), les échantillons sont présentés dans des pots en verre, le nom des miels n'est pas mentionné sur les pots, leur nomenclature est codée et cette dernière est établi en fonction de l'origine des miels.

Les échantillons sont manipulés avec une spatule en plastique. Après chaque dégustation, un bain de bouche avec de l'eau minérale est nécessaire ainsi que la consommation d'un quartier de pomme afin de ne pas être influencé par le goût précédent. Un questionnaire est mis à la disposition de chaque dégustateur afin qu'il puisse instantanément noter tout ce qu'il perçoit.

➤ Le dégustateur

Le dégustateur est amené à percevoir, identifier, et qualifier le gout, l'odeur et l'arôme de différents miels. Il doit être capable de faire preuve de sensibilité olfactive et gustative de discrimination qualitative et quantitative, et doit avoir une capacité à mémoriser les odeurs et décrire ses perceptions.

1.4.1. Les différentes phases de la dégustation

➤ Phase visuelle

Les dégustateurs examinent la couleur, l'intensité, la fluidité, limpidité, l'homogénéité, la cristallisation et la propreté du miel.

➤ Phase olfactive

Le dégustateur réalise cette phase rapidement avant que son odorat ne soit saturé par l'odeur du miel. Il peut déterminer le caractère végétal, floral ou fruité, la puissance de l'odeur et ces défauts (fumée, fermentation, etc).

La technique est très simple, il suffit de tenir le pot de miel par le bas et d'hummer profondément pour avoir la perception de l'odeur.

➤ Phase gustative

Pendant cette phase, le dégustateur recherche les saveurs (sucré, acide, salé, amer) et la flaveur par la voie rétro-nasale. Il détermine la sensation tactile sur la langue (cristallisation, taille des graines), la puissance, la persistance et le caractère botanique.

La technique consiste à prendre un peu de miel avec la spatule, à le garder dans la bouche en insalivation quelques secondes puis à le projeter vers le fond de la bouche pour percevoir les arômes, la sapidité et d'éventuel arrière-goûts.

Pour effectuer ces analyses, chaque dégustateur doit remplir un questionnaire distribué (Annexe IX) et répondre en toute subjectivité.

1.5. L'analyse statistique

- pour réaliser notre travail nous avons utilisé le logiciel Statistica qui nous a permis d'appliqué le test de Student pour deux échantillons indépendants afin de comparer les moyennes des différents paramètres analysés des deux types de miel ;
- à la fin, nous avons utilisé l'Excel pour tracer les graphes.

2.1 Résultats de l'analyse physicochimique

2.1.1. Teneur en eau

La teneur en eau est un facteur hautement important car il permet l'estimation du degré de maturité des miels et renseigne sur sa stabilité biochimique, notamment, sa fermentation et une éventuelle cristallisation aux cours du stockage (KÜCÜK *et al*, 2007).

Les teneurs en eau des différents miels analysés dans notre étude expérimentale sont présentées dans les figures (figure 21 et 22) suivantes:

Remarque : Il est à noter que chaque résultat de toutes les analyses réalisées représente la moyenne de trois essais.

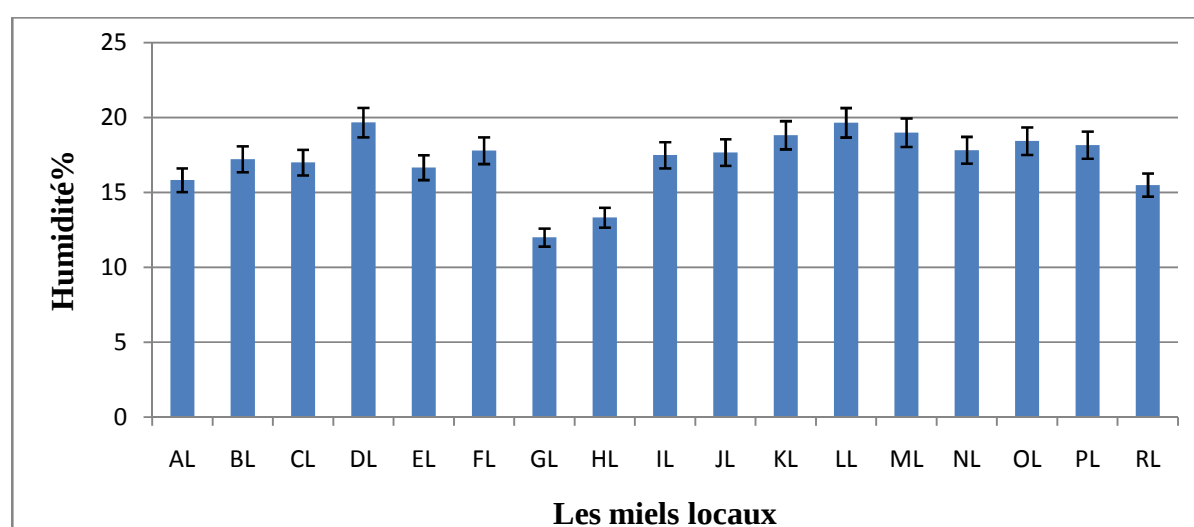


Figure 21 : Histogramme de variations des teneurs en eau des miels locaux analysés.

Selon l'analyse statistique nous avons (p- value = non significative (n.s)) c'est-à-dire qu'il y a une différence non significative entre les valeurs obtenues, ce qui nous a permis d'effectuer un second Test qui est le Test de Student pour deux échantillons indépendants. Les valeurs obtenues oscillent entre 12 et 19,67%.

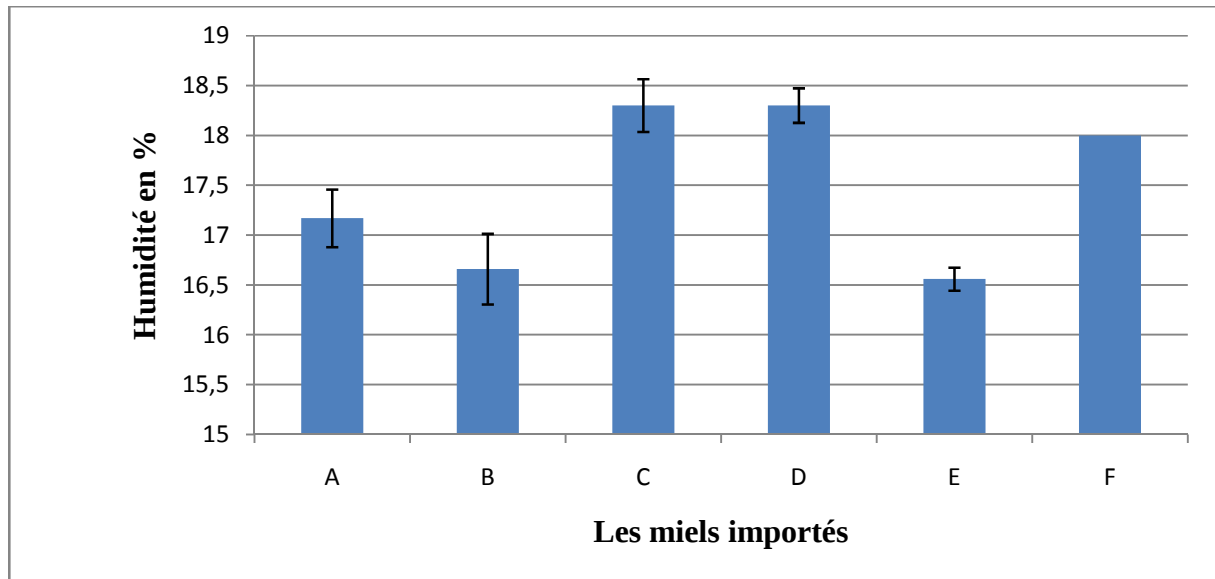


Figure 22 : Histogramme de variations des teneurs en eau des miels importés analysés

Les résultats obtenus varient entre 14,66 et 18,3%. Pour la majorité des miels analysés (locaux ou importés), ils présentent des valeurs dans les normes. Par contre certains ont des teneurs élevées en eau qui peuvent être expliquées par :

- une maturation incomplète dans les rayons, liée à une récolte précoce ou prématurée ;
- l'extraction de ces miels a été faite dans un milieu et/ou temps humide ;
- un mauvais conditionnement, car le miel est hygroscopique, il peut aussi bien absorber ou perdre l'humidité de l'air suivant l'atmosphère humide ou sèche.

Certains miels présentent des teneurs faibles en eau (GL, HL, RL et B) avec des valeurs respectives 12%, 13,33%, 14,66% et 15,5%, ceci peut être expliqué par :

- l'extraction qui est effectuée durant une période très chaude ;
- une déshydratation au cours de conservation et stockage.

Par contre ces derniers offrent une très bonne aptitude à la conservation.

Selon GONNET (1982), en dessous de 15% d'eau, la fermentation n'intervient jamais.

2.1.2.Teneur en sucrototaux

Le taux de sucre varie peu d'un miel à un autre, se situant toujours entre 70 et 90 Brixquelque soit le miel, il avoisine toujours les 80Brix.Les substances butinées et transformées en miel par les abeilles contiennent à peu près toujours le même taux de sucre,quelque soit l'origine florale, toute fois, la concentration en sucre d'un nectar peu varié énormément d'une fleur à l'autre de 4 à 60%.

Le glucose et le fructose sont les principaux sucres présents et représentent à eux seuls près de 90% des sucres du miel (BRUNEAU, 2009).

La teneur en sucre est obtenue par la lecture sur l'échelle de Brix, cette donnée est approximative car elle dépend fortement du type de miel.

Le degré Brix correspond à ce que donnerait la mesure d'une solution pure de saccharose, diluée dans de l'eau distillée. Un degré correspondant à 1% en poids de saccharose dans la solution.

Les teneurs en sucres totaux des différents miels analysés dans notre étude expérimentale sont présentées dans les figures (figure 23 et 24) suivantes:

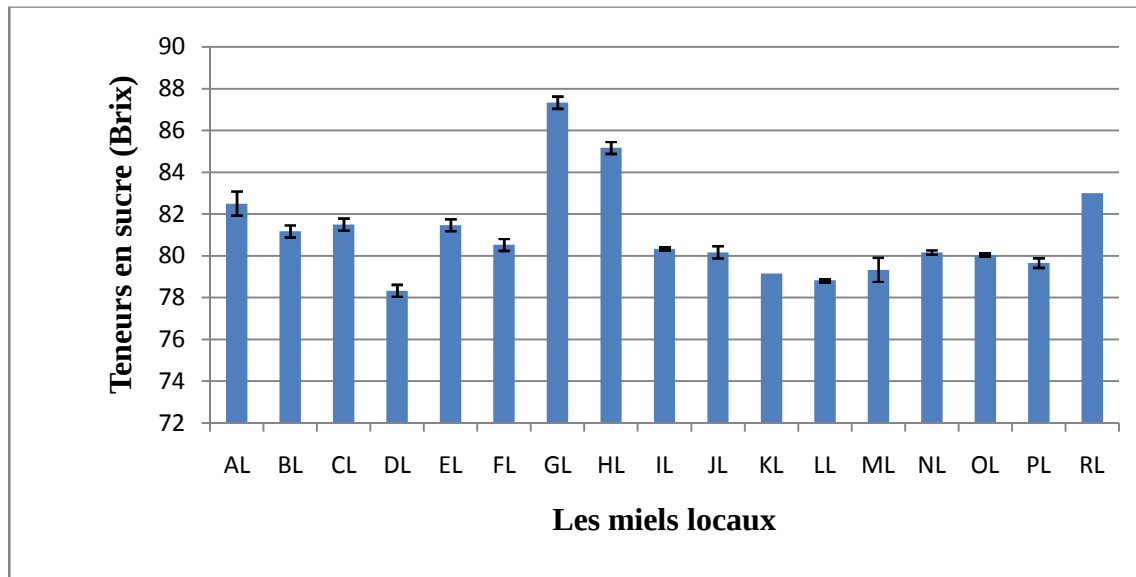


Figure 23 : Représentation graphique de la teneur moyenne en sucre des miels locaux

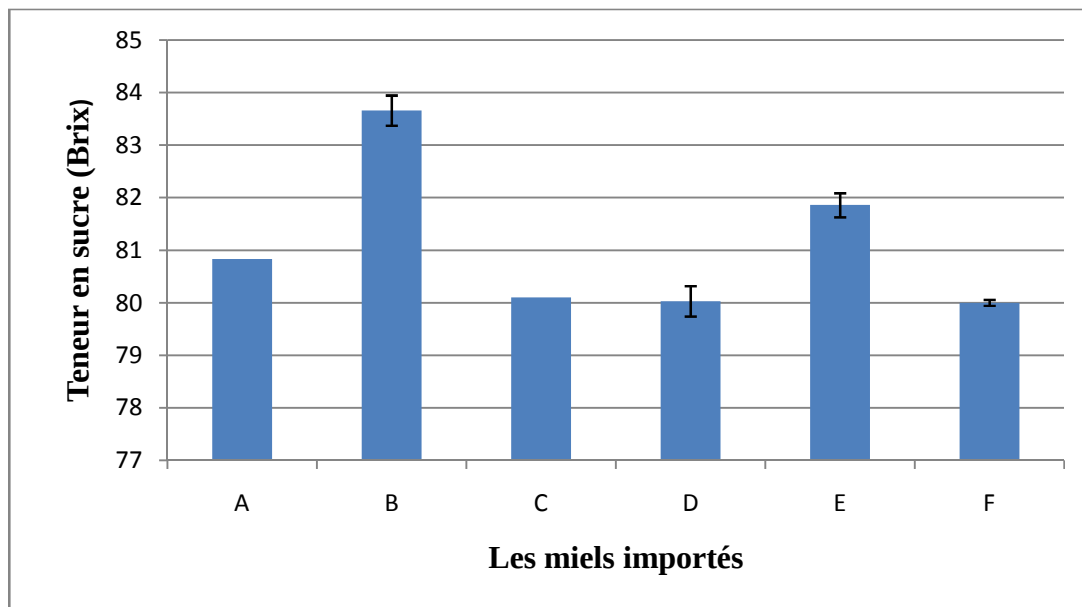


Figure 24 : Représentation graphique de la teneur moyenne en sucre des miels

La teneur en sucres totaux varie de 78,33 à 87,33 pour les miels locaux, et varie de 80 à 83,66 pour les miels importés.

Selon les normes du *Codex Alimentarius* et le projet de l'Union européen, la teneur en sucre du miel ne doit pas dépasser une valeur de 82,5 Brix pour les miels issus du nectar et entre 60 et 81 Brix pour les miels de miellat.

Lors de l'analyse des échantillons de miels, nous avons constaté que la plus faible teneur en sucre est de 78,33 Brix (DL), cela est due à une dégradation des sucres qui se transforment en HMF, cela peut également être expliqué par une exposition des miels à des températures élevées, lors de leur stockage ou lors du réchauffement.

En ce qui concerne les miels ayant des teneurs en sucre dépassant la limite maximale (GL, HL, RL, B) présentant les valeurs respectives de 87.33, 85.17, 83 et 83.66, ceci peut être le résultat d'une fraude par ajout du sirop de sucre.

Remarque : le miel de bruyère, de lavande contiennent des taux de sucre élevés naturellement.

2.1.3.pH

La connaissance du pH d'un miel permet de fournir une bonne indication sur son origine et d'apporter de précieux indices sur son aptitude à résister plus ou moins bien à la dégradation au cours du stockage (JEANNE, 2005c).

L'analyse statistique des résultats de mesure de pH des miels locaux et ceux d'importation révèle qu'il n'existe pas de différence significative entre eux, au seuil de 5%, car après avoir effectué le test de normalité de Kolmogorov- Smirnov (Annexe IV), nous avons obtenu un (p-value = n.s) et cela montre que nos valeurs de pH suivent une loi normale. Le test de Student a été réalisé sur deux échantillons indépendants, les figures ci-dessous montrent les résultats des valeurs de pH des miels étudiés.

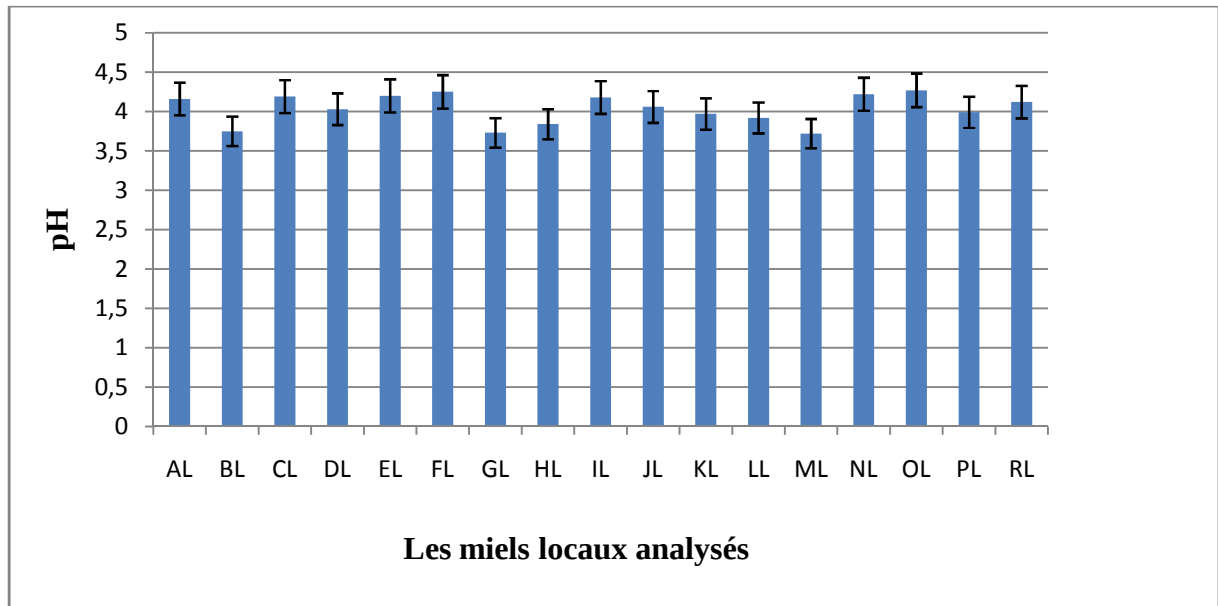


Figure 25: Représentation graphique des valeurs de pH des miels locaux analysés

Les valeurs de pH des échantillons locaux sont comprises entre 3,72 et 4,27.

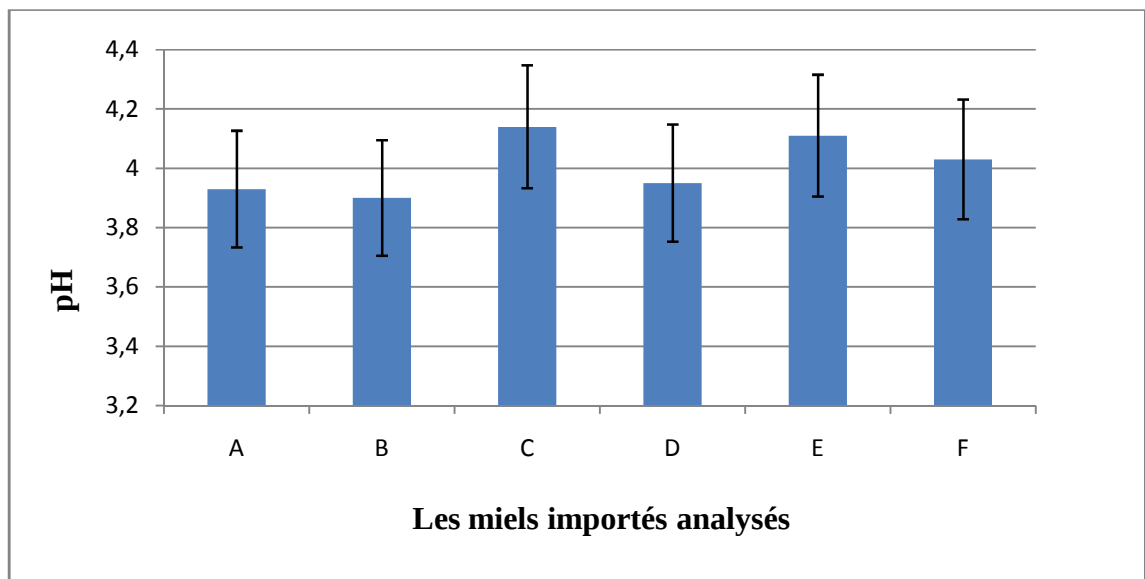


Figure 26: Représentation graphique des valeurs de pH des miels importés analysés

Pour ce qui concerne les miels d'importation, les valeurs de pH des différents échantillons sont comprises entre 3,90 et 4,14.

Selon WHITE et JEANNE (2005), le pH du miel varie dans un intervalle de 3,5 à 5,5, Alors que l'examen des résultats de nos différents échantillons montre que le pH mesuré est compris entre 3,72 à 4,27 et cela correspond parfaitement aux normes internationales.

Le pH est une mesure qui permet aussi la détermination de l'origine florale du miel; les miels issus du nectar ont un pH compris entre 3,5 et 4,5 par contre ceux provenant des miellats sont compris entre 5 et 5,5 (GONNET, 1986), les valeurs intermédiaires correspondent souvent à des mélanges de nectar et de miellat, dans notre cas tous nos échantillons locaux et ceux d'importation ont un pH n'excédant pas 4,5 donc on peut les classer comme étant des miels issus de nectar.

2.1.4 Acidité

D'après BOGDANOV (1999), L'acidité est un critère de qualité important; elle donne des indications importantes sur l'état d'un miel. L'acidité des miels est essentiellement due à l'acide gluconique qui se présente dans tous les miels, il est produit à partir du glucose conjointement avec du peroxydehydrogène (eau oxygénée), en présence d'une enzyme «glucose -oxydase» sécrétée par l'abeille, ce qui confère au miel des propriétés antiseptiques (SCHWEITZER, 2005).

Après avoir effectué le test de normalité de Kolmogorov- Smirnov nous avons obtenu un (p-value=n. s) (Annexe V), ce qui révèle que nos valeurs d'acidité libre entre les miels locaux et ceux d'importation ne présentent pas une différence significative au seuil de 5%, et de cela on a procédé au second test qui est le test de Student pour deux échantillons indépendants.

Les graphes ci-dessous représentent les résultats d'acidité libre des différents échantillons des miels analysés.

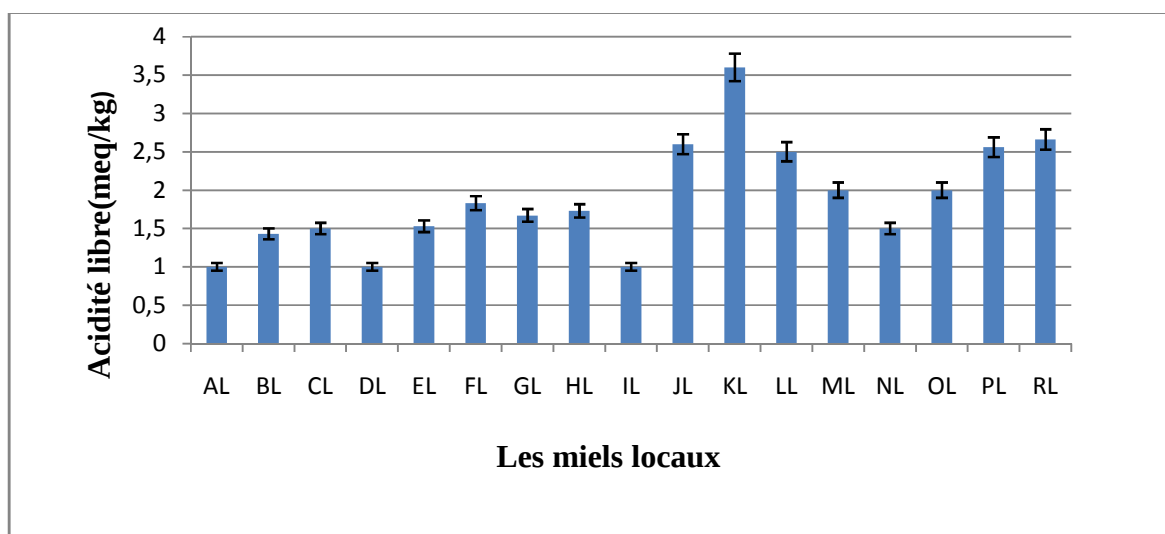


Figure 27: Représentation graphique des valeurs d'acidité des miels locaux

Nous remarquons que l'acidité libre des 17 échantillons locaux varie de 1 à 3,6milliéquivalent/ kg.

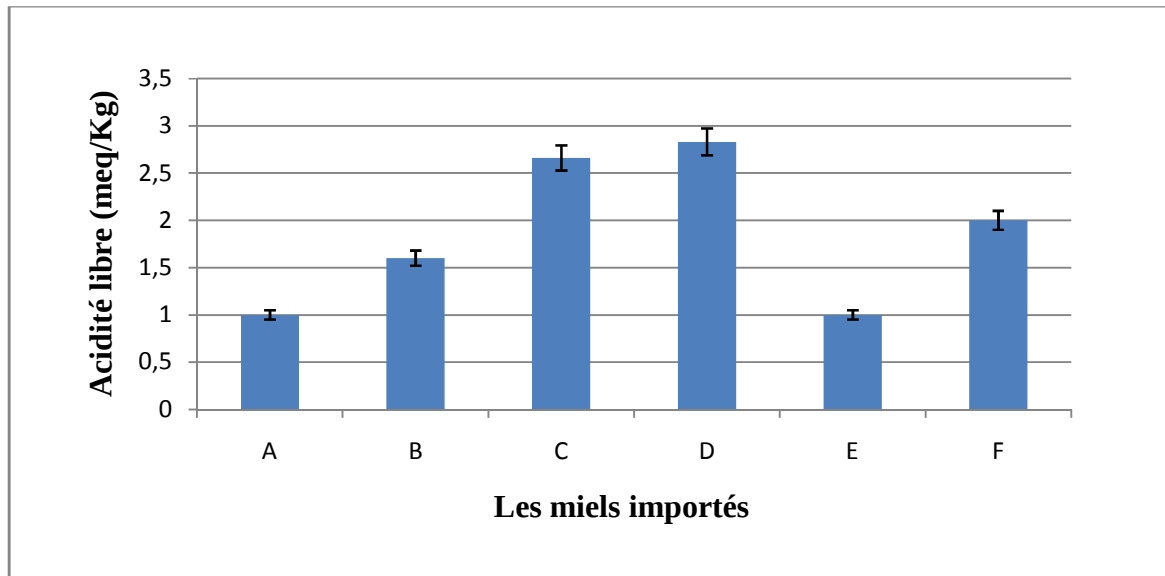


Figure 28: Représentation graphique des valeurs de l'acidité libre des miels importés

En ce qui concerne l'acidité des miels importés, ces valeurs fluctuent entre 1 et 2,83 milliéquivalent/ kg.

Ces résultats sont appréciables et coïncident parfaitement avec les normes préconisées par le *Codex Alimentarius* (50 Meq/Kg) et union Européen (40 Meq/Kg), ainsi tous nos miels analysés sont acides car le miel contient des acides organiques libres ou combinés sous forme de lactones(GONNET, 1982).

2.1.5. L'hydroxyméthylfurfural (HMF)

L'hydroxyméthylfurfural (HMF) est un sucre qui provient de la lente dégradation du fructose et du glucose, naturellement présent à l'état de traces dans tous les miels à la récolte; (1à 3 mg /kg) (FALICCOet al, 2004 ; MAKHLOUFI et al, 2010), Ce taux augmente avec le chauffage ou lors du vieillissement de miel (MARCEAUet al,1994;KHALIL et al, 2010).

La concentration en HMF est reconnue comme indicateur du niveau de fraîcheur du miel (CORBELLA et COZZOLINO,2006), dont la teneur maximale tolérée dans le miel est de 40mg/Kg, Nos résultats obtenus figurent dans l'annexe et représentés sur les (figures 31 et 32).

Selon l'analyse statistique nous avons (p -value < n. s) c'est-à-dire il y a une différence significative au seuil de 5%, entre les valeurs obtenues, ce qui nous a permis d'effectuer un second test qui est le Test de Mann-Whitney (Annexe VI).

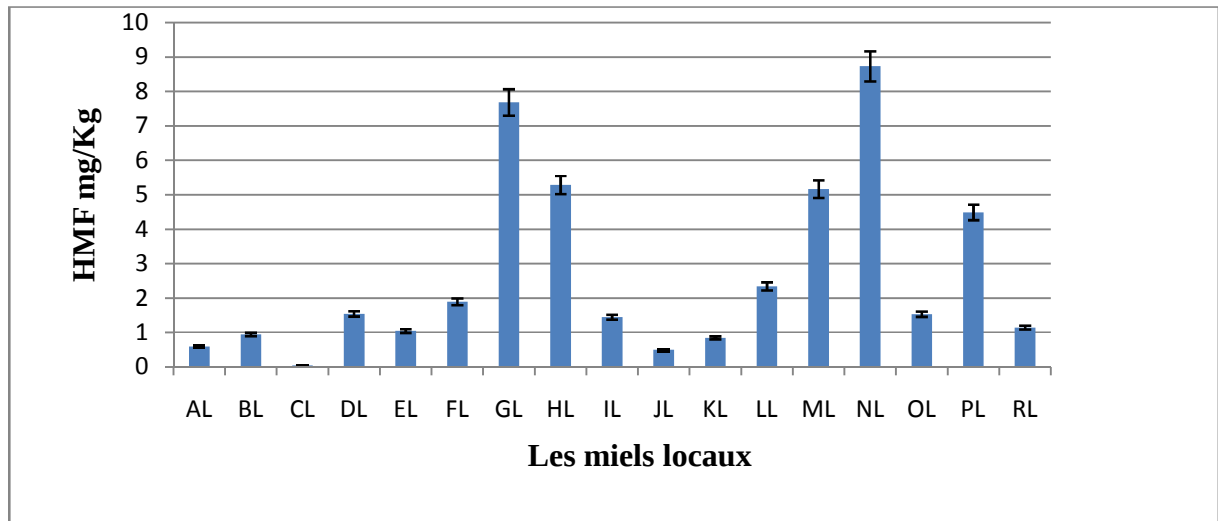


Figure 29: Représentation graphique du taux de HMF des miels locaux analysés

La teneur en HMF des échantillons locaux étudiés varie entre 0,049 mg/Kg et 8,732 mg/Kg.

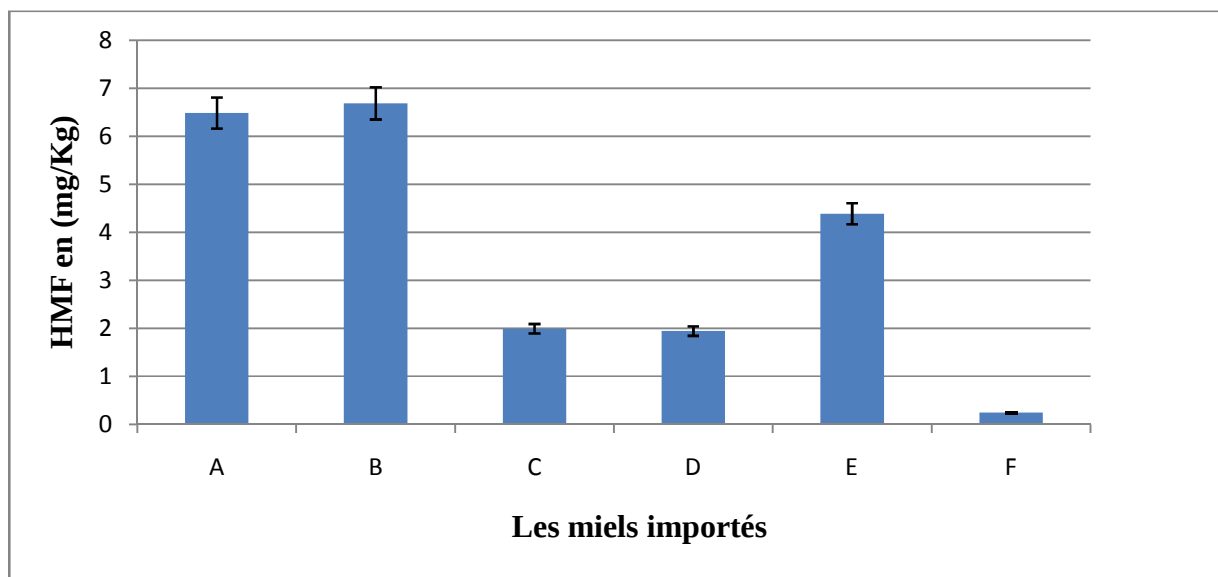


Figure 30: Représentation graphique du taux de HMF des miels importés

Les résultats des échantillons importés varient entre 0,249 mg/Kg et 6,686mg/Kg.

Du point de vue législatif, nos résultats sont conformes aux normes, on remarque des valeurs très faibles (0,598 pour l'échantillon AL et 0,948 pour l'échantillon BL et 0,498 pour l'échantillon JL et 0,498 pour l'échantillon KL) et presque nulle pour l'échantillon CL avec une teneur de 0,049. Ces teneurs faibles en HMF sont un indice qui montre que nos

échantillons sont des miels frais et qu'ils sont récoltés récemment et qui n'ont subis aucun traitement thermique pendant leur extractions ou durant leur conditionnement.

Le HMF constitue donc un excellent témoin de fraîcheur du miel, c'est à dire témoin de son âge et de son antécédent technologique.

2.1.6.Densité

Selon la législation et le *codex alimentarius*, ainsi que l'Association française de normalisation (AFNOR) (2003), les normes préconisées pour la densité du miel doivent varier entre 1,32 à 1,42.

Après avoir effectué des analyses statistiques nous avons obtenu un ($p\text{-value} < n. s$) (Annexe VII) et cela montre que nos valeurs de densité représentent une différence hautement significative au seuil de 5%, entre les valeurs de densités des miels locaux et ceux d'importation, et de cela, on a procédé au test de Mann-Whitney.

Les figures ci-dessous récapitulent les valeurs de densité de nos différents échantillons (locaux et importés) testés.

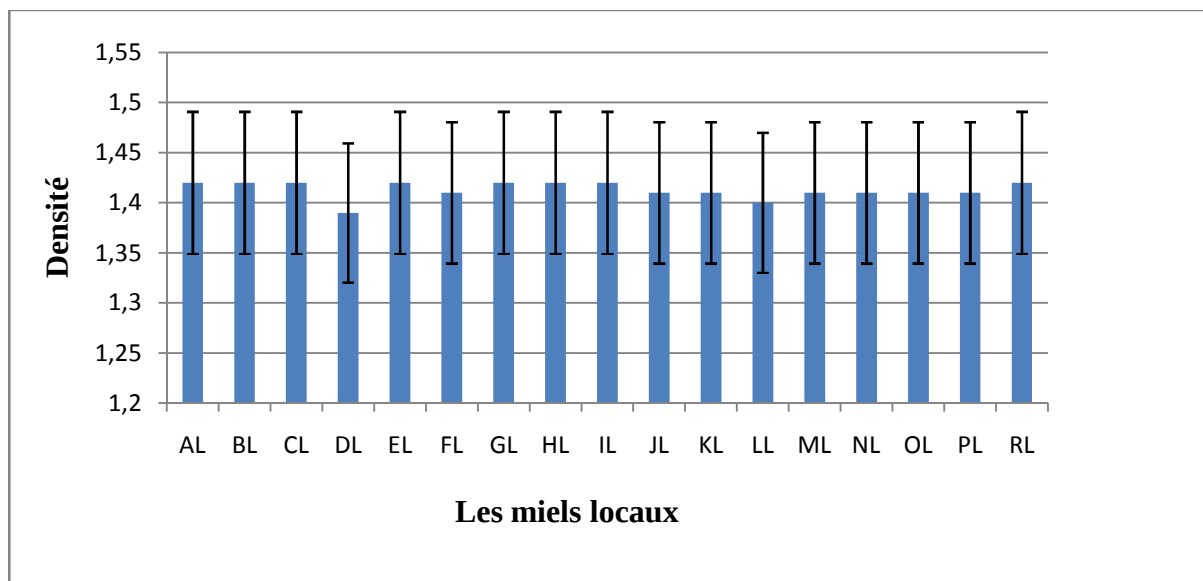


Figure 31: Représentation graphique des valeurs de densité des miels locaux analysés

Le graphe ci-dessus nous révèle que les densités des 17 échantillons locaux sont comprises entre 1,39 et 1,42.

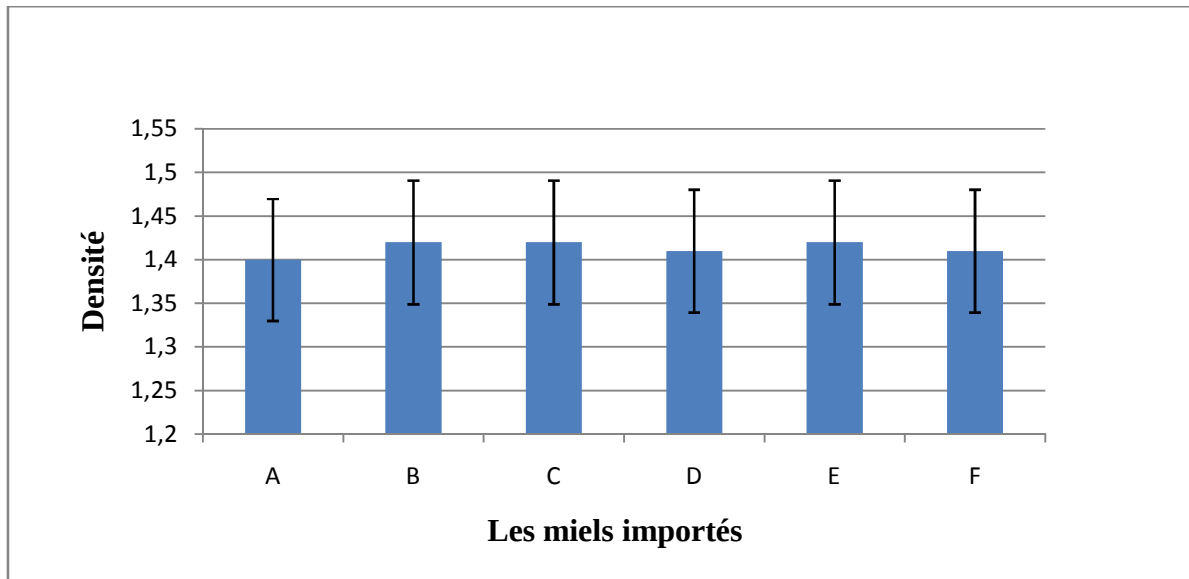


Figure 32: Représentation graphique des valeurs de densité des miels importés

Les résultats de l'analyse des échantillons des miels importés sont compris entre 1,40 et 1,42, ainsi nous constatons que nos résultats sont conformes aux normes admises.

Selon PROST (2005) la densité d'un miel varie en fonction de sa teneur en eau, lorsque celle-ci augmente, la densité baisse, la non correspondance des valeurs de densité avec celle de la teneur en eau est probablement due à la présence d'impuretés (pollen, petits morceaux de cire...etc), ou bien cela peut être due à une longue conservation, étant donné que les miels sont hygroscopiques, il peut y avoir une absorption de l'humidité, quant à nos échantillons leur densité correspond parfaitement aux valeurs de la teneur en eau trouvée, d'où une bonne maîtrise de la récolte, et que l'extraction est suivie d'une épuration par décantation ou centrifugation afin d'éliminer toutes impuretés.

En général, plus un miel est riche en eau, moins il est dense et dans notre étude tous nos échantillons évoluent dans ce sens.

2.1.7. Conductivité électrique

La conductivité est un bon critère de qualité lié à l'origine botanique du miel et très souvent utilisé dans la routine de contrôle. Il permet d'évaluer la teneur en cendres, cette dernière étant plus longue, coûteuse et comporte des erreurs plus élevées. Pour cela nous avons procédé à l'utilisation du conductimètre. La teneur en cendre représente une mesure directe de résidu inorganique après carbonisation du miel, tandis que la conductivité électrique mesure toutes les substances organiques et inorganiques (MALIKA *et al*, 2005 ; TERRAB *et al*, 2003).

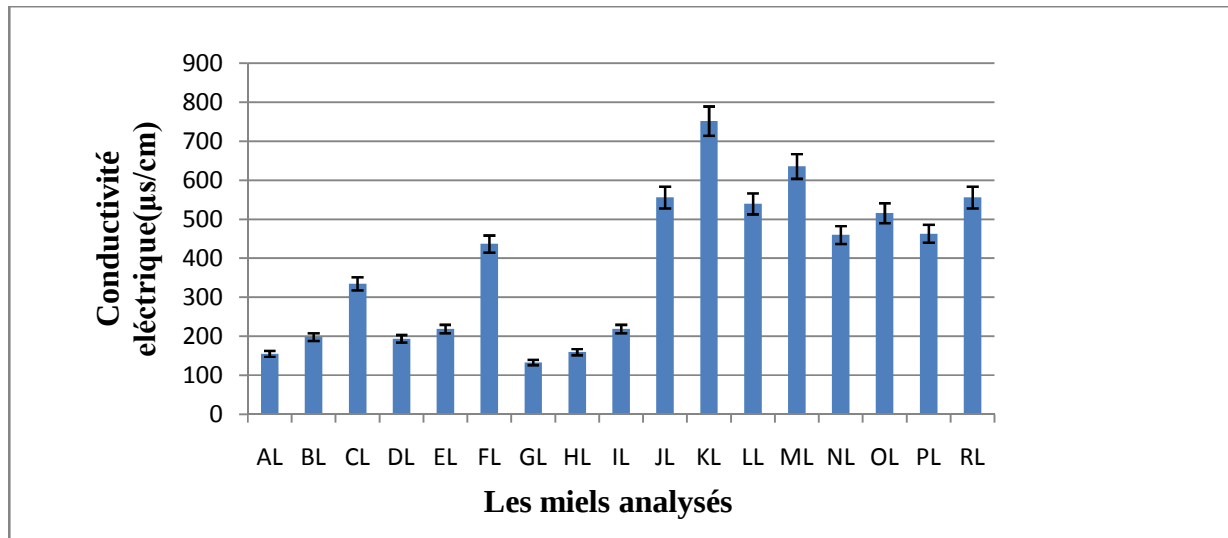


Figure 33: Représentation graphique des valeurs de la conductivité électrique des miels locaux analysés

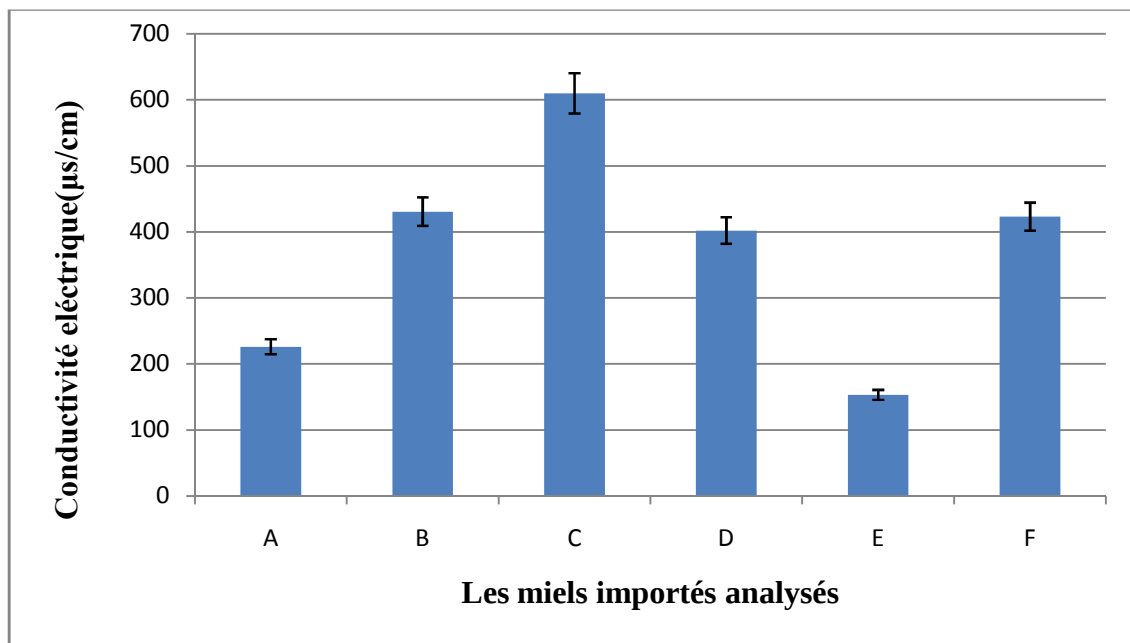


Figure 34: Représentation graphique des valeurs de la conductivité électrique des miels importés analysés

D'après le test de normalité de Kolmogorov- Smirnov (Annexe VIII), nous avons obtenu p- value ($p = n.s$) c'est-à-dire, il n y a pas une différence significative entre les valeurs obtenues donc elles sont gaussiennes et suivent une loi normale. Cela nous a permis d'appliquer le second test qui est le test de Student pour deux échantillons. La conductivité électrique des miels locaux analysés est comprise entre 133,13 et 752 $\mu\text{S/cm}$ et entre 226,1 et 609,66 $\mu\text{S/cm}$ pour les échantillons importés, elle est conforme aux normes préconisées.

Selon GONNET (1986) les miels issus du nectar ont une conductivité électrique de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pour ceux issus du miellat, elle est de 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et pour les miels mixtes elle varie entre 500 à 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Les échantillons (JL, LL, KL, ML, OL, RL, et C) ont des valeurs qui oscillent entre 540 à 740 $\mu\text{S}/\text{cm}$ donc ce sont des miels mixtes. En revanche l'analyse du pH les classe dans la catégorie des miels du nectar donc leurs valeurs élevées en conductivité électrique sont dues principalement à leur forte pigmentation. La conductibilité électrique d'un miel est en rapport avec sa couleur, selon GONNET (1984) ; KASKONIENE et al, (2010) ; LOUVEAUX (1980), les miels foncés conduisent mieux le courant électrique que les miels clairs. Ils sont les plus riches en matières minérales ionisables, donc sont des bons conducteurs de courant (GONNET, 1982). Les sels sont apportés par le pollen, par le nectar des fleurs ou par les miellats (LOUVEAUX, 1976).

Une relation proportionnelle existe entre la conductivité électrique et le pH des miels les miels qui ont une conductivité électrique élevée présentent un pH élevé

2.2. Résultats de l'analyse sensorielle

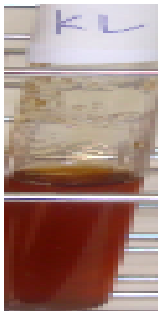
Tableau XI: Analyse organoleptique des miels analysés avec les nombres de dégustateurs

	Aspect	Consistance : liquide : (6 individus) Couleur : jaune or (10 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (8) individus Description : florale :(5 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : forte (8 individus) Saveur : sucré + acide (2 individus) Intensité de la saveur : forte (6 individus) Arrière goût : la lavande (4 individus)
	Aspect	Consistance : épais (5 individus) Couleur : jaune or (10 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (7 individus) Description : florale (4 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : forte (6 individus) Saveur : sucré (8 individus) Intensité de la saveur : forte(8 individus) Arrière goût : sain foin (2 individus)
	Aspect	Consistance : épais (5 individus) Couleur : marron (6 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (3 individus) Description : végétale (3 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : forte (7 individus) Saveur : sucré (7 individus) Intensité de la saveur : forte (5 individus) Arrière-goût : Eucalyptus + raisins (4 individus)

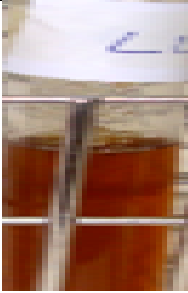
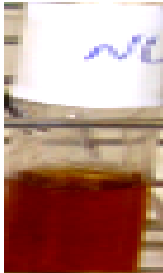
Résultats et discussion

	Aspect	Consistance : épais (6 individus) Couleur : marron foncé (7 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (5 individus) Description : végétale + florale (4 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : bonne (5 individus) Saveur : sucré (3 individus) Intensité de la saveur : moyenne (3 individus) Arrière goût : cire (7 individus)
	Aspect	Consistance : épais (6 individus) Couleur : brun foncé (5 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (4 individus) Description : végétale (3 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : bonne (4 individus) Saveur : amer+ acide (5 individus) Intensité de la saveur : moyenne (3 individus) Arrière goût : la moutarde (4 individus)
	Aspect	Consistance : épais (8 individus) Couleur : gris translucide (8 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (6 individus) Description : florale (5 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : moyenne (6 individus) Saveur : sucré (4 individus) Intensité de la saveur : moyenne (6 individus) Arrière goût : des dragées (5 individus)
	Aspect	Consistance : liquide (6 individus)

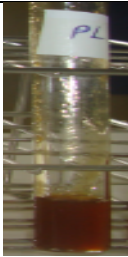
Résultats et discussion

		Couleur : marron foncé (5 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (5 individus) Description : florale (4 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : moyenne (5 individus) Saveur : sucré (5 individus) Intensité de la saveur : moyenne (4 individus) Arrière goût : des bonbons (6 individus)
	Aspect	Consistance : liquide (8 individus) Couleur : jaune or (8 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (6 individus) Description : florale (5 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : moyenne (4 individus) Saveur : sucré (5 individus) Intensité de la saveur : moyenne (4 individus) Arrière goût : la lavande (2 individus)
	Aspect	Consistance : épais (6 individus) Couleur : brun foncé (5 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (4 individus) Description : florale (3 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : bonne (5 individus) Saveur : sucré + amer (6 individus) Intensité de la saveur : faible (4 individus) Arrière goût : amer Inule visqueuse(5 individus)
	Aspect	Consistance : épais (6 individus) Couleur : marron (5 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : puissante (6 individus) Description : florale (4 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : faible (4 individus) Saveur : acide + amer (5 individus) Intensité de la saveur : faible (3 individus) Arrière goût : amer + fermenté (2 individus)
	Aspect	Consistance : épais (5 individus) Couleur : jaune orangé (6 individus)

Résultats et discussion

	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (5 individus) Description : fruité (3 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : forte (5 individus) Saveur : sucré (5 individus) Intensité de la saveur : forte (4 individus) Arrière goût : de toutes fleurs (4 individus)
	Aspect	Consistance : liquide (7 individus) Couleur : jaune d'or (9 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (7 individus) Description : florale (5 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : bonne (4 individus) Saveur : sucré (5 individus) Intensité de la saveur : forte (5 individus) Arrière goût : chardon (3 individus)
	Aspect	Consistance : liquide (9 individus) Couleur : jaune orange (5 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : puissante (5 individus) Description : fruité (4 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : faible (4 individus) Saveur : amer (4 individus) Intensité de la saveur : faible (4 individus) Arrière goût : amer Inule visqueuse (3 individus)
	Aspect	Consistance : épais (6 individus) Couleur : marron (5 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : puissante (4 individus) Description : florale (3 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : forte (5 individus) Saveur : sucré (4 individus) Intensité de la saveur : moyenne (3 individus) Arrière goût : chardon (2 individus)
	Aspect	Consistance : liquide (4 individus)

Résultats et discussion

		Couleur : brun clair (3 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : lourde (3 individus) Description : boisée (2 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : faible (4 individus) Saveur : acide (3 individus) Intensité de la saveur : faible (2 individus) Arrière-goût : fumé (3 individus)
	Aspect	Consistance : épais (4 individus) Couleur : marron (5 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (5 individus) Description : fruité + boisé (3 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : bonne (3 individus) Saveur : sucré (4 individus) Intensité de la saveur : moyenne (2 individus) Arrière goût : tanin + fumé (3 individus)

Résultats et discussion

	Aspect	Consistance : liquide (8 individus) Couleur : jaune or (9 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (7 individus) Description : florale (4 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : bonne (4 individus) Saveur : sucré (3 individus) Intensité de la saveur : moyenne (3 individus) Arrière-goût : Camomilles (3 individus)
	Aspect	Consistance : épais (3 individus) Couleur : jaune orangé (4 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (4 individus) Description : florale (3 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : moyenne (3 individus) Saveur : sucré (3 individus) Intensité de la saveur : moyenne (4 individus) Arrière-goût : agréable (4 individus)
	Aspect	Consistance : épais (6 individus) Couleur : brun dance (3 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : puissante (3 individus) Description : végétale (4 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : forte (5 individus) Saveur : sucré (4 individus) Intensité de la saveur : moyenne (3 individus) Arrière-goût : Caroube (3 individus)

	Aspect	Consistance : épais (6 individus) Couleur : brun foncé (5 individus)
	Odeur	Intensité de l'odeur : puissante (6) individus Description : boisé (4 individus)
	Goût/arôme	Sucrosité : moyenne (3 individus) Saveur : sucré (4) individus Intensité de la saveur : forte (5) individus Arrière-goût : mauvais (3) individus
	Aspect	Consistance : liquide (8) individus Couleur : jaune d'or (9) individus

	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (5) individus Description : florale (4) individus
	Goût/arôme	Sucrosité : moyenne (5) individus Saveur : sucré (3) individus Intensité de la saveur : moyenne (4) individus Arrière-goût : doux (3) individus
	Aspect	Consistance : épais (6) individus Couleur : marron foncé (5) individus
	Odeur	Intensité de l'odeur : fine (3) individus Description : florale (4) individus
	Goût/arôme	Sucrosité : moyenne (3) individus Saveur : sucré (5) individus Intensité de la saveur : forte (4) individus Arrière-goût : d'épices (3) individus

L'analyse sensorielle est la troisième composition de l'évolution de la qualité du miel. L'analyse physicochimique ne suffit pas à cerner les caractéristiques organoleptiques d'un produit. Notre analyse est divisée en deux parties : les caractères d'apparences (couleur, consistance), et caractères organoleptiques (odeur, goût/arôme).

2.2.1. Caractères d'apparences

➤ La couleur

Est une caractéristique sensorielle importante des miels, elle varie en fonction de l'origine florale des produits. Actuellement, les techniques de référence internationales toujours en vigueur pour définir la couleur des miels sont fondées sur la méthode de Pfund. Comme nous ne disposons pas de cet instrument la perception de la couleur par l'appréciation visuelle est très subjective. Toute technique mise en œuvre pour caractériser la couleur des miels est pratiquée sur un produit (miel) liquide. Les miels cristallisés doivent subir une refonte au préalable.

La coloration subit des modifications sous l'influence de divers facteurs. Les miels cristallisés changent de couleur deviennent plus clairs et deviennent plus foncés suite aux traitements thermiques (GONNET, 2004).

Pour nos échantillons la majorité sont des miels du nectar, ils présentent une coloration qui va du jaune or au brun foncé en passant par les gammes de jaune. Ce sont des

miels butinés sur un tapis très varié et sans dominance, excepté les miels AL, BL et KL qui sont respectivement des miels de Lavande, de Sain foin et d'Inule visqueuse qui présentent une couleur claire. Aussi le miel local GL présente une couleur différente qui est le gris translucide cela peut être dû à l'origine florale.

➤ Odeur

Dans les différents miels, leurs odeurs varient considérablement mais s'évaporent très rapidement. Elles sont d'origine végétale, florale ou fruitée, qui peut être puissante ou non, fine, lourde, ou vulgaire. Une odeur de fumée ou de fermentation est un défaut (MOKEDDEM, 1997).

L'odeur est extrêmement variable et dépend des fleurs, le goût spécifique de chaque variété lui donne les caractères aromatique de la fleur dominante, tandis que pour les miels « toutes fleurs » ils proviennent d'une flore variée et par conséquent, leurs caractéristiques sensorielles sont plus difficiles à cerner (GONNET, 2004), c'est le cas de la plupart de nos échantillons leurs odeur est fine sauf pour certains miels qui présentent une odeur puissante (C, D, KL, OL et PL), cela peut s'expliquer par leur origine florale.

Conclusion

Le miel occupe une place importante dans le domaine agro-alimentaire comme dans le domaine médical, en assurant des effets thérapeutiques contre plusieurs maladies.

L'étude que nous avons menée a permis d'évaluer la qualité des miels à partir de l'analyse des principaux paramètres physico-chimiques: la teneur en eau, la teneur en sucre, densité, pH, l'acidité libre, la conductivité électrique et enfin le HMF, et d'analyse sensorielle qui a porté sur la détermination des paramètres organoleptiques notamment: la couleur, consistance, odeur, goût, et arôme.

Au terme de ce travail, nous avons pu constater que la plupart des résultats de différents paramètres sont situés dans la fourchette des valeurs recommandées par le *Codex Alimentarius*, concernant les deux types de miels, mais ils présentent certaines variabilités concernant la teneur en eau et la teneur en sucres.

L'évaluation de la teneur en eau du miel est importante pour l'appréciation de sa qualité. Elle permet de connaître les conditions d'extraction et de stockage du miel, la fermentation, et l'environnement qu'il entoure. Les résultats obtenus montrent que la plupart des échantillons de miel étudiés contiennent un taux d'humidité qui correspond aux normes, donc ils sont protégés contre toutes altérations microbiennes, à l'exception de quelques échantillons (GL, HL, RL et B), qui présentent des teneurs non conformes aux normes qui peuvent être dû à un stockage dans des conditions inappropriées.

L'ensemble des miels analysés présentent des teneurs en sucres, correspondants aux normes, sauf pour l'échantillon et les échantillons (GL, HL, RL, et B) qui présentent des teneurs élevées, cela peut être dû à un ajout de sirop de sucre.

Les résultats de l'acidité et du pH révèlent la conformité des échantillons locaux et ceux d'importation aux normes recommandées.

Le taux de H.M.F, tous les résultats sont conformes aux normes et constituent un excellent témoin de fraîcheur du miel, c'est à dire témoin de son âge et de son antécédent technologique.

Pour la densité, plus un miel est riche en eau, moins il est dense et dans notre étude, tout nos échantillons évoluent dans ce sens avec des résultats conformes aux normes.

Les résultats concernant la conductivité électrique sont conformes aux normes et nous ont permis de déduire que nos miels sont issus du nectar.

En ce qui concerne l'analyse sensorielle, elle est divisée en deux parties :

- appréciation des caractères d'apparence (couleur, consistance)
- appréciation des caractères organoleptiques (odeur, goût/arôme)

Concernant la couleur la majorité sont des miels du nectar donc ils présentent une coloration qui va du jaune or au brun foncé en passant par les gammes de jaune à l'exception de certains miels (AL, BL et KL) ayant une couleur claire. Aussi que le miel local (GL) qui présente une couleur différente qui est le gris translucide cela peut être dû à l'origine florale.

La plupart de nos échantillons présentent une consistance épaisse par contre certains miels tels que (A, E, AL, HL, IL, ML, NL et PL), leur consistance est liquide.

L'odeur la plupart des échantillons leurs odeur est fine sauf certains miels (C, D, KL et OL) qui présentent une odeur puissante, par contre le miel (PL) présente une odeur lourde cela peut s'expliquer par leur origine florale. Et pour le goût/arôme, nous notons que les miels analysés présentent des goûts qui vont d'une douceur faible, moyenne puis bonne avec une intensité de saveur qui va de moyenne à forte, avec des arrière-goûts.

Recommandation et perspective

Notre travail s'est limité à l'étude de quelques échantillons de miel dont certains sont locaux et d'autres sont importés, et tous ces miels ont été récoltés en 2015, nous avons effectué des analyses Physico-chimique avec une étude sensorielle, dans le but d'identifier et de caractériser et la valoriser de la qualité de ces miels.

Le miel doit être conduit dans de bonnes conditions depuis le travail de l'apiculteur (la ruche) jusqu'à la vente et pour cela, nous pouvons proposer les recommandations suivantes:

Pour les apiculteurs

- Eviter de placer les ruches auprès des exploitations agricoles qui font recours à des produits phytosanitaires (insecticides organiques ou synthétique) qui représentent une toxicité à l'égard des abeilles.
- La récolte du miel doit se faire dans des conditions climatiques favorables (Climat sec) et que les cadres prélevés soient entièrement operculés afin d'éviter le phénomène hygroscopique du miel, dans le but de remédier aux teneurs élevées en eau.
- Eviter l'ajout du sucre inverti au miel après la récolte, et éviter le nourrissage des abeilles durant la miellée.
- Surveiller l'état sanitaire des abeilles et éviter l'utilisation des antibiotiques.
- Engagement des apiculteurs à se joindre au mouvement mondial urbain de protection des abeilles.

En ce qui concerne la commercialisation du miel

- Afin de faciliter la commercialisation et le contrôle de la qualité du miel il faut doter chaque coopérative apicole d'un laboratoire d'analyse et de mesure, dans le but de déterminer la qualité du miel.
- La commercialisation du miel doit être faite dans des pots en verre ou en plastique, qui doivent être portants toutes les informations indispensables (l'origine florale, la date de récolte, le nom et l'adresse de l'apiculteur).

Références bibliographiques

ADDAD Amel ., HABBACI Hanane. (2007). Contribution à l'étude physico-chimique et sensorielle des miels de quelques localités de la Wilaya de Tizi-Ouzou, Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques, Université de Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.

AITLOUNIS Lydia. (2012). Comparaison des caractéristiques physiques, polliniques, microbiologiques et organoleptiques de quelques miels locaux et ceux d'importation commercialisés, Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques spécialité Technologie Alimentaire, Université de Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.

BARTHOLOMEUS.T., BERQUE.B. BOUEIH JPI.T. MOLLET. (2010). Lettre du développement apicole en Aquitaine.

BLASA M., CANDIRACCI M. A. PIACENTI M. P. ANDPIATTI E. (2007). Honey flavonoids as protection agents against oxidative damage to human red blood cells. Food Chemistry, 104.P: 1635-1640.

BOGDANOV S. (1999). Stockage, cristallisation et liquéfaction des miels. Centre suisse de recherche apicole, P:25-26.

BRUNEAU E. (2009). Chapitre IX: Les produits de la ruche in Clément H.et al. Le Traité Rustica de l'apiculture Edition Rustica, Paris, 354-387.

CLEMENCE HOYET. (2005), le miel : de la source à la thérapeutique. Thèse pour obtenir : le diplôme d'état de docteur en pharmacie, université Henri Poincaré - Nancy, France.

CORBELLA E. COZZOLINO D. (2006). Classification of the floral origin of Uruguayan honeys by chemical and physical characteristics combined with chemometrics Lebensmittel.-Technol., 39: 534-539.

EMILLIE FREDOT. (2009). Connaissance des alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Deuxième édition. Edition TEC&DOC, 11, rue Lavoisier, Paris.

FALLICO B., ZAPPALA M. ARENA E. VERZERA A. (2004). Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. Food Chemistry, Volume 85, Issue 2, April 2004, Pages 305-313.

FRÈRE ADAM. (2010). ma méthode d'apiculture, édition Le courrier de livre 29, rue de Condé, 75006 Paris.

GONNET M. (1982). Le miel : composition, propriétés, conservation. Ed. Echauffour. Argentan. Ornes, 9-12 pp.

GONNET.M.(1986). L'analyse des miels. Description de quelques méthodes de contrôle de la qualité. Bulletin technique apicole, 54-13, (1).p17-36.

GOUT JAKUES. (2011).Panorama de l'apiculture dans le monde- les ruches du Bessillon marché de miel.7^{ème} Edition, tout savoir sur l'abeille et l'apiculture.

HENRI CLÉMENT. (2009). L'abeille, sentinelle de l'environnement. Edition Alternatives, 33 Rue SAINT-ANDRÉ-DES-ARTS 75006 Paris.

HENRI CLÉMENT. (2010). L'abeille, sentinelle de l'environnement. Edition Alternatives, 33 Rue SAINT-ANDRÉ-DES-ARTS 75006 Paris.

<http://www.afrique science.info>

http://www.beekeepig.com/articles/fr/chimie_miel htm.

<http://www.codex alimentarius.net/ downloand/standards/310/CXC012e.pdf>.

HUSSEIN. (2005). l'Apiculteur en Afrique –Apimondia .Fédération internationale des apiculteurs.

JEAN- LUC DARRIGOL. (2007). Apithérapie Miel pollen propolis gelée royale Edition Dangles B.P.44-53960 BONCHAMP-LES-LAVAL Octobre 2007.

JEAN- PROST. (2005) Apiculture. Connaître l'abeille, conduire le rucher 7^{ème} édition, Tec & Doc Lavoisier, 698p.

KARL VON FRISCH. (2011). vie et mœurs des abeilles, Edition Albin Michel, 22 rue Huyghens, 75014 Paris. ISBN : 978-2-226-1872-7. ISSN : 0298-2447.

Küçük M ., KOLAYLI S . KARAOLU S. ULUSOY E. BALTACI C AND CANDAN F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types of Anatolia .Food Chemistry, 100: 526-534.

LOUVEAUX. (1970). Atlas photographique d'analyse pollinique des miels. Tome III. Des annexes microphotographiques aux méthodes officielles d'analyse. Service de la répression des fraudes et du contrôle de la qualité, 24 pp.

LOUVEAUX. J (1968). L'analyse pollinique des miels, in Traité biologique de l'abeille, Tome 3. Édition Masson de Cie, Paris. Pp 324-361.

MAKHOULFI C., KERKVLIT D. RICCIARDELLI D'ALBORE G. CHOUKRI A .SAMRA R. (2010). Characterization of Algerian honeys by palynological and physicochemical methods. Apidologie 41: 509-521.

MARCEAU. J., NOREAU. J et HOULE. E. (1994). Les HMF et la qualité du miel.

MOKEDDEM T. (1997). Contribution à l'analyse physico-chimique et pollinique du miel d'oranger, région de Mitija. Thèse d'ingénieur en agronomie. Université des sciences et de la technologie de Blida.

MUTSAERS. M., BLITTERSWIJK. H.V., LEVIN. L. V. KERKVLIT J. ET DEWAERD.J.V (2005). Produits de l'apiculture : propriétés, transformation et commercialisation. Agromisa ISBN CTA : 92-9081-306-7.

OUJDET KAHINA. (2012). Etudes et enquêtes, le miel une denrée promouvoir. Infos-CACQE N° :00.pp : 01-03.

PETER .D. PATERSON. (2008).L'apiculture .Edition, Isabelle Bonnevie, Janvier 2008.

PHILIPPE. J. (2007). Le guide de l'apiculture .Edition EDISUD.

PIERRE JEAN-PROST. (2005). Apiculture, connaître l'abeille, conduire le rucher.^{7^{ème}} Edition, J.B. BAIUIERE, Paris.

RATIA G. la nouvelle réglementation concernant le miel. Revue de France n° 850, p : 286-290.

RAVAZZI G. (2007). Abeille et Apiculture, Edition De Vecchi S. A, Paris.

Références Webographiques

REMY R. Le butin des butineuses. Revue : Test-achat, n°451, février 2002, p : 12-16.

Revue ADAAQ info. P: 10-17. Biological activities and chemical composition of three honeys of different types of Anatolia .Food Chemistry, 100: 526-534.

Revue PHARMACOL RES éléments qui sont plutôt rares, les vitamines sont omniprésentes dans le miel, ainsi on en observe 5 principales

SCHWEITZER PAUL. (2004).Pouvez vous me faire une analyse pour savoir si ce miel est un miel de qualité.

SCHWEITZER P. (2004). Mauvaise herbe et apiculture, Laboratoire d'analyse et d'écologie.

SCHWEITZER. (2005). Un miel étrange... L'abeille de France n°920, Décembre 2005.

TERRAB A., Diez MJ. HEREDIA FJ. (2002). Characterization of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. Food Chemistry, 79: 337-73.Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, p 277-324.

Références bibliographiques

VAISSIERE. (2006).Pollinisation, apiculture et environnement. Traite Rustica de l'apiculture.122p. Volume 15 numéros 2. Fédération des Apiculteurs du Québec .service de zootechnie.

WHITE .JEANNE.F. (2005). C. Le miel, éléments d'analyse. Bulletin technique apicole. Edition de l'O.P.I.D.A.32 (2), p: 69-76.

WHITE J. (1980).Hydroxyméthylfurfural and honey adulteration 1-ASSOC.OFFAMEL

Annexe II

Résultats du test de normalité (Kolmogorov-Smirnov) des valeurs de la teneur en eau des miels analysés

Variable : valeur, Distribution : Normale (Feuille de données1)										
Kolmogorov-Smirnov, d= 0,16995, p= n.s., Lilliefors p < 0,10										
Chi-deux : -----, dl= 0, p= ---										
Borne Sup.	Observé (effectifs)	Cumul Observé	%age Observé	% Cumulé Observé	Théorique (effectifs)	Cumul Théorique	%age Théorique	% Cumulé Théorique	Observé-Théorique	
<= 11,50000	0	0	0,00000	0,0000	0,025518	0,02552	0,10633	0,1063	-0,02552	
12,00000	1	1	4,16667	4,1667	0,035528	0,06105	0,14803	0,2544	0,96447	
12,50000	0	1	0,00000	4,1667	0,075458	0,13651	0,31441	0,5688	-0,07546	
13,00000	0	1	0,00000	4,1667	0,149022	0,28553	0,62092	1,1897	-0,14902	
13,50000	1	2	4,16667	8,3333	0,273655	0,55918	1,14023	2,3299	0,72635	
14,00000	0	2	0,00000	8,3333	0,467268	1,02645	1,94695	4,2769	-0,46727	
14,50000	0	2	0,00000	8,3333	0,741891	1,76834	3,09121	7,3681	-0,74189	
15,00000	1	3	4,16667	12,5000	1,095283	2,86362	4,56368	11,9318	-0,09528	
15,50000	1	4	4,16667	16,6667	1,503576	4,36720	6,26490	18,1967	-0,50358	
16,00000	1	5	4,16667	20,8333	1,919276	6,28648	7,99698	26,1936	-0,91928	
16,50000	0	5	0,00000	20,8333	2,278047	8,56452	9,49186	35,6855	-2,27805	
17,00000	3	8	12,50000	33,3333	2,514210	11,07873	10,47587	46,1614	0,48579	
17,50000	4	12	16,66667	50,0000	2,580204	13,65894	10,75085	56,9122	1,41980	
18,00000	4	16	16,66667	66,6667	2,462184	16,12112	10,25910	67,1713	1,53782	
18,50000	4	20	16,66667	83,3333	2,184744	18,30586	9,10310	76,2744	1,81526	
19,00000	2	22	8,33333	91,6667	1,802578	20,10844	7,51074	83,7852	0,19742	

Résultat de test Student pou deux échantillons indépendants des valeurs de la teneur en eau des miels analysés

Tests t ; Classmt : miel (Feuille de données1)											
Groupe1: local											
Groupe2: importé											
Variable	Moyenne local	Moyenne importé	Valeur t	dl	p	N Actifs local	N Actifs importé	Ecart-Type local	Ecart-Type importé	Ratio F Variances	p Variances
valeur	17,18353	17,16500	0,020173	21	0,984096	17	6	2,071566	1,408173	2,164143	0,402611

Annexe V

Résultats du test de normalité (Kolmogorov-Smirnov) des valeurs d'acidité des miels analysés

Variable : valeur, Distribution : Normale (Feuille de données11) Kolmogorov-Smirnov, d= 0,12767, p = n.s., Lilliefors p = n.s. Chi-deux : -----, dl = 0, p = ---									
Borne Sup.	Observé (effectifs)	Cumul Observé	%age Observé	% Cumulé Observé	Théorique (effectifs)	Cumul Théorique	%age Théorique	% Cumulé Théorique	Observé-Théorique
<= 0,80000	0	0	0,00000	0,0000	1,487477	1,48748	6,46729	6,4673	-1,48748
1,00000	5	5	21,73913	21,7391	1,004509	2,49199	4,36743	10,8347	3,99549
1,20000	0	5	0,00000	21,7391	1,418715	3,91070	6,16833	17,0030	-1,41872
1,40000	0	5	0,00000	21,7391	1,852213	5,76291	8,05310	25,0561	-1,85221
1,60000	5	10	21,73913	43,4783	2,235329	7,99824	9,71882	34,7750	2,76467
1,80000	2	12	8,69565	52,1739	2,493716	10,49196	10,84224	45,6172	-0,49372
2,00000	4	16	17,39130	69,5652	2,571627	13,06359	11,18099	56,7982	1,42837
2,20000	0	16	0,00000	69,5652	2,451457	15,51504	10,65851	67,4567	-2,45146
2,40000	0	16	0,00000	69,5652	2,160210	17,67525	9,39222	76,8489	-2,16021
2,60000	3	19	13,04348	82,6087	1,759635	19,43489	7,65059	84,4995	1,24037
2,80000	2	21	8,69565	91,3043	1,324963	20,75985	5,76071	90,2602	0,67504
3,00000	1	22	4,34783	95,6522	0,922230	21,68208	4,00970	94,2699	0,07777
3,20000	0	22	0,00000	95,6522	0,593374	22,27546	2,57989	96,8498	-0,59337
3,40000	0	22	0,00000	95,6522	0,352915	22,62837	1,53441	98,3842	-0,35292
3,60000	1	23	4,34783	100,0000	0,194028	22,82240	0,84360	99,2278	0,80597
3,80000	0	23	0,00000	100,0000	0,098607	22,92101	0,42873	99,6565	-0,09861
< Infini	0	23	0,00000	100,0000	0,078994	23,00000	0,34345	100,0000	-0,07899

Résultats du test de Student pour deux échantillons indépendants des valeurs d'acidité des miels analysés

Tests t ; Classmt : miel (Feuille de données11) Groupe1: Local Groupe2: Importé											
Variable	Moyenne Local	Moyenne Importé	Valeur t	dl	p	N Actifs Local	N Actifs Importé	Ecart-Type Local	Ecart-Type Importé	Ratio F Variances	p Variances
valeur	1,888824	1,848333	0,117219	21	0,907800	17	6	0,705584	0,793282	1,264032	0,653302

Annexe VI

Résultats du test de normalité (Kolmogorov-Smirnov) des miels analysés

Variable : valeur, Distribution : Normale (Feuille de données17) Kolmogorov-Smirnov, d= 0,24653, p < 0,10, Lilliefors p < 0,01 Chi-deux : -----, dl = 0, p = ---									
Borne Sup.	Observé (effectifs)	Cumul Observé	%age Observé	% Cumulé Observé	Théorique (effectifs)	Cumul Théorique	%age Théorique	% Cumulé Théorique	Observé-Théorique
<= 0,00000	0	0	0,00000	0,0000	3,028434	3,02843	13,16711	13,1671	-3,02843
1,00000	6	6	26,08696	26,0870	2,290946	5,31938	9,96063	23,1277	3,70905
2,00000	8	14	34,78261	60,8696	3,026902	8,34628	13,16044	36,2882	4,97310
3,00000	1	15	4,34783	65,2174	3,457504	11,80379	15,03263	51,3208	-2,45750
4,00000	0	15	0,00000	65,2174	3,414362	15,21815	14,84505	66,1659	-3,41436
5,00000	2	17	8,69565	73,9130	2,915000	18,13315	12,67392	78,8398	-0,91500
6,00000	2	19	8,69565	82,6087	2,151534	20,28468	9,35450	88,1943	-0,15153
7,00000	2	21	8,69565	91,3043	1,372887	21,65757	5,96907	94,1633	0,62711
8,00000	1	22	4,34783	95,6522	0,757344	22,41491	3,29280	97,4561	0,24266
9,00000	1	23	4,34783	100,0000	0,361174	22,77609	1,57032	99,0265	0,63883
< Infini	0	23	0,00000	100,0000	0,223913	23,00000	0,97353	100,0000	-0,22391

Résultats du test de Mann-Whitney pour deux échantillons indépendants des valeurs de HMF des miels analysés

Test U de Mann-Whitney (Feuille de données17)										
Par var. miel										
Tests significatifs marqués à $p < ,05000$										
variable	SommeRgs Local	SommeRgs Importé	U	Z	niv. p	Z ajusté	niv. p	N Actif Local	N Actif Importé	2*(1-p) p exact
valeur	190,0000	86,00000	37,00000	-0,980196	0,326990	-0,980196	0,326990	17	6	0,354325

Annexe VII

Résultats du test de normalité (Kolmogorov-Smirnov) des valeurs de densité des miels analysés

Variable : valeur, Distribution : Normale (Feuille de données7) Kolmogorov-Smirnov, d= 0,27953, p < 0,05, Lilliefors p < 0,01 Chi-deux : -----, dl = 0, p = ---									
Borne Sup.	Observé (effectifs)	Cumul Observé	%age Observé	% Cumulé Observé	Théorique (effectifs)	Cumul Théorique	%age Théorique	% Cumulé Théorique	Observé-Théorique
<= 1,38811	0	0	0,00000	0,0000	0,027876	0,02788	0,12120	0,1212	-0,02788
1,39022	1	1	4,34783	4,3478	0,035433	0,06331	0,15406	0,2753	0,96457
1,39233	0	1	0,00000	4,3478	0,071995	0,13530	0,31302	0,5883	-0,07199
1,39444	0	1	0,00000	4,3478	0,136995	0,27230	0,59563	1,1839	-0,13699
1,39656	0	1	0,00000	4,3478	0,244131	0,51643	1,06144	2,2453	-0,24413
1,39867	0	1	0,00000	4,3478	0,407438	0,92387	1,77147	4,0168	-0,40744
1,40078	2	3	8,69565	13,0435	0,636821	1,56069	2,76878	6,7856	1,36318
1,40289	0	3	0,00000	13,0435	0,932162	2,49285	4,05288	10,8385	-0,93216
1,40500	0	3	0,00000	13,0435	1,277863	3,77071	5,55593	16,3944	-1,27786
1,40711	0	3	0,00000	13,0435	1,640576	5,41129	7,13294	23,5273	-1,64058
1,40922	0	3	0,00000	13,0435	1,972550	7,38384	8,57631	32,1036	-1,97255
1,41133	9	12	39,13043	52,1739	2,221157	9,60500	9,65720	41,7609	6,77884
1,41344	0	12	0,00000	52,1739	2,342341	11,94734	10,18409	51,9449	-2,34234
1,41556	0	12	0,00000	52,1739	2,313348	14,26069	10,05803	62,0030	-2,31335
1,41767	0	12	0,00000	52,1739	2,139693	16,40038	9,30301	71,3060	-2,13969
1,41978	0	12	0,00000	52,1739	1,853453	18,25383	8,05849	79,3645	-1,85345
1,42189	11	23	47,82609	100,0000	1,503596	19,75743	6,53738	85,9019	9,49640
< Infini	0	23	0,00000	100,0000	3,242572	23,00000	14,09814	100,0000	-3,24257

Résultats du test de Mann-Whitney pour deux échantillons indépendants des valeurs de densité des miels analysés.

	Test U de Mann-Whitney (Feuille de données7) Par var. miel Tests significatifs marqués à $p < ,05000$									
variable	SommeRgs Local	SommeRgs Importé	U	Z	niv. p	Z ajusté	niv. p	N Actif Local	N Actif Importé	2*(1-p) p exact
valeur	203,5000	72,50000	50,50000	-0,035007	0,972074	-0,038390	0,969377	17	6	0,972867

Annexe VIII

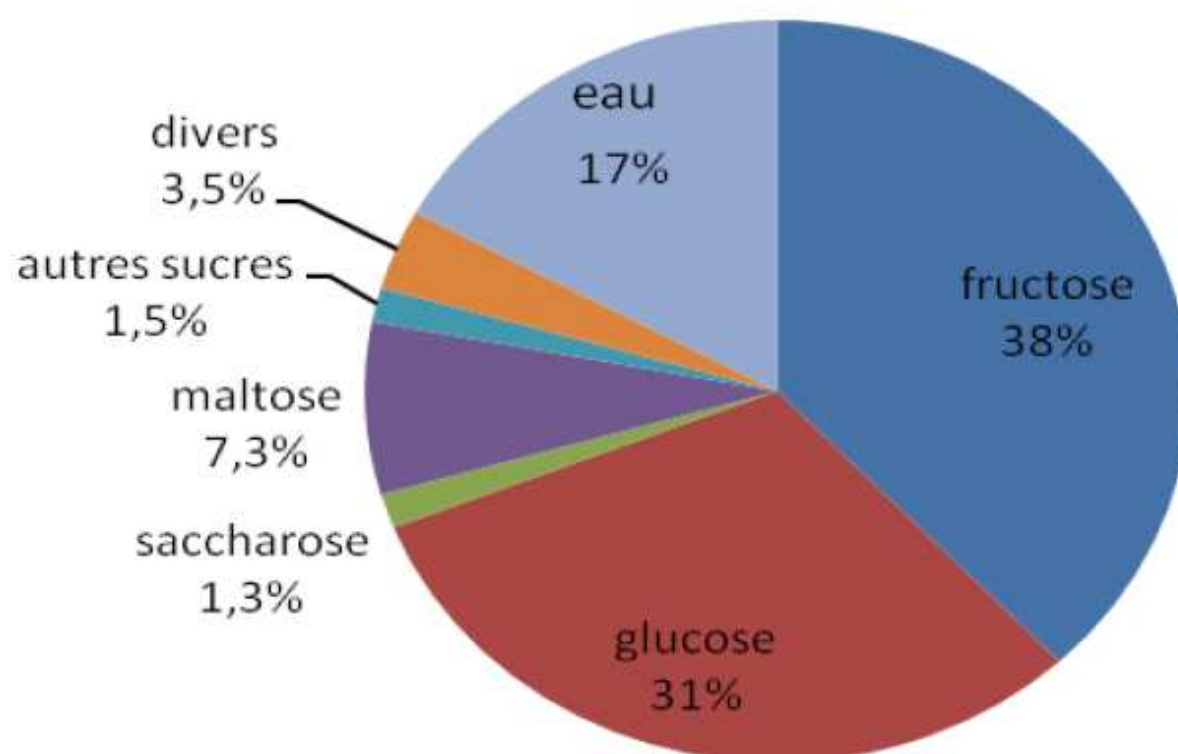
Résultats du test de normalité (Kolmogorov-Smirnov) des valeurs de conductivité électrique des miels analysés.

Variable : valeur , Distribution : Normale (solution.sta) Kolmogorov-Smirnov, d= 0,19273, p = n.s., Lilliefors p < 0,05 Chi-deux : -----, dl = 0, p = ---									
Borne Sup.	Observé (effectifs)	Cumul Observé	%age Observé	% Cumulé Observé	Théorique (effectifs)	Cumul Théorique	%age Théorique	% Cumulé Théorique	Observé-Théorique
<= 100,00000	0	0	0,00000	0,0000	1,437972	1,43797	6,25205	6,2521	-1,43797
150,00000	1	1	4,34783	4,3478	0,944146	2,38212	4,10498	10,3570	0,05585
200,00000	5	6	21,73913	26,0870	1,328620	3,71074	5,77661	16,1336	3,67138
250,00000	3	9	13,04348	39,1304	1,736660	5,44740	7,55070	23,6843	1,26334
300,00000	0	9	0,00000	39,1304	2,108537	7,55594	9,16755	32,8519	-2,10854
350,00000	1	10	4,34783	43,4783	2,377938	9,93387	10,33886	43,1908	-1,37794
400,00000	0	10	0,00000	43,4783	2,490995	12,42487	10,83041	54,0212	-2,49100
450,00000	4	14	17,39130	60,8696	2,423808	14,84868	10,53830	64,5595	1,57619
500,00000	2	16	8,69565	69,5652	2,190668	17,03934	9,52464	74,0841	-0,19067
550,00000	2	18	8,69565	78,2609	1,839111	18,87846	7,99613	82,0802	0,16089
600,00000	2	20	8,69565	86,9565	1,434141	20,31260	6,23539	88,3156	0,56586
650,00000	2	22	8,69565	95,6522	1,038790	21,35139	4,51648	92,8321	0,96121
700,00000	0	22	0,00000	95,6522	0,698901	22,05029	3,03870	95,8708	-0,69890
750,00000	0	22	0,00000	95,6522	0,436772	22,48706	1,89901	97,7698	-0,43677
800,00000	1	23	4,34783	100,0000	0,253539	22,74060	1,10234	98,8722	0,74646
< Infini	0	23	0,00000	100,0000	0,259402	23,00000	1,12783	100,0000	-0,25940

Résultats du test de Student pour deux échantillons indépendants des valeurs de conductivité électrique des miels analysés.

Tests t : Classmt : miel (solution.sta) Groupe1: Local Groupe2: Importé											
Variable	Moyenne Local	Moyenne Importé	Valeur t	dl	p	N Actifs Local	N Actifs Importé	Ecart-Type Local	Ecart-Type Importé	Ratio F Variances	p Variances
valeur	384,0859	374,0700	0,112339	21	0,911622	17	6	194,8812	162,8781	1,431577	0,735210

Annexe I: Composition moyenne du miel



Annexe IX : Questionnaire utilisé pour identification des caractères organoleptiques

Nom :

Date :

Prénom :

Fonction :

Veillez observer et goûter ces échantillons et indiquer vos appréciations sur les caractères cités ci-dessous en cochant la case appropriée.

Pour le caractère goût il vous est demandé de rincer la bouche avec de l'eau après chaque dégustation et de ne pas fumer avant la dégustation

➤ Caractères organoleptiques

1. La couleur :

Jaune pale ☐ Jaune orangé ☐ Jaune d'or ☐ Brun clair ☐ Marron ☐
Marron foncé ☐ Brun dance ☐

2. Aspect

Liquide ☐ crémeux ☐ pâteux ☐ cristallisé ☐

3. Odeur

3.1.Intensité

Puissante ☐ fine ☐ lourde ☐

3 .2. Description

Végétale ☐ florale ☐ fruité ☐ boisée ☐

4. Goût et arôme

4.1. Sucrosié

Forte ☐ bonne ☐ moyenne ☐ faible ☐

4.2. Saveur

Acide ☐ Sucré ☐ Salé ☐ Amer ☐

4.3. Intensité de la saveur

Forte ☐ Moyenne ☐ Faible ☐

4.4 .Arrière goût

Acide ☐ Tanin ☐ Rance ☐ Fumé ☐ Autres précisions ☐

Nous vous remercions d'avoir répondu à ces questions

Résumé

Le miel est un composé biologique très complexe d'une très grande diversité lui conférant une multitude de propriétés, aussi bien sur le plan nutritionnel que sur le plan thérapeutique. Dans le but de comparer la qualité du miel produit localement et celui issu d'importation, nous avons étudié vingt-trois échantillons récoltés en 2015 ; dix-sept d'origine locale et six importés de différents pays. Notre étude s'est portée sur l'évaluation physico-chimique ayant pour but de déterminer la composition du miel par l'analyse de quelques paramètres comme: la teneur en eau, la teneur en sucre, la densité, l'acidité libre, et l'Hydroxy-méthyle-furfural (HMF) qui sont des indicateurs de la qualité et d'autres tests comme la mesure de pH et la conductibilité électrique donnant des informations sur l'origine florale du miel. Nous avons aussi réalisé une analyse sensorielle qui a porté sur la détermination des paramètres organoleptiques notamment: la couleur, consistance, odeur, goût, et arôme.

Les résultats obtenus ont montré des valeurs plus en moins comprises dans l'ordre défini par le *Codex Alimentarius*, surtout en ce qui concerne les miels locaux par rapport aux miels d'importation.

Mots clés: Miel, qualité, analyse physico- chimique, analyse sensorielle, origine locale, origine importé.

Summary

Honey is a very complex biological compound with a very wide diversity, which gives it many properties, both nutritionally as well as therapeutically. In order to compare the quality of honey produced locally and that imported from abroad, we have studied on twenty three samples harvested in 2015; seventeen of them are produced locally and six others are from foreign origin. Our study concerned the physicochemical analysis in order to determine the honey composition thanks to some factors as: humidity, sugar content, density, acidity, and Hydroxy-methyl-furfural (HMF) which are the quality indicators, as well as other tests: measuring pH and electrical conductivity which gives information about floral origin. We have also realized sense analysis which concerned the determination of : color, consistency, smell, taste, and aroma.

The results obtained have shown that values are more or less included in the order defined by *codex alimentarius*, mainly on what deals with the locally produced honeys in comparison with the imported ones.

Key words: Honey, quality, physicochemical analysis, sense analysis, local origin, foreign origin.