

**République Algérienne Démocratique & Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université SAAD DAHLAB-BLIDA 1**  
**Faculté des Sciences de la Nature & de la Vie**  
**Département de Biotechnologie**



**Projet de fin d'étude en vue de l'obtention**  
**Du Diplôme de Master**

**Spécialité : Biotechnologie de l'Alimentation & Amélioration des Performances**  
**Animales**

**Etude de la qualité de quelques miels**  
**récoltés dans la région de Blida**

**Présenter par : Raber el-maizi Souâad**

**Devant le jury composé de :**

<b>Mme SID. S</b>	<b>MAA</b>	<b>USDB</b>	<b>Présidente du jury</b>
<b>Mlle BOUBEKEUR. S</b>	<b>MAA</b>	<b>USDB</b>	<b>Promotrice</b>
<b>Mme BABA ALI. A</b>	<b>MAA</b>	<b>USDB</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mr HAMZAOUI.M</b>	<b>Président de l'association des apiculteurs de Blida</b>		<b>Invité</b>

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2016 - 2017**

# Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures et des photos

Liste des abréviations

Sommaire

**Introduction**

## Partie bibliographique

### Chapitre I : Généralités sur l'abeille

1.1. Historique.....	2
1.2. Situation de l'apiculture en Algérie.....	3
1.3. Classification des abeilles.....	5
1.4. Les habitants de la ruche.....	6
1.5. Cycle de développement de l'abeille .....	8
1.6. La morphologie des abeilles .....	11
1.7. Les produits de la ruche .....	18

### Chapitre II : Le miel

2.1. Définition du miel.....	21
2.2. Origine du miel.....	21
2.3. Les types de miel.....	25
2.4. Formation du miel.....	25
2.5. Qualité du miel.....	26
2.6. Composition chimique du miel.....	28
2.7. Les différentes propriétés de miel.....	35
2.8. Technologie du miel.....	41
2.9. Principales transformations physiques et chimiques du miel.....	44
2.10. Actions frauduleuses.....	45

## **Partie expérimentale**

### **Chapitre I : Matériels et méthodes**

1.1. Présentation de la région d'étude.....	47
1.2. Matériels.....	51
1.3. Méthodes.....	52

### **Chapitre II : Résultats et discussion**

### **Conclusion**

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

## Résumé

Ce travail a contribué à évaluer la qualité de quelques miels récoltés dans la région de Blida selon les normes internationales de qualité (Codex alimentaire).

Les 10 échantillons de miels ont été récoltés au niveau de 10 ruchers de la région de Blida (Nord, Sud, Est, Ouest) en mois d'avril, mai et juin 2017. Les échantillons de miels récoltés ont fait l'objet d'analyse physico-chimique, les paramètres analysés dans cette étude sont : la teneur en eau et en matière sèche, la conductibilité électrique, teneur en cendre, le potentiel hydrogène, l'acidité libre, le taux d'hydroxyméthylfurfural et la densité.

Le miel d'agrumes issu de Mouzaia enregistre la plus faible teneur en eau (15%) qui correspond à sa valeur la plus élevée en matière sèche (85%).

Le miel de montagne issue de Oued djar enregistre la conductibilité électrique 0.57 mS/cm qui dépend de la teneur en éléments minéraux en effet le taux le plus élevé en cendres est de 0.225 % pour le même échantillon de miel.

L'acidité libre obtenue de tous les échantillons de miel ne dépasse pas les 40meq/kg.

Le miel de montagne d'Oued djar enregistre une valeur d'acidité libre de 40 meq/kg et le HMF est de 41.07 mg/kg ; ce miel peut être considéré comme un produit fragile pour la conservation.

L'échantillon de miel d'oranger de Sidi moussa enregistre la plus faible valeur de la densité avec 1.31 %, et il enregistre la valeur la plus élevée de la teneur en eau qui est 18 %.

Le miel de Bouinan toutes fleurs est le miel le plus acide parmi les autres échantillons (pH=3.4).

Les résultats obtenus montrent que tous les échantillons de miels analysés répondent aux normes internationales sur le plan physico-chimique.

**Mots clés :** Miel, Qualité, Analyses physico-chimique, Blida.



ساعد هذا العمل على تقييم نوعية بعض العسل المحصود في منطقة البلدية وفقاً لمعايير الجودة الدولية. حيث تم جمع 10 عينات من العسل في 10 مناحل في منطقة البلدية (شمال، جنوب، شرق، غرب) في أبريل وماي وجوان 2017. تعرض عينات العسل التي تم جمعها للتحاليل الفيزيائية والكيميائية، التحليلات التي قمنا بها في هذه الدراسة هي: كمية الماء والمادة الجافة، الناقلية الكهربائية، الرماد، الحموضة، الحموضة الحرة، ومعدل هيدروكسيميثيلفورفورال والكثافة. يحتوي عسل الحمضيات من موزاية على أقل كمية من الماء (15%)، وهو ما يعادل أعلى محتوى للمادة الجافة (85%).

يسجل عسل الجبل من وادي جر ناقلية كهربائية تقدر ب 0.57 mS/cm، حيث تعتمد هذه الناقلية على المحتوى المعدني، في الواقع أن أعلى معدل للرماد هو 0.225% لنفس العينة من العسل.

الحموضة الحرة التي تم الحصول عليها من جميع عينات العسل لا تتجاوز 40. meq/kg حيث يسجل عسل الجبل من واد جر قيمة الحموضة الحرة 40 meq/kg وكمية الهيدروكسيميثيلفورفورال 41.07 mg/kg. يمكن اعتبار هذا العسل منتجاً قابلاً للحفظ.

تسجل عينة عسل البرتقال لسيدي موسى أدنى قيمة للكثافة بنسبة 1.31%، وهي تسجل أعلى قيمة لمحتوى الماء بنسبة 18%.

عسل بوينان لكل الأزهار هو العسل الأكثر حموضة بين العينات الأخرى (pH=3.4).

النتائج التي تم الحصول عليها تبين أن جميع عينات العسل التي تم تحليلها تتوافق مع المعايير الفيزيائية والكيميائية الدولية.

**الكلمات الدالة:** العسل، الجودة، التحاليل الفيزيائية - الكيميائي، البلدية

This work has helped evaluate the quality of some honey harvested in the Blida region according to international quality standards (Codex Alimentarius).

The 10 samples of honeys were collected at 10 apiaries in the Blida region (North, South, East, West) in April, May and June 2017. The honey samples collected were subjected to physical and chemical analysis, the parameters analyzed in this study are: water and dry matter content, electrical conductivity, ash content, hydrogen potential, free acidity, hydroxymethylfurfural level and density.

Citrus honey from Mouzaia has the lowest water content (15%), which corresponds to its highest dry matter content (85%).

The mountain honey from Oued djar records the electrical conductivity 0.57 mS / cm that depends on the mineral content, in fact the highest rate of ash is 0.225% for the same sample of honey.

The free acidity obtained from all samples of honey does not exceed 40 meq / kg.

The mountain honey of Oued djar records a free acid value of 40 meq / kg and the HMF is 41.07 mg / kg; this honey can be considered a fragile product for conservation.

The Sidi moussa orange honey sample records the lowest value of the density with 1.31%, and it records the highest value of the water content which is 18%.

Bouinan all flowers honey is the most acid honey among other samples (pH = 3.4).

The results obtained show that all samples of honey analyzed correspond to international physico-chemical standards.

**Key words:** Honey, Quality, Physico-chemical analysis, Blida.

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b>	Classification de l'abeille <i>Apis mellifera</i> .....	5
<b>Tableau 2 :</b>	Vie et ponte de la reine .....	7
<b>Tableau 3 :</b>	Les stades de développement des 3 castes d'abeilles .....	9
<b>Tableau 4 :</b>	Composition de la gelée royale .....	18
<b>Tableau 5 :</b>	Composition de miel de nectar et le miel de miellat.....	25
<b>Tableau 6 :</b>	Normes concernant la qualité du miel selon le projet du Codex Alimentaire (2001) et selon le projet de l'UE 96/0114 (2001) .....	27
<b>Tableau 7:</b>	Principaux composants du miel en % .....	29
<b>Tableau 8 :</b>	Durée nécessaire pour la formation de 40 mg HMF/kg de miel en fonction de température de stockage.....	31
<b>Tableau 9 :</b>	Teneur du miel en minéraux.....	32
<b>Tableau 10:</b>	Les acides aminés présents dans le miel.....	33
<b>Tableau 11 :</b>	La table de Chataway.....	37
<b>Tableau 12 :</b>	Répartition mensuelle et annuelle du climat de la wilaya de Blida durant la période Décembre 2016 à juin 2017. ....	49
<b>Tableau 13 :</b>	Appareillage, verreries et réactifs utilisés.....	51
<b>Tableau 14 :</b>	Présentations des différents échantillons.....	52
<b>Tableau 15 :</b>	Les valeurs de la teneur en eau des miels analysés.....	62
<b>Tableau 16 :</b>	La teneur en matière sèche des miels analysés.....	64
<b>Tableau 17 :</b>	Les valeurs de la conductibilité électrique .....	65
<b>Tableau 18 :</b>	Les valeurs de pH des miels analysés.....	67
<b>Tableau 19 :</b>	Les valeurs de l'acidité libre obtenues.....	69
<b>Tableau 20 :</b>	Les valeurs de la densité obtenues.....	71
<b>Tableau 21:</b>	Taux des cendres des échantillons de miel.....	73
<b>Tableau 22 :</b>	Le HMF des échantillons analysés.....	75

## Liste des figures et des photos

<b>Figure 1 :</b>	Schéma des 3 castes de l'abeille.....	6
<b>Figure 2 :</b>	Polythéisme d'âge des ouvrières.....	8
<b>Figure 3 :</b>	Développement des larves d'ouvrières, de faux bourdons et de la reine.....	10
<b>Figure 4 :</b>	Morphologie d'une ouvrière.....	11
<b>Figure 5 :</b>	Différence morphologique de la tête chez les 3 castes d' <i>Apis mellifera</i> .....	12
<b>Figure 6 :</b>	Vue de face de la tête d'une abeille avec détail de l'appareil buccale.....	12
<b>Figure 7 :</b>	Système respiratoire de l'abeille.....	14
<b>Figure 8 :</b>	Système circulatoire de l'abeille.....	14
<b>Figure 9 :</b>	Système digestif et excréteur de l'abeille.....	15
<b>Figure 10 :</b>	Appareil génitale de la reine.....	16
<b>Figure 11 :</b>	Appareil génital d'un faux bourdon.....	17
<b>Figure 12 :</b>	Localisation des ruchers de prélèvements de la wilaya de Blida.....	54
<b>Figure 13 :</b>	La teneur en eau des échantillons de miel.....	63
<b>Figure 14 :</b>	Le taux de la matière sèche des échantillons de miel.....	64
<b>Figure 15 :</b>	La conductivité électrique des échantillons de miel .....	66
<b>Figure 16 :</b>	Le pH des échantillons de miel.....	68
<b>Figure 17 :</b>	L'acidité libre des échantillons de miel .....	70
<b>Figure 18 :</b>	La densité des échantillons de miel.....	72
<b>Figure 19 :</b>	Le taux des cendres dans les échantillons de miel.....	74
<b>Figure 20 :</b>	L'HMF des échantillons de miel.....	76
<b>Figure 21 :</b>	Relation entre la conductibilité électrique et la teneur en cendres.....	77
<b>Photo 1:</b>	La désoperculation et l'extraction du miel.....	41
<b>Photo 2 :</b>	La filtration du miel.....	42
<b>Photo 3 :</b>	Les échantillons de miel récoltés.....	52
<b>Photo 4 :</b>	Le réfractomètre.....	55
<b>Photo 5:</b>	Le conductimètre.....	56
<b>Photo 6:</b>	Le pH mètre.....	56
<b>Photo 7:</b>	Balance analytique.....	57
<b>Photo 8 :</b>	Un four à moufle.....	58
<b>Photo 9 :</b>	Le spectrophotomètre.....	60

# **INTRODUCTION**

# RÉSUMÉ

**PARTIE**

**BIBLIOGRAPHIQUE**

# CHAPITRE I

## GÉNÉRALITÉS SUR L'ABEILLE

# **CHAPITRE II**

## **LE MIEL**

**PARTIE**

**EXPÉRIMENTALE**

# CHAPITRE I

MATÉRIELS

ET

MÉTHODES

# **CHAPITRE II**

**RÉSULTATS**

**ET**

**DISCUSSION**

# CONCLUSION

**TABLE  
DES  
MATIÈRES**

## Introduction

Les abeilles sont d'une grande utilité pour l'homme dans divers domaines. Sur le plan économique, les substances produites par l'abeille domestique telle que le miel, la gelée royale et le pollen sont caractérisés par de grandes valeurs thérapeutiques et médicinales comme compléments nutritifs, cicatrisants et antiseptiques (**Gonnet, 1982**).

Le miel est un produit naturel qui a accompagné l'homme depuis la plus haute antiquité. Cet élixir précieux est élaboré par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar des fleurs aussi bien que du miellat. Le miel est une solution hautement concentrée en sucres, dont les principaux sont le fructose et le glucose. Il renferme aussi une large gamme de composés mineurs tels que les minéraux, les protéines, les vitamines, les acides organiques, les flavonoïdes, les caroténoïdes... (**Azeredo et al., 2003**).

Ces dernières années, le miel a fait l'objet de plusieurs recherches, des analyses sont réalisées afin d'évaluer sa qualité, celle-ci se définit par la mise en évidence de dégradation du produit, liées au processus de récolte et de conditionnement (chauffage excessif, fermentation, présence de résidus, etc.) (**Clément, 2002**).

Dans le but d'éviter la falsification et de conserver la qualité des miels, la commission international du miel, crée en 1990 a standardisé certaines méthodes d'analyses du miel (humidité, taux des sucres réducteurs, pH, acidité, conductivité électrique et HMF), ces paramètres sont utilisés comme critères de qualité du miel (**Bogdanov, 2002**).

C'est dans cette optique que nous sommes intéressés dans ce présent travail à étudier la qualité du miel à travers la détermination des caractéristiques physico-chimiques de dix échantillons de miels dans la région de Blida.

## 1.1. Historique

De tout temps, les abeilles ont toujours fasciné les hommes. En effet, il faut remonter bien loin au temps du Jurassique supérieur pour trouver les débuts de l'histoire des abeilles. C'est au cours de paléogène éocène, aux environs de 50 millions d'années que sont apparues les premières abeilles. La plus ancienne abeille du monde semble avoir été retrouvée dans un morceau de schiste bitumeux près de Manderscheid (Eifel, Allemagne). Mesurant 9 mm de long, l'insecte avait le même niveau de développement que nos abeilles actuelles (**Stroch, 1983**).

L'apiculture est une préoccupation très ancienne. La présence de l'abeille chez les populations agricoles et pastorales de l'antiquité est mise en évidence par des dessins peints, tissés ou gravés, trouvés dans les tombeaux Egyptiens, dans les églises, dans les couvents de diverses confessions religieuses (**Beck Bodock, 1935**).

Les ruches étaient de simples contenants rudimentaires de nature fort diverse (bois, paille, liège...etc.) où les abeilles construisaient à leur guise et qui étaient fort et peu pratiques pour lui (**Donadiou, 1981**).

En effet, les produits de la ruche essentiellement le miel, est un aliment que l'humanité connaît depuis la nuit des temps. Les usages qu'en faisaient les anciens étaient très variés, que ce soit en Egypte où, considéré comme source d'immortalité, il servait à conserver la dépouille du pharaon, à Babylone où il était employé en ophtalmologie et pour les maladies de l'oreille et en Afrique où il joue un grand rôle dans l'alimentation et la pharmacopée pour soigner brûlures, morsures de serpent ou plaies infectées (**Huchet et al., 1996**).

Enfin, les livres Saints comme la Bible et le Coran ne manquent pas de louer les vertus du miel. Il est le symbole de la prospérité et de l'abondance lorsqu'il est question de la Terre Promise, pays ruisselant de lait et de miel. Le miel est un aliment qui est aussi apprécié qu'autrefois (**Huchet et al., 1996**).

## 1.2. Situation de l'apiculture en Algérie

L'élevage des abeilles constitue une activité ancestrale pratiquée traditionnellement depuis très longtemps par les populations rurales, en assurant ainsi leurs besoins d'auto consommation en miel comme elle permet aussi de développer la production de l'arboriculture fruitière par la pollinisation des fleurs. Le nombre des nouveaux ruchers dans l'Algérie est estimé à 464282 ruches, alors que le nombre des ruches traditionnelles est de l'ordre de 100704 ruches (**Fao, 2015**).

L'Algérie possède deux types d'abeilles l'une l'abeille Tellienne, très proche de l'abeille noire d'Europe et l'autre Saharienne. L'apiculture en Algérie, est pratiquée dans les régions montagneuses à population dense (Kabylie, Aurès), dans les plaines littorales (Mitidja), dans les plaines intérieures (Mascara), dans les vallées des grands oueds (Soummam) (**Hussein, 2001**).

En Algérie, la production des miels reste très inférieure par rapport aux potentialités mellifères existantes. La douceur relative du climat, et la présence des ressources naturelles très variées des zones rurales du littoral ainsi des zones steppiques pourrait pourtant nous offrir la possibilité de développer la production nationale des miels, et d'éviter par ailleurs les importations massives en cette matière surtout en absence des normes nationales de qualité, ce qui favorise les fraudes et engendre une dévaluation des miels de terroir face à ceux importés (**Nair, 2014**).

Le secteur de l'agriculture a mis en place durant l'année 2000 une stratégie opérationnelle de développement agricole (Plan National de Développement Agricole -PNDA-) élargie, à partir de 2002, au domaine rural à la faveur de nouvelles attributions confiées par le Gouvernement au ministère de l'Agriculture et du Développement rural. Dans ce contexte, une attention a été donnée aux productions apicoles et en particulier à la production de miel (**Benaziza et Schweitzer, 2010**).

### 1.2.1. La flore mellifère en Algérie

L'apiculture algérienne est pratiquée dans de nombreuses et vastes régions où la flore mellifère est abondante et variée (**Zinedinne et Habib, 1997**).

Les principales espèces mellifères sont les agrumes, le tournesol et les nombreuses plantes spontanées ou cultivées. La principale miellée s'étend de février à mai. Les abeilles mellifères jouent un rôle important dans la pollinisation des amandiers (**Faveaux, 1986**).

Parmi les très nombreuses espèces végétales qui forment la flore spontanée algérienne, certaines se rencontrent en peuplements importants. Ce sont en montagne la bruyère rose (*Erica muni-fiera* L.), l'arbousier (*Arbustusunedo* L.), la lavande (*Lavandulastoechas* L.), le romarin (*Romarinusofficinalis* L.), de nombreuses variétés de thym, de cistes, d'asphodèles, l'astragale (*Astragalasmonspressulanus* L.), l'euphorbe (*Euphorbianicaeensis*L), la marrube vulgaire (*Marrubiumvulgare* L.), ces deux dernières plus particulières au massif de l'Aurès, le Thuya (*Callitrisarticulata*), l'inule visqueuse (*Inulaviscosa* Ait), etc....(**Hussein, 2001**).

Dans les régions pré-montagneuses de grande et de petite Kabylie, deux variétés de sainfoin (*Hedysarumflexuosum* L. et *H.coronatum* L.) couvrent de grandes superficies (**Makhloufi et al., 2010**).

Dans les plaines fleurissent l'oxalis (*Oxalis cernua* Th.), les ravenelles (*Snapis, Diplotaxis, Sisymbrium, Rapstrum, Raphanus, etc...*), la bourrache (*Borragoofficinalis*), les vipérines (*Echiumsp.*), les mélilots, les chardons (*Onopordon, Silybum*), les centaurées (**Hussein, 2001**).

La flore subsponnée est principalement représentée par l'*Ecalyptus* importé d'Australie en 1863. La floraison estivale de cette essence, très mellifère, produit un miel d'excellente qualité. Il en existe actuellement un très grand nombre d'espèces plantées en bordure notamment des voies de communication, sur les berges des cours d'eau, dans les forêts reconstituées dans les fermes (**Louveaux et Abed, 1984**).

La plaine de la Mitidja est l'une des plus fertiles en Algérie. Elle est bien arrosée et convient bien à diverses cultures surtout pour les agrumes et autres arbres fruitiers, pour les vignobles et pour les cultures maraîchères et céréalières (**Wojterski, 1985** cité par **Zekri-Benlameur, 2013**).

**Kheddam et Adane (1996)** signalent que 204 espèces sont inventoriées dans cette plaine. Elles se répartissent entre les Monocotylédones et les Dicotylédones. La strate arbustive est

représentée par les espèces faisant partie de plusieurs familles parmi lesquelles les Pittosporaceae, les Rhamnaceae et les Fabaceae. Parmi les familles qui constituent la strate arborescente, celle des Pinaceae, des Cupressaceae, des Myrtaceae et des Casuarinaceae sont les plus fréquentes.

Quant à la flore mellifère cultivée, il convient de citer les rosacées de vergers, le néflier du Japon par exemple, dans la floraison automnale est précieuse, les agrumes (*Citrus divers*), les fourrages artificiels tels que la luzerne, le trèfle d'Alexandrie (*Trifolium alexandrium L.*), les plantes de grand culture comme la lentille ou de culture industrielle comme le cotonnier (Ricciardelli d'albore, 1998).

### 1.3. Classification des abeilles

Au sens zoologique du terme, l'abeille insecte de la superfamille des Apoïdes qui appartiennent à l'ordre des Hyménoptères. Insectes sociale vivant en colonie dans une ruche ou toute autre cavité récoltant le nectar, le pollen et la propolis et produisant le miel, la cire, la gelée royale et le venin (Marchenay et Laurence, 2007) (Tableau 1).

**Tableau 1** : Classification de l'abeille (*Apis mellifera*)

Règne	Animal
Embranchement	Arthropodes
Classe	Insectes
Ordre	Hyménoptères
Sous-ordre	Apocrites
Super-famille	Apoïdes
Famille	Apidés
Sous-famille	Apinae
Tribu	Apinés
Genre	Apis
Espèce	<i>Apis mellifera intermissa</i>

(Source : Ravazzi, 2003)

*Apis* est un genre qui regroupe neuf espèces d'insectes sociaux de la famille des *Apidae*. C'est le seul genre de la tribu des *Apini*. Ces espèces produisent du miel en quantité notable.

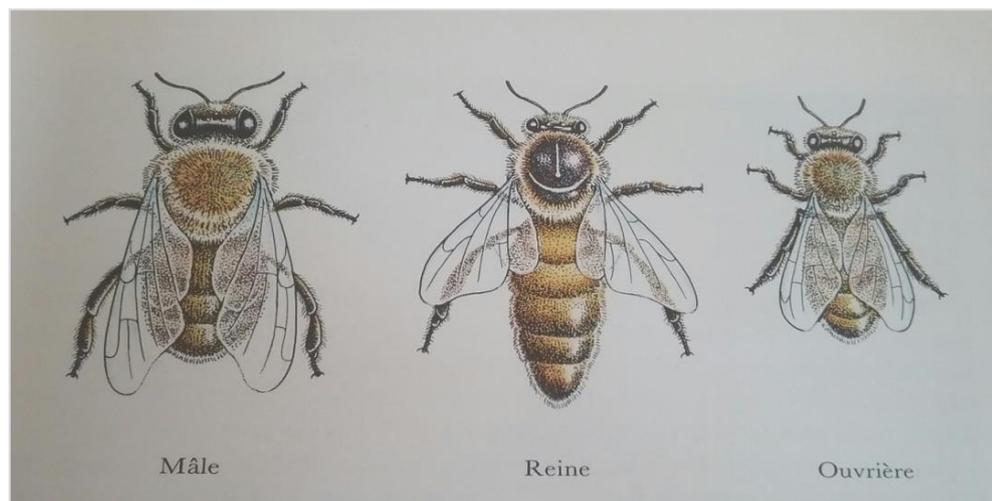
Ce genre regroupe les espèces qui sont principalement exploitées pour l'apiculture. Les membres de ce genre sont communément désignés par le terme abeilles, quoique ce terme puisse désigner aussi les taxons supérieurs *Apoidea*, *Apidae* et *Apinae*. Il existe d'autres espèces d'abeilles à miel en dehors du genre *Apis*, qui produisent du miel en très petites quantités (**Prost et Le conte, 2005**).

#### 1.4. Les habitants de la ruche

La colonie d'abeille est composée de 30 000 à 50 000 individus avec environ 95% d'ouvrières et 5% de mâles ou faux-bourdons. Le nombre varie suivant les saisons et selon la race, les qualités génétiques et l'âge de la reine (**Von frich, 1977** cité par **Adjlane, 2012**).

La colonie s'organise autour de deux castes distinctes : des reproducteurs (reines et mâles ou faux bourdons), des ouvrières (**Paxton, 2005**).

Les castes sont distinguées morphologiquement, le mâle plus grand que les ouvrières, la reine se reconnaît par l'abdomen développé et le thorax plus volumineux que les ouvrières. Son apparence externe varie en fonction de son âge (**Adjlane, 2012**) (**Figure 1**).



**Figure 1** : Schéma des 3 castes de l'abeille (**James et al., 1993**).

##### 1.4.1. La reine

D'après **Chiron et Hattenbergery (2008)**, la reine est l'unique femelle capable de se reproduire, mère de tous les autres membres de la colonie. La reine est totalement dépourvue des organes spécialisés qui caractérisent les ouvrières, elle ne peut récolter elle-même sa nourriture (qui lui est fournie par les ouvrières).

Selon **Martin (2009)**, la durée de vie de la reine est de 3 à 4 ans, les trois premières années constituent toutefois, ses meilleures périodes de ponte (**Tableau 2**).

**Tableau 2** : Vie et ponte de la reine.

Age	œufs pondus	mortalité
1 an	jusqu'à 300 000	10%
2 ans	jusqu'à 350 000	25%
3 ans	jusqu'à 300 000	40%
4 ans	jusqu'à 180 000	85%
5 ans	jusqu'à 30 000	100%

(Source : **Ravazzi, 2003**)

La reine est entourée par des ouvrières qui lui prodiguent les soins nécessaires, en la nourrissant avec une riche (gelée royale) lui permettant d'assurer ses rôles principaux. Son premier rôle de pondreuse est indispensable à la survie de la colonie. A l'intérieure de son abdomen se trouvent deux ovaires de taille importante ainsi qu'une spermathèque ou réserve de spermatozoïdes faisant de la reine une puissante « machine à pondre ». Son deuxième rôle, permet la cohésion de la colonie par le biais des phéromones régulant la physiologie et le comportement des ouvrières (**Winston et Punnett, 1982** cité par **Adjlane, 2012**).

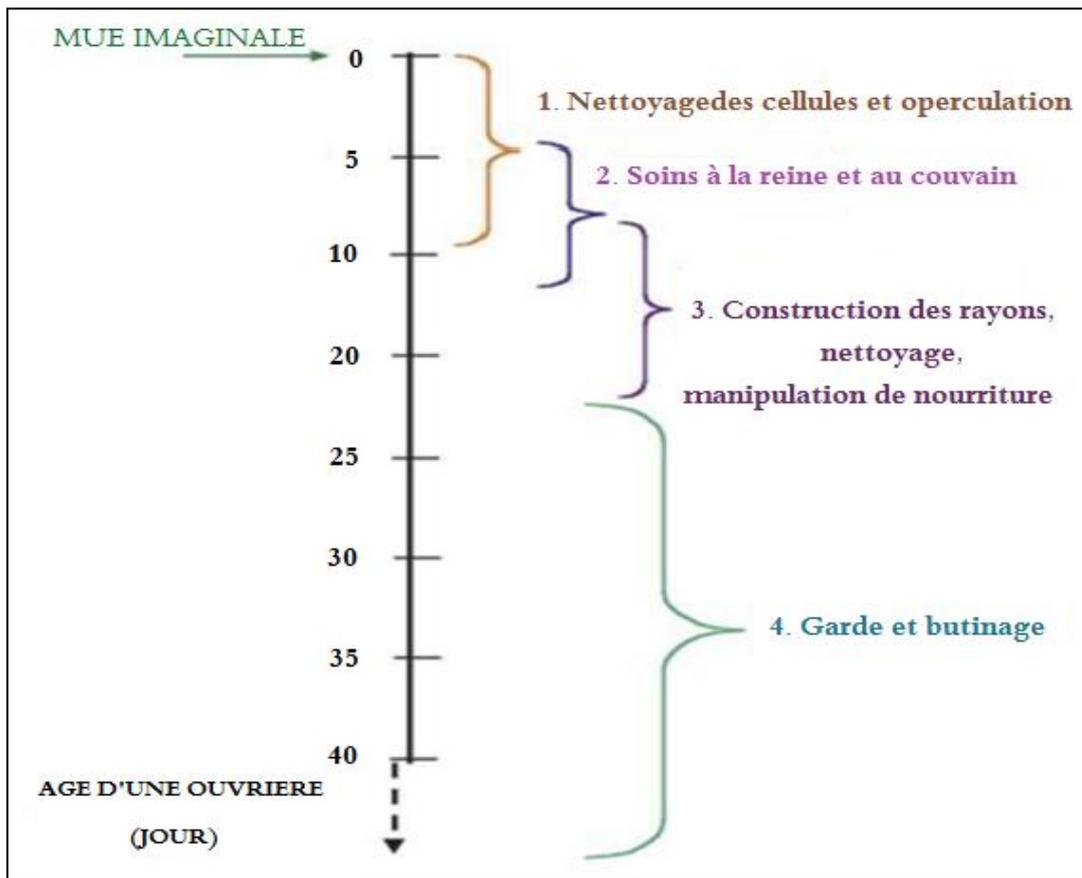
#### 1.4.2. L'ouvrière

Les ouvrières représentent la très grande majorité de la population (**Chiron et Hattenbergery, 2008**).

D'après **Pharm-delegue (1999)**, ce sont des femelles stériles (non reproductrices) mais possèdent des organes spécialisés pour la récolte de nourriture, la construction ou la défense du nid. La durée de vie des ouvrières est de 35 à 45 jours.

L'ouvrière généralement stérile, occupera plusieurs fonctions au cours de sa vie : nettoyage de la ruche, soins au couvain et à la reine, production de cire, construction de rayons, butinage, défense de la ruche. Toutes ces tâches peuvent être inter changées au besoin de la colonie (**Spürgin, 2008**) (**Figure 2**).

En outre, la physiologie et le comportement des ouvrières sont sous l'influence de la phéromone secrétée par la reine (**Free, 1987**).



**Figure 2** : Polythéisme d'âge des ouvrières (**Aymé, 2014**)

### 1.4.3. Le mâle (faux bourdon)

Les faux bourdons sont les mâles de la colonie. Ils se développent à partir d'œufs non fécondés et sont un peu plus grands que les abeilles ouvrières. Les mâles ont peu d'activité au sein de la colonie et n'apparaissent normalement que pendant la saison des essaims et disparaissent dès que cessent les apports du miel. Ils peuvent se compter par plusieurs centaines dans une seule ruche. Contrairement aux ouvrières, les faux bourdons peuvent aller et venir d'une ruche à une autre. Leur seule fonction est de s'accoupler avec une reine vierge (**Paterson, 2006**).

## 1. 5. Cycle de développement de l'abeille

Le développement des trois castes comprend une transition à travers quatre stades majeurs : l'œuf, la larve, la puppe, et l'imago. Les œufs fécondés peuvent se développer soit en ouvrières, soit en reines, alors que les œufs non fécondés se développent habituellement en mâle (**Winston, 1993**) (**Tableau 3**).

**Tableau 3** : Les stades de développement des 3 castes d'abeilles

Étapes	Durée (jours)		
	Reine	Ouvrière	Faux-bourdon
Œuf	3	3	3
Larve	5	6	6
Pupe	7	12	14
Totale	15	21	24

(Source : *La Catoire Fantastique*, 2017)

La reine a un développement plus rapide que les ouvrières : il ne faut que 15 à 16 jours à une reine pour éclore. Le mâle a un développement plus long, d'environ 24 jours. La vie d'une ouvrière passe par différents stades en fonction de son âge et de sa maturation : l'œuf fécondé éclot 3 jours après la ponte. Les ouvrières nourricières alimentent alors la larve avec une bouillie larvaire composée de miel et de pollen pendant 5 jours, permettant un accroissement rapide de la larve, celle-ci grandissant de 1700 fois sa taille initiale. A ce stade la cellule larvaire sera operculée après 21 jours (Rey, 2012) (Figure 3).



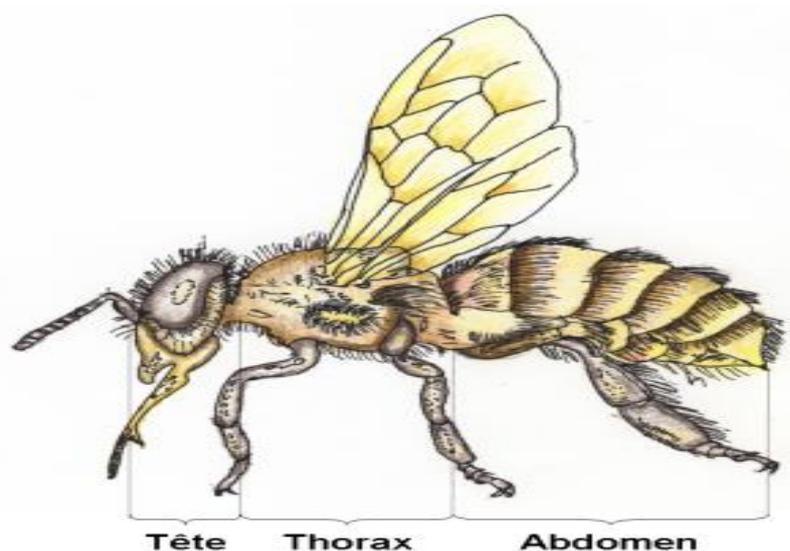
**Figure 3 :** Développement des larves d’ouvrières (A), de faux-bourçons (B) et de reine (C)  
(Winston, 1993)

## 1.6. La morphologie des abeilles

La société des abeilles est caractérisée par le niveau élevé de la performance fonctionnelle et comportementale par rapport aux autres insectes, ainsi que dans son type les abeilles diffèrent considérablement en formes, en couleurs, en milieux d'existence et en endroits où elles nichent (Adjimi, 2011).

### 1.6.1. Anatomie externe

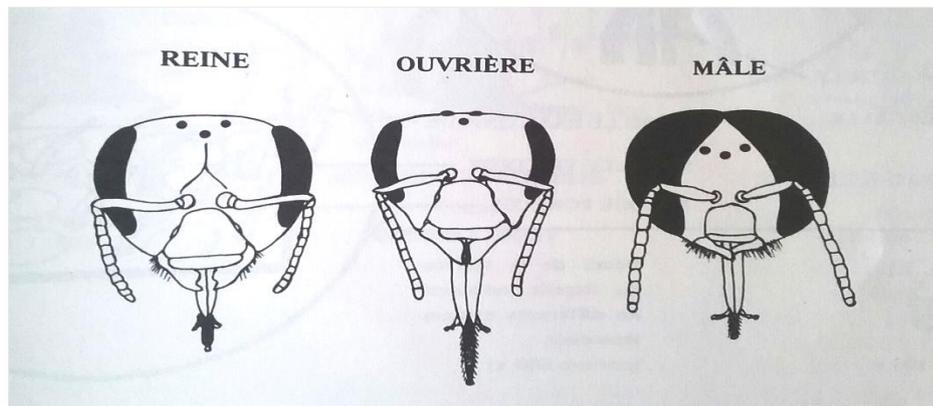
Selon Louveaux (1994), chez l'abeille, comme chez tous les insectes, le corps est enveloppé d'une cuticule faite de chitine, qui assure un exosquelette rigide et il comprend trois parties bien distinctes : la tête, le thorax, l'abdomen (**Figure 4**).



**Figure 4** : Morphologie d'une ouvrière (Winston, 1993)

#### 1.6.1.1. La tête

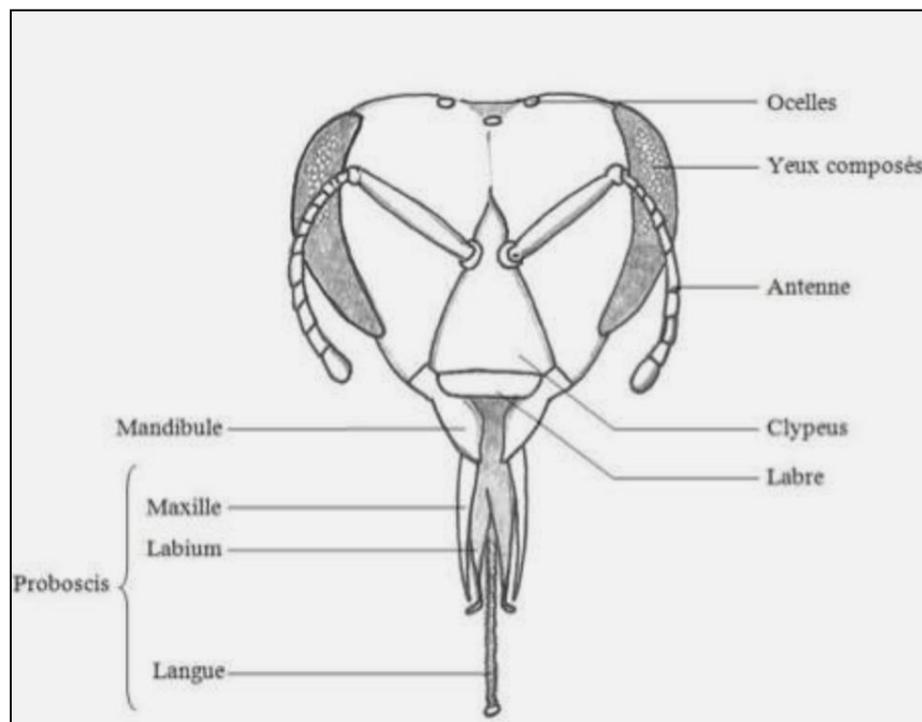
Selon Louveaux (1994), la tête de l'abeille est une capsule chitineuse séparée du thorax par le cou. Elle porte : les pièces buccales, 2 antennes, 2 yeux composés, 3 ocelles. La tête est mobile par rapport au thorax. Ses mouvements sont commandés par des muscles qui se trouvent dans le thorax et qui viennent s'insérer sur l'articulation de la tête. La tête de l'ouvrière, de la reine et du mâle portent très exactement les mêmes organes. Seul la forme générale et le développement de ces organes sont différents selon le sexe et selon les castes (**Figure 5**).



**Figure 5** : Différence morphologique de la tête chez les 3 castes d'*Apis mellifera* (Louveaux, 1994).

La tête est en quelque sorte le centre nerveux et sensitif de l'abeille. On y retrouve les organes des sens (antennes, ocelles, yeux composés) et les pièces buccales. La tête renferme le cerveau de l'abeille, très développé, dû au haut niveau de socialisation de l'abeille. Les glandes hypopharyngiennes, labiales et mandibulaires sont également situées dans la tête de l'abeille (Adam, 2010).

Ce dernier souligne que les pièces buccales de l'abeille sont du type broyeur-lécheur, adaptées à la récolte de liquides comme le nectar ou le miellat. Elles sont composées de plusieurs éléments (Figure 6).



**Figure 6** : Vue de face de la tête d'une abeille, avec détail de l'appareil buccal (Lequet, 2010).

### **1.6.1.2. Le thorax**

Il est formé de 3 anneaux (pro, méso et métathorax) soudés l'un à l'autre et au premier segment abdominal. Le thorax porte sur la partie ventrale 3 paires de pattes adaptées à la récolte et transport du pollen, tandis que les ailes sont articulées latéralement sur les pièces du méso et métathorax. Ces anneaux portent aussi 2 paires de stigmates (**Medori et Colin, 1982**).

### **1.6.1.3. L'abdomen**

La plupart des organes essentiels de l'abeille se trouvent dans l'abdomen : le cœur, les organes génitaux, le jabot, l'intestin, les glandes à venin, les glandes cirières, la glande de Nasanov productrice de phéromones et une grande partie du système respiratoire (**Fronty, 1980**).

## **1.6.2. Anatomie interne**

### **1.6.2.1. Le système nerveux**

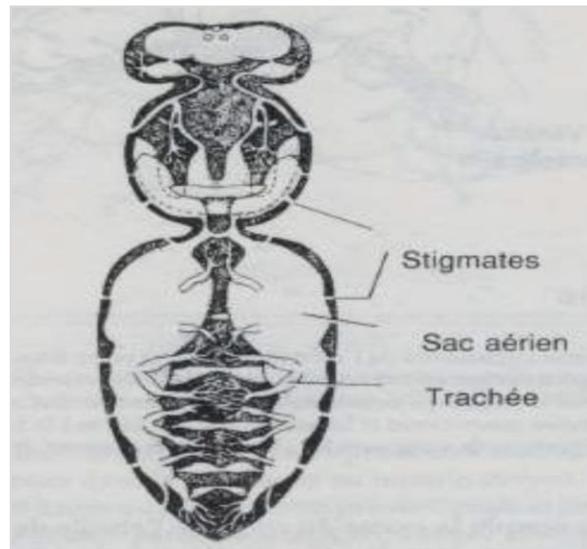
Le système nerveux des abeilles est simple. Il est constitué d'un cerveau dans la tête, qui se prolonge d'une chaîne ganglionnaire ventrale de sept ganglions ; 2 dans le thorax, 5 dans l'abdomen (**Aymé, 2014**).

### **1.6.2.2. Le système respiratoire**

Les abeilles ont un appareil respiratoire trachéen : l'air entre par les stigmates (petits orifices dans la cuticule) et est distribué jusqu'aux organes et aux muscles via de tous petits tubes trachéaux (**Aymé, 2014**) (**Figure 7**).

Les stigmates sont diffusés sur les deux côtés du thorax et de l'abdomen en 10 paires ; 3 sont positionnés au thorax, et 7 à l'abdomen (**Adjimi, 2011**).

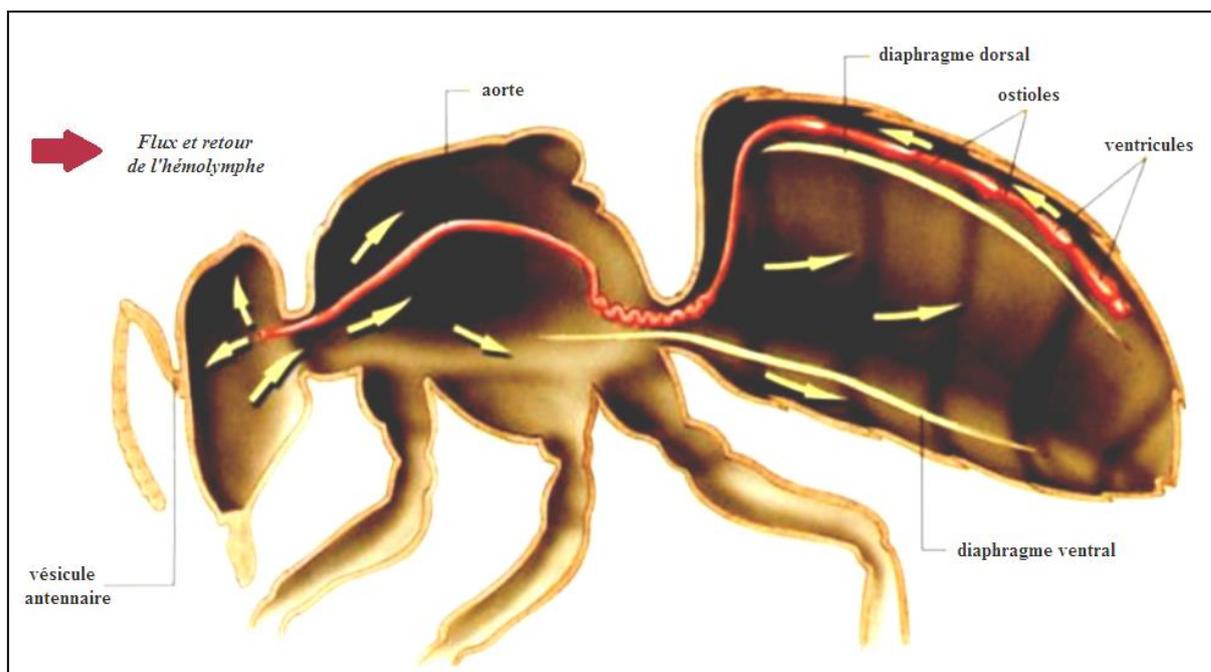
Des sacs aériens, répartis dans tout le corps de l'abeille, y compris dans les pattes, permettent de stocker l'air. Les échanges gazeux se font par diffusion (**Winston, 1993**).



**Figure 7** : Système respiratoire de l'abeille (Winston, 1993)

### 1.6.2.3. Le système circulatoire

L'abeille ne possède pas de colonne vertébrale. Son squelette, comme celui de tous les insectes, est assuré par son enveloppe extérieure, rigide et étanche. A l'intérieur, les organes baignent dans un liquide incolore, l'hémolymphe ; il est riche de nombreuses substances : sels minéraux, protéines, enzymes, acides gras, acides aminés, etc. Ce liquide joue le rôle du sang. Il est diffusé dans tout le corps de l'abeille grâce à un organe, le vaisseau dorsal, doté de ventricules et par deux diaphragmes, un dorsal et l'autre ventral (Clément, 2009) (Figure 8).



**Figure 8** : Système circulatoire de l'abeille (Adam, 2010).

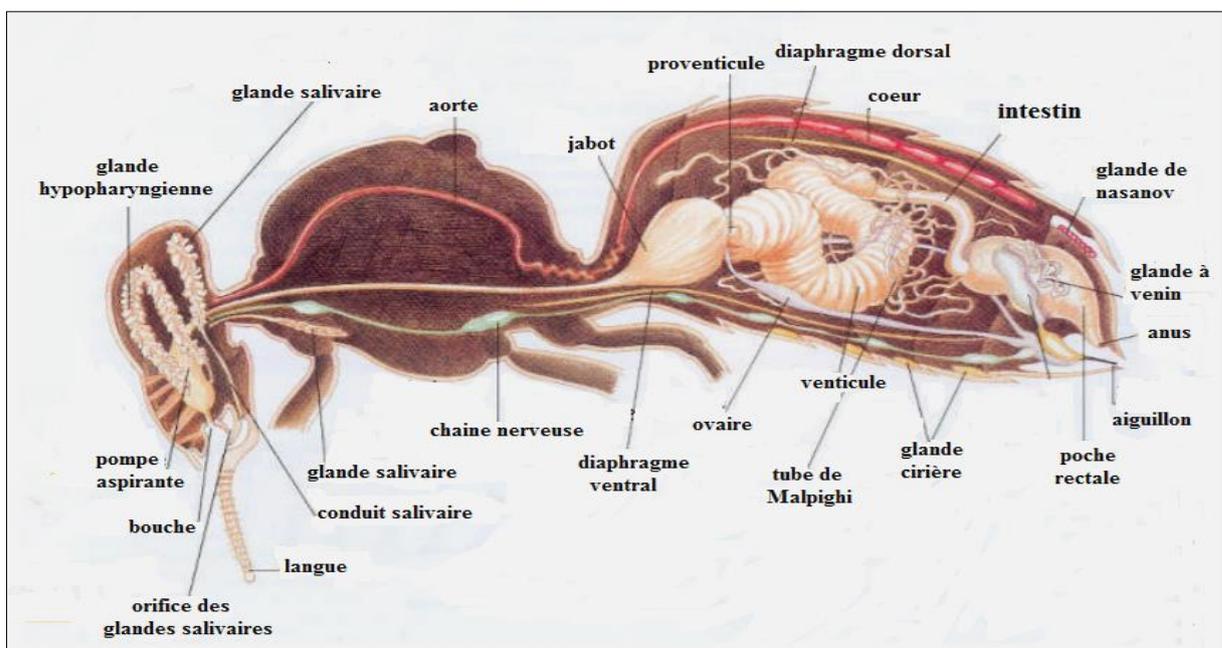
#### 1.6.2.4. Le système digestif

Le système digestif de l'abeille se compose de trois parties : l'intestin antérieur, l'intestin moyen et l'intestin postérieur (Adam, 2010) (Figure 9).

L'œsophage traverse le thorax pour arriver dans le jabot « poche à miel », au niveau de l'abdomen. C'est une poche expansible dans laquelle les abeilles stockent le nectar, le miel ou l'eau. Il est fermé par la valve proventriculaire, qui ne laisse passer qu'une petite partie du liquide et les particules solides comme les grains de pollen (Winston, 1993).

L'intestin moyen ou ventricule est l'équivalent de l'estomac puisqu'il assure la digestion, et la plus grande partie de l'absorption. Celui-ci est suivi de l'intestin postérieur composé du duodénum et du rectum. Le rectum est également extensible pour pouvoir stocker les excréments, les abeilles ne déféquant pas dans la ruche mais à l'extérieur, lors d'un vol de propreté (Winston, 1993).

Le système excréteur de l'abeille n'est pas composé de reins, mais de tubes de Malpighi annexés au niveau du pylore. Une centaine de filaments baigne dans l'hémolymphe et récupère les déchets métaboliques, principalement l'acide urique, pour les excréter via l'intestin (Winston, 1993).



**Figure 9** : Système digestif et excréteur de l'abeille (Le conte, 2002).

Selon Adam (2010), des glandes annexes au système digestif ont diverses fonctions autres que la digestion des aliments :

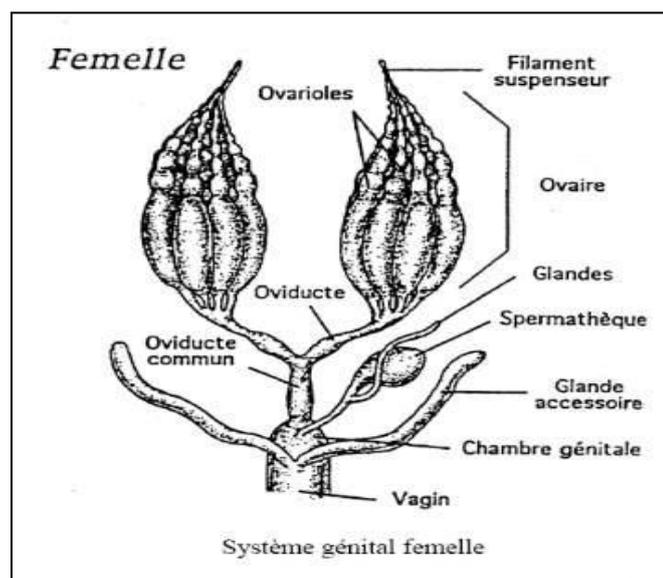
- Les glandes hypopharyngiennes : sont situées dans la tête et produisent de la gelée royale chez les jeunes nourrices. Lorsque l'ouvrière vieillit, ces glandes sécrètent de l'invertase, enzyme qui intervient dans l'élaboration du miel en transformant le saccharose en glucose et en fructose.
- Les glandes mandibulaires : interviennent dans la sécrétion d'une fraction de la gelée royale et dans l'élaboration de la cire.
- Les glandes labiales : sont formées des glandes post-cérébrales placées dans la tête et des glandes thoraciques situées dans le thorax. Leurs sécrétions, produites à la base de la langue, humectent les aliments solides pour faciliter leur prélèvement.

### 1.6.2.5. Appareil reproducteur

Pour toutes les familles d'abeilles, le sexe masculin est représenté par les faux bourdons, le sexe féminin par un seul individu fécond, la reine. Les abeilles ouvrières possèdent des organes génitaux rudimentaires, insuffisamment développés pour la reproduction. Il n'est toutefois pas rare de voir des abeilles, que l'on appelle ouvrières pondeuses ou bourdonneuses, pondre dans certaines circonstances, des œufs qui ne donneront naissance qu'à des mâles (**Biri, 2010**).

#### a)-L'appareil génital de la reine

Deux ovaires de grandes dimensions envahissent la cavité abdominale de la reine. Les œufs transitent par le canal oviducte, passent devant la spermathèque, ou ils reçoivent une faible quantité de sperme si l'œuf est destiné à devenir reine ou *ouvrière*, avant de rejoindre le vagin (**Clément, 2009**) (**Figure 10**).



**Figure 10** : Appareil génital de la reine (**Raccaud et Schoeller, 1980**).

### b)- L'appareil génital de faux bourdon

Afin d'assurer la fraîcheur et la vitalité de millions de spermatozoïdes produits par deux petits testicules, deux glandes volumineuses secrètent un mucus protecteur. Mucus et spermatozoïdes transitent par l'endophallus, qui se déplie à l'extérieur de l'abdomen du faux bourdon lors de l'accouplement avec la reine (Clément, 2009) (Figure 11).

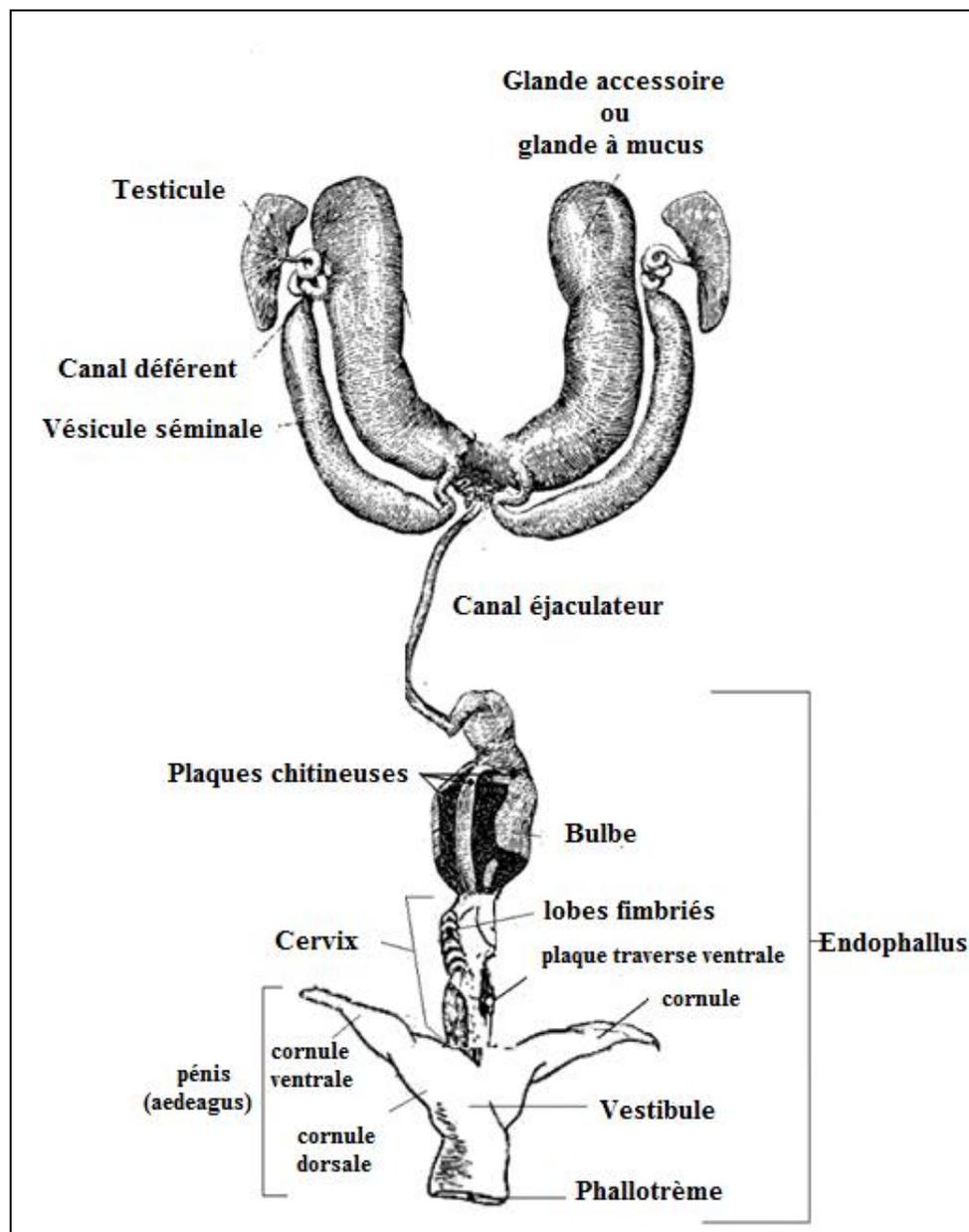


Figure 11 : Appareil génital d'un faux bourdon (Aymé, 2014).

## 1.7. Les produits de la ruche

### 1.7.1. La gelée royale

D'après **Jean marie (2007)**, la gelée royale est le produit de la sécrétion des glandes hypopharyngiennes et mandibulaires des ouvrières âgées de 5 à 15 jours. La gelée royale apparait comme une substance semi-solide, de couleur blanchâtre et laiteuse. Son goût est fortement acide (pH 3,5 à 3,9) et légèrement amer. Son odeur est un peu acre.

La composition de la gelée royale est complexe et n'a rien avoir avec celle du miel. Ce dernier est un aliment énergétique, alors que la gelée royale est un aliment «plastique» essentiel pour le développement de l'organisme en cours de croissance (**Biri, 2005**) (**Tableau 4**).

C'est un produit de la ruche très prisé pour ses nombreuses propriétés thérapeutiques : action revitalisante sur le métabolisme, action antioxydant, immunostimulante, antibactérienne, antivirale, antifongique... (**Aymé, 2014**).

**Tableau 4** : Composition de la gelée royale

Constituants	pourcentage
-Humidité	66%
-Lipides	13%
-Protides	39,4%
-Glucides	14,5%
-Minéraux	
-Vitamines <i>B, A, C, D, E</i> .	
-Des enzymes	
-Des facteurs antibiotiques et antibactériens	
-Des substances hormonales	

(Source : **Donadieu, 1984**)

### 1.7.2. Le pollen

Le pollen, contenu dans les anthères situées à l'extrémité des étamines, est l'appareil sexuel mâle des fleurs. C'est une matière première fondamentale pour les abeilles, mais aussi un produit de la ruche. Une colonie en récolte environ 20 à 40 kg par an (**Bradbear, 2010**).

L'anatomie des abeilles est particulièrement adaptée à sa récolte (nombreux poils, corbeilles à pollen). Les butineuses ramènent à la ruche un chargement de 10 à 20 mg à chaque voyage (**Toullec, 2008**).

C'est un aliment clé du développement des larves. Ce sont les nourrices qui en consomment le plus (vers 9-10 jours), afin de produire la gelée royale. En milieu tempéré, les besoins varient en fonction de la saison : en hiver, il n'y a quasiment pas de couvain ce qui entraîne des consommations moindres en pollen (**Adam, 2011**).

De par sa forte proportion de protéines avec tous les acides aminés essentiels, le pollen est un complément alimentaire intéressant pour les humains. 100 g de pollen contiennent la même quantité de protéines que 7 œufs ou 400 g de viande bovine (**Toullec, 2008**).

Il contient tous les acides aminés essentiels. Il possède également des propriétés thérapeutiques : il est utilisé par exemple comme antianémique ou comme régulateur de transit (en cas de diarrhée ou de constipation) (**Prost et Le conte, 2005**).

### 1.7.3. La cire

La cire est le matériau utilisé par les abeilles pour construire leur nid. Elle sert également à operculer des alvéoles, contenant par exemple des larves ou du miel (**Aymé, 2014**) (**Photo 2**).

Les abeilles sécrètent de la cire à l'aide de leurs glandes cirières après avoir transformé les substances sucrées en particulier le miel (**Biri, 2005**).

La construction de rayons est très coûteuse en énergie pour l'abeille, puisqu'il faut environ 10 à 20 kg de miel et 1 kg de pollen pour fabriquer 1 kg de cire (**Gharbi, 2011**).

D'un point de vue de sa composition, la cire contient plus de 300 composés, dont les principaux sont des esters d'acides gras et d'alcool, ainsi qu'une petite fraction de pollen et de propolis. La cire se ramollit quand la température de la ruche dépasse les 35°C, d'où les nombreux efforts des abeilles pour maintenir la température de la ruche constante (**Aymé, 2014**).

La cire d'abeille est utilisée dans de nombreux domaines : en cosmétique (40%), dans l'industrie pharmaceutique (30%) pour ses propriétés antibiotiques et anti-inflammatoires entre autres, ou encore pour faire des bougies (20%) (**Bradbear, 2010**).

A la manière d'une éponge, la cire accumule les pesticides ou résidus de médicaments employés pour lutter contre les maladies apiaires, et notamment les acaricides (**Prost et Le conte, 2005**).

#### 1.7.4. La propolis

Selon **Ravazzi (2003)**, la propolis est une gomme que les abeilles prélèvent sur les bourgeons et l'écorce de certains végétaux. Elle se compose en moyenne de 50% de résines aromatiques, de 30% de cire, de 10% d'huiles essentielles, de 5% de pollens et de 5% de substances étrangères comme du bois, de petits fragments d'abeille et de la poussière.

L'abeille utilise la propolis pour boucher, mastiquer les fentes et petites cavités de leur habitation, consolider leurs rayons, recouvrir les cadavres des animaux qui s'introduisent chez elles (**Bertrand, 1983**).

La propolis, est une bactéricide, anti-oxydante, fongicide, excellent cicatrisant, elle peut se révéler d'un grand secours en cas de brûlures. En solution et en proportions diverses, elle peut aussi faire office de digestif et aider à lutter contre les affections des voies respiratoires (**Ravazzi, 2003**).

#### 1.7.5. Le venin

C'est un produit mineur de la ruche. En effet, il faut environ 10 000 abeilles pour récolter 1 gramme de venin (**Bradbear, 2010**).

Il est produit au niveau de la glande acide de l'appareil vulnérant. La glande alcaline ou glande de Dufour jouerait un rôle dans la production de venin (**Prost et Le conte, 2005**).

Le venin d'abeille est majoritairement constitué d'eau (85% environ). Il contient de nombreux autres composés dont certains sont volatils (phéromone d'alarme). Il est utilisé dans le traitement des rhumatismes, des arthrites et pour la désensibilisation des allergiques aux piqûres d'abeilles (**Aymé, 2014**).

#### 1.7.6. Le miel

Ce produit de la ruche est traité dans le Chapitre II.

## 2.1. Définition du miel

« Le miel est la substance naturelle sucrée produite par les abeilles *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes ou à partir de sécrétion provenant de parties vivantes de plantes ou à partir d'excrétions d'insectes butineurs laissées sur les parties vivantes de plantes, que les abeilles butinent, transforment en les combinent avec des substances spécifiques qu'elles sécrètent elles-mêmes, déposent, déshydratent, emmagasinent et laissent affiner et mûrir dans les rayons de la ruche» (Codex alimentaires, 2001).

**Bogdanov et al (2004)**, signalent que le miel est un mélange complexe de composition variable suivant l'origine géographique et botanique (**Mekious, 2016**).

C'est une substance visqueuse, d'une coloration très variable, de saveur très sucrée, acide et plus ou moins aromatique (**Makhloufi, 2011**).

## 2.2. Origine du miel

Selon **Prost (1987)**, le miel vient des plantes par l'intermédiaire des abeilles. Et cela à partir du nectar recueilli dans la fleur, ou du miellat recueilli sur les plantes, selon qu'il vient du nectar ou du miellat, il existe l'origine directe et indirecte.

### 2.2.1. L'origine directe (le nectar)

C'est un liquide plus ou moins doux et parfumé produit par les fleurs des plantes supérieures (**Biri, 1997**).

Le nectar en générale c'est la source principale du miel, c'est un liquide sucré sécrété par les glandes dites nectarifères, présentes sur de nombreuses plantes. Les nectaires qui abritent ces glandes sont situés le plus souvent dans les fleurs, mais peuvent aussi se trouver à la base de certaines feuilles (**Marchenay et Bernard, 2007**).

**Gagnon (1987)**, souligne que les nectaires, organes de sécrétion du nectar, sont des glandes de petites dimensions à localisation variables. On distingue :

- les nectaires floraux : lorsque le nectar se trouve au fond de la fleur ;
- les nectaires extra-floraux : lorsque le nectar se trouve sur une autre partie de la plante, en général à la base des feuilles.

### 2.2.1.1. La composition du nectar

Selon **Prost (1987)**, Il contient de : 40 à 80% d'eau et 7 à 60% de sucres (Saccharose et Glucose).

Outre les sucres et l'eau, le nectar contient des acides organiques, des substances minérales, des acides aminés libres, des substances aromatiques en quantités relativement faibles ne dépassant pas le plus souvent 0,5 à 1% (**Louveaux, 1980**).

### 2.2.1.2. Facteurs agissant sur la sécrétion nectarifère

**Louveaux (1985)**, signale que la production nectarifère d'une plante dépend de nombreux facteurs

#### a) - Facteurs liées à la plantes

- La dimension de la fleur influence la dimension et le nombre des nectaires ; les grandes fleurs possèdent généralement un plus grand nombre de nectaires et par conséquent, un nectar plus abondant.
- La position de la fleur sur la plante : la partie haute de l'inflorescence possède souvent des fleurs plus petites qui produisent moins de nectar
- La durée de floraison : la valeur d'une plante mellifère et son attractivité pour les abeilles dépendent de la quantité de sucres sécrétés pendant la floraison.
- Le sexe de la fleur : c'est le cas de certaines plantes dioïques (individus à sexes séparés) ou monoïques (fleurs à sexes séparés) ou la production de nectar plus importante chez des fleurs mâles et chez les saules (plante dioïque), cette production plus forte chez les fleurs femelles chez les Cucurbitacées monoïques (melon, potiron, courgette).
- Les facteurs génétiques : il existe des différences de production entre les variétés cultivées de certaines plantes, notamment les arbres fruitiers
- L'âge de la fleur : la fleur a une production de nectar qui varie en fonction des stades de la floraison ; ex : le marronnier : les 6 premiers jours, ronce : les soixante premières heures.
- La fécondation de la fleur : la fécondation provoque la diminution ou l'arrêt de la sécrétion nectarifère.

**b) - Facteurs liées à l'environnement**

- L'humidité relative de l'air : le nectar est généralement plus abondant lorsque l'humidité atmosphérique est élevée; ce phénomène est dû aux propriétés hygroscopiques du nectar; néanmoins une humidité trop élevée peut générer un nectar dilué et peu attractif.
- L'humidité du sol : il existe un optimum pour chaque plante; exemple : le trèfle blanc présente un optimum de quelques heures après une pluie.
- la nature du sol : en règle générale, la production de nectar est maximale lorsque le sol correspond aux exigences écologiques de la plante; ceci est très important pour la plantation des espèces mellifères.
- la température optimum pour chaque plante; exemple : la production nectarifère du tilleul est favorisée par des nuits froides; le robinier faux-acacia exige une température d'au moins 20 °C (**Bruneau, 1991**).
- Intensité de butinage : Plus une fleur est visitée, plus sa production nectarifère augmente (**Boutbila et Hachani, 2004** cité par **Amri, 2013**).
- Autres facteurs : le vent, les orages, la lumière, l'état sanitaire des plantes, l'altitude et la latitude (**Bruneau, 1991**).

**2.2.2. L'origine indirecte (miellat)**

Le miellat des insectes est une substance qui a subi une première transformation. Il trouve son origine dans le phloème (transport de la sève élaborée). Cette sève transite dans le tube digestif des pucerons, qui en assimileront une partie et transformeront l'autre en y ajoutant leurs propres sécrétions. La partie non assimilée sera rejetée par ces homoptères et constitue le miellat (**Jeanne, 2004** cité par **Mekious, 2016**).

Le miellat est plus dense que le nectar, plus riche en azote, en acides organiques, en minéraux et sucres complexes. Il est récolté par les abeilles en complément ou en remplacement du nectar et produit un miel plutôt foncé, moins humide que le miel de nectar (**Bonté et Desmoulière, 2013**).

### 2.2.2.1. La composition du miellat

La composition chimique du miellat varie selon l'espèce de la plante, et de l'insecte qui ont concouru à sa production, mais aussi selon les conditions climatiques qui y présidaient (**Bertrand, 1988**).

Le miellat est une solution sucrée concentré dont 90 à 95% de la matière sèche est composée de sucre, avec de petites parts de 0,2 à 1,8% de substances azotées (acides aminés, protéines), sels minéraux, acides et traces de vitamines (**Bogdanov et al., 2007**).

Les miellats contiennent des gommés et des dextrines qui leur confèrent des propriétés thérapeutiques; et des sucres : le saccharose, le mélizitase, la levulose dont les proportions varient selon l'origine de la plante. (**Prost, 1987**).

### 2.2.2.2. Les miels de miellat

Les miels de miellat sont sombres d'aspect peu agréable, d'un goût douceâtre mais désagréable au palais, riche en dextrine ce qui les rendent plutôt fluide parce que cette substance entrave la cristallisation. Généralement peu et contiennent moins de glucose et de fructose mais d'avantage de sucres supérieures que le miel de nectar (**Prost, 1987**).

### 2.2.3. Comparaison entre miel d'origine directe et miel d'origine indirecte

Le miel de miellat ressemble au miel de nectar par certaines caractéristiques : teneur en eau, en sucres, en vitamines, en diastases, etc. La plupart des miels de miellat ont une couleur plus foncé que le miel de nectar (**CRAAQ, 1979**) (**Tableau 5**).

D'après **Weiss (1985)**, la couleur de miel de miellat va de l'incolore au noir passant par le blanc, le jaune, le brun ambré et le brun vert. En outre de la coloration, le miel de miellat se différencie de miel de nectar par la conductivité électrique qui est une mesure indirecte de la minéralisation des miels, et comme indique **Biri (2010)**, le miel de miellat est plus riche en sels minéraux que le miel de nectar, alors que le miel de miellat présente une conductivité électrique plus élevée.

Les miels de miellat cristallisent généralement peu et contiennent moins de glucose et de lévulose mais davantage d'autres sucres que le miel de nectar (**Prost, 1979**).

**Tableau 5:** Composition de miel de nectar et miel de miellat(%)

Constituants	Miel de nectar	Miel de miellat
Eau	17.2	16.3
Fructose	38.2	31.8
Glucose	30.3	26.0
Saccharose	1.3	0.8
Maltose	7.3	8.8
Sucres supérieurs	1.4	4.7
Autres	3.1	10.1
Minéraux	0.17	0.74
pH	3.5- 4.5	4.5- 5.5

(Source : CRAAQ, 2012)

### 2.3. Les types de miel

#### 2.3.1. Les miels mono floraux

Le miel mono floral provient de façon prédominante (généralement à plus de 50%) d'une unique source florale. Il est produit par des abeilles qui vivent au voisinage d'une culture extensive ou dans une région n'offrant que peu de ressources florales (**Richard, 2013**).

#### 2.3.2. Les miels multi floraux

Ces miels sont élaborés par les abeilles à partir du nectar ou de miellat provenant de plusieurs espèces végétales (**Clément, 2002**).

### 2.4. Formation du miel

Selon **Gonnet (1982)**, le miel est produit par les abeilles selon le processus suivant : le nectar est prélevé par les abeilles butineuses, qu'elles emmagasinent dans leur jabot avec la salive, elles transforment le saccharose en sucre simple (fructose, glucose) selon la réaction chimique suivante sous l'action de Gluco-invertase :



Dans le même temps, les abeilles réduisent la teneur en eau de la solution sucrée à un taux avoisinant 50% de retour à la ruche, les butineuses transfèrent leurs récoltes à des ouvrières d'intérieur, ces dernières par régurgitation successives complètent et terminent la

transformation commencée. Puis, vont dégorger ce liquide sur des grandes surfaces dans des alvéoles disponibles sur les rayons de cire.

La solution sucrée transformée, contenant encore environ 50% d'eau, va subir une nouvelle concentration par l'évaporation, qui s'effectue sous la double influence d'une part, de la chaleur régnant dans la ruche qui est de l'ordre de 36 à 37°C, d'autre part, par la ventilation qui est assurée par les abeilles ventileuses, en créant un puissant courant d'air ascendant dans la ruche par un mouvement très rapide des ailes. Au bout de quelques jours, cette solution contiendra en moyen 18% d'eau, et 80% des sucres. Cette solution représente le miel stocké dans les cellules. Ces dernières, une fois remplies, sont cachetées par un mince opercule de cire, permettant une excellente conservation (**Gonnet, 1982**).

### 2.5. Qualité du miel

les critères de qualité du miel figurent dans la directive européenne (**2001**) relative au miel et dans la norme pour le miel du Codex Alimentaire (**2001**) qui sont toutes deux en révision permanente afin d'actualiser selon les données nouvelles en matière d'analyse des miels. Une commission internationale du miel (IHC : international honey commission) a été fondée en 1990 afin d'harmoniser les méthodes d'analyse et de proposer de nouvelles normes pour le miel. BOGDANOV a présidé les travaux de la commission. Celle-ci a rassemblé les méthodes d'analyses usuelles utilisées pour le contrôle de routine du miel (**Mekious, 2016**).

En générale, c'est la norme du Codex Alimentaire qui est valable pour le commerce mondial du miel, mais d'autres normes telles que la norme européenne pour le miel peuvent également être appliquées lorsque les exigences régionales en matière de qualité ne correspondent pas au Codex Alimentaire (2001) (**Mekious, 2016**) (**Tableau 6**).

**Tableau 6 : Normes concernant la qualité du miel**

<b>Critères de qualité</b>	<b>Projet du Codex</b>	<b>Projet de l'UE</b>
<b>Teneur en eau</b>		
- Général	≤ 20g/100g	≤ 20g/100g
- Miel de bruyère, de trèfle	≤ 23g/100g	≤ 23g/100g
<b>Teneur en Glucose et en Fructose</b>		
- Miels de fleurs	≥ 60g/100g	≥ 60g/100g
- Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar	≥ 45g/100g	≥ 45g/100g
<b>Teneur en Saccharose apparent</b>		
- En général	≤ 5g/100g	≤ 5g/100g
- Faux acacia, sainfoin d'Espagne, espèces du genre citrus, luzarne, banksie de menzies, eucalyptus rouge, dirca.	≤ 10g/100g	≤ 10g/100g
- Lavande, bourache	≤ 15g/100g	≤ 15g/100g
<b>Teneur en matières insolubles dans l'eau</b>		
- Général	≤ 0.1g/100g	≤ 0.1g/100g
- Miel pressé	≤ 0.5g/100g	≤ 0.5g/100g
<b>Acidité libre</b>		
- En général	≤ 50 meq/kg	≤ 50 meq/kg
- Miel destiné à l'industrie		≤ 80 meq/kg
<b>Indice diastasique</b>		
- En général, à l'exception du miel destiné à l'industrie	≥ 8	≥ 8
- Miels avec une teneur enzymatique naturellement faible ex : miel d'agrumes	≥ 3	≥ 3
<b>Teneur en hydroxyméthylfurfural</b>		
- En général	≤ 40 meq/kg	≤ 40 meq/kg
- Miel d'origine déclarée en provenance des régions tropical et mélanges de ces miels	≤ 80 meq/kg	≤ 80 meq/kg
<b>Conductivité électrique</b>		
- Miel de nectar à l'exception des miels énumérés ci-dessous et des mélanges de ceux-ci ; mélanges de miel de miellat et de nectar	≤ 0.8 mS/cm	
- Miel de miellat et de châtaigner, à l'exception des miels énumérés ci-dessous et des mélanges de ceux-ci.	> 0.8 mS/cm	

Source : Codex Alimentaire (2001) et le projet de l'UE 96/0114 (2001).

## 2.6. Composition chimique du miel

Nous devons toujours parler de miels au pluriel, car il n'existe pas deux miels semblables. La composition des miels varie selon les terroirs, les années, les races d'abeilles et les pratiques de l'apiculteur et l'environnement (**Ballot, 2009**).

Toutefois, nous remarquons dans le miel certains groupes de substances qui sont toujours présentes mais en quantité variable et cela selon la source. Il y a l'eau, les glucides, les protéines ou substances azotées, les acides organiques, les lactones, les substances minérales, les oligo-éléments, les vitamines, les lipides, les produits polluants comme le plomb, le cadmium et l'hydroxy-méthyle-furfural (**Mbogning et al., 2011**) (**Tableau 7**).



### 2.6.1. Les éléments majeurs

#### 2.6.1.1. L'humidité (la teneur en eau)

La teneur en eau du miel est une donnée analytique essentielle, elle conditionne sa conservation, son poids spécifique, sa cristallisation, sa saveur et donc sa qualité (**Gonnet, 1982**).

Un miel trop sec montre une viscosité élevée et peut poser des problèmes lors de la cristallisation, un miel trop humide risque de fermenter (**Dailly, 2008**).

**Gonnet et Vache (1984)**, signalent que le miel est un milieu réactif, il évolue, se transforme et se dégrade par rapport à sa teneur en eau.

Des teneurs élevées pourraient être le résultat d'une récolte précoce et/ou d'un climat humide ; le miel risque ainsi de fermenter sous l'action des levures (**Anklam, 1998** cité par **Mekious, 2016**).

La teneur en eau est un facteur déterminant ; au-delà de 19% les risques de fermentation d'un miel sont très élevés ; au dessous de 18% la fermentation est rare ; au dessous de 17%, elle n'intervient jamais (**Gonnet, 1982**).

#### 2.6.1.2. Les sucres

Les glucides (hydrates de carbone) constituent la partie la plus importante du miel, ils représentent 95% de la matière sèche du miel (**Gonnet, 1982**).

Les miels contiennent une vingtaine de glucides différents, mais ils ne sont jamais tous présents à la fois. La composition en glucides des miels dépend essentiellement sur leur origines botaniques (**Sanz et al., 2004** cité par **Mekious, 2016**).

Les monosaccharides, glucose et fructose représentent ensemble la fraction la plus importante qui peut atteindre jusqu'à 80% de tous les glucides présents dans le miel (**Louveaux, 1985**).

Le codex alimentaire et la directive européenne indiquent que la somme des concentrations du glucose et du fructose ne doit pas être inférieure à 60% pour les miels de nectars et à 40% pour les miels de miellat ou de mélanges nectar miellat ; la teneur en saccharose doit être inférieure à 5% (**Bogdanov et al., 1997**).

Le fructose dans le miel est beaucoup plus soluble que le glucose. Un miel riche en fructose cristallisera lentement. A l'opposé, un miel riche en glucose cristallisera très rapidement. Le rapport de ces deux sucres va donc influencer la vitesse de cristallisation (**Daily, 2008**).

Les disaccharides les plus importants sont le maltose et le saccharose, ils peuvent atteindre une moyenne respectivement 7.3 et 1.3 % du poids du miel (**Gonnet, 1982**).

Le miel peut contenir de nombreux autres polysaccharides tels que le mélizitose, l'érlose, le rafinose, le turanose, le tréalose avec des teneurs ne dépassant pas les 2% (**Donadieu, 1984**).

## 2.6.2. Les éléments mineurs

### 2.6.2.1. L'hydroxyméthylfurfural (HMF)

L'hydroxyméthylfurfural est un composé chimique issu de la dégradation du fructose. L'apparition de ce composé est le résultat de la transformation des sucres simples, particulièrement du fructose en hydroxyméthylfurfural : 5-(hydroxyméthyl)-2-furaldéhyde (HMF) (**Gonnet, 1986**).

L'HMF n'est pas un composant naturel des miels mais, il se retrouve presque toujours à l'état de traces plus ou moins importantes (**Marceau et al., 1994** cité par **Mekious, 2016**).

La concentration en HMF constitue un indicateur de dégradation ou de fraîcheur du miel. Il proviendrait du lent vieillissement ou de mauvaises conditions de stockage du miel, donc plus sa teneur est faible, meilleur est le miel. Egalement, le dosage d'HMF permet de détecter si le miel a été chauffé (dénaturé) ou non (**Gonnet, 1991**) (**Tableau 8**).

**Tableau 8:** Durée nécessaire pour la formation de 40 mg HMF/kg de miel en fonction de la température de stockage.

Température (C°)	Durée pour 40 mg de HMF/kg
4	20 – 80 ans
20	2-4 ans
30	0,5 – 1 ans
40	1 – 2 mois
50	5 – 10 jours
60	1 – 2 jours
70	6 – 20 heures

(Source : **Bendahou et Hasnat., 2005**).

### 2.6.2.2. Les minéraux

Différents auteurs trouvent que la teneur moyenne en éléments minéraux est de l'ordre de 0.2% (Mekious, 2016).

Gonnet (1982), affirme que le potassium dominant dans tous les miels (environ 80% de la matière minérale totale).

Selon Donadieu (1984), d'autres éléments peuvent exister dans les miels exceptionnels tels que le sodium, le calcium, le magnésium, le chlore, le phosphore et le soufre (Tableau 9).

L'auteur souligne le rôle indispensable de ces éléments, même à doses infinitésimales, au niveau de nombreuses réactions du métabolisme ; les miels les plus minéralisés sont de couleur foncée (Mekious, 2016).

**Tableau 9:** Teneur du miel en minéraux.

Minéraux	Teneur (mg/100g de miel)
Calcium	4 à 30
Chlore	0.002 à 0.02
Cuivre	0.01 à 0.1
Iode	-
Fer	0.1 à 3.4
Magnésium	0.7 à 13
Manganèse	0.02 à 10
Phosphore	2 à 60
Potassium	10 à 470
Sodium	0.6 à 40
Zinc	0.2 à 0.5

(Source : Philippe, 2007).

### 2.6.2.3. Les lipides

Ils sont pratiquement inexistant dans le miel ; on a identifié cependant des glycérides et des acides gras tels que l'acide palmitique, les acides oléiques et linoléiques (Gonnet, 1982).

### 2.6.2.4. Les acides organiques

Tous les miels sont acides. Ils contiennent des acides organiques libres ou combinés sous forme de lactones dont le principal est l'acide gluconique qui provient de l'action de glucose

oxydase secrété par les abeilles. D'autres acides fixes d'origine végétale sont présent tels que les acides citrique, malique, oxalique, formique et lactique succinique, les acides phénoliques sont des acides fixés d'origine végétale, responsables de la protection de l'arome naturel des miels (**Gonnet, 1982**).

L'acidité totale d'un miel s'exprime en milliéquivalents par Kilogramme (még/kg).elle est très variable d'un miel à un autre et se situe entre 10 et 60 még/kg (**Bogdanov et al., 2006**).

### 2.6.2.5. Les protéines

Le miel renferme peu de protides, soit 0.1 à 0.2% du poids frais. Ces protides sont en générale des protéines et des acides aminés. Nous mentionnons que la proline, un des acides aminés, se retrouve toujours dans le miel. L'origine des protides est diversifiée puisque ceux-ci peuvent provenir du nectar, de sécrétions des abeilles ou du pollen présents dans le miel (**CRAAQ, 2012**) (**Tableau 10**).

**Tableau 10:** Les acides aminés présents dans le miel.

Acides aminé	Mg/100g de miel
Acide aspartique	3.44
Asparagine + glutamique	11.64
Acide glutamique	2.94
Proline	59.65
Glycine	0.68
Alanine	2.07
Cystine	0.47
Valine	2.00
Méthionine	0.33
Isoleucine	1.12
Leucine	1.03
Arginine	1.72
Tyrosine	2.58
Phénylalanine	14.75
B-alanine	1.06
$\gamma$ -aminobutanoïque	2.15
Lysine	0.99
Ornithine	0.26
Histidine	3.84
tryptophane	24.53
<b>Totale</b>	<b>118.77</b>

(Source : **Belitz et al., 2009**)

### 2.6.2.6. Les vitamines

Le miel est relativement pauvre en vitamines comparé à d'autres aliments ou au pollen, toutes les vitamines identifiées sont hydrosolubles, la plus importante étant la vitamine C avec une teneur variant de 0 à 30 ppm selon l'origine du miel. Les autres vitamines détectées sont la riboflavine, la biotine et la thiamine ainsi que d'autres vitamines du groupe B (**Louveaux, 1985**).

### 2.6.2.7. Les enzymes

Selon **Mekious (2016)**, le miel contient des enzymes (substances protéiques qui accélèrent une réaction biochimique). Leurs quantités varient en fonction de l'origine botanique du miel et de l'intensité de la miellée. Parmi les enzymes contenues dans le miel, celles qui donnent les renseignements les plus utiles sont :

- La saccharase, invertase ou gluco-invertase (glucosidase), joue un rôle essentiel dans la scission des molécules de saccharose ;
- La diastase ou amylase qui provoquent la dégradation de l'amidon en donnant des dextrines puis du maltose ;

Elles sont très sensibles à la chaleur et au vieillissement. Elles donnent une information plus précise que le HMF sur les chocs thermiques subis par le miel. La diastase résiste mieux à la température que la saccharase. Avec le vieillissement du miel, la teneur en diastases diminue progressivement et tend vers zéro (**Gonnet, 1986**).

### 2.6.2.8. Les autres composants

De nombreuses autres substances diverses, et plus particulièrement un principe cholinergique proche de l'acétylcholine, une substance ostrogénique, des flavonoïdes dotés de multiples et intéressantes propriétés physiologiques, des alcools et des esters, des substances aromatiques qui non seulement donnent l'arôme et le goût spécifique d'un miel donné, mais qui ont aussi des vertus thérapeutiques, des matières pigmentaires spécifiques à chaque miel qui lui donnent sa couleur propre, et enfin des grains de pollen qui en signent l'origine botanique ainsi que d'autres substances identifiées mais encore mal connues (**Irlande, 2010**).

## 2.7. Les différentes propriétés de miel

### 2.7.1. Propriétés organoleptique

#### 2.7.6.1. La coloration

La couleur du miel est un élément important utilisé dans l'identification de l'origine florale de miel et constitue un facteur de classement important au plan commercial, elle peut aller d'une couleur claire à une couleur foncée presque noire. Plusieurs composés sont à l'origine de la couleur du miel tel que les minéraux, les composés phénoliques, les caroténoïdes et les acides aminés (**Doukani et al., 2014**).

#### 2.7.1.2. L'odeurs

Dans les différents miels, les odeurs varient considérablement mais s'évaporent très rapidement. Elles sont végétales, florales ou fruités, puissantes ou non, fines lourdes, vulgaires. Une odeur de fumée ou de fermentation est un défaut (**Mokeddem, 1998**).

#### 2.7.1.3. Goûts

Il s'agit des arômes, de la saveur (acide, sucrée, salée, amère) et de la flaveur par voie rétro nasale. Ils sont végétaux, floraux, empyreumatiques, fins, puissants ou persistants, exogènes. L'arrière-goût peut être amer ou acide et laisse en fin de bouche de tanin, de rance, de fumée... (**Mokeddem, 1998**).

### 2.7.2. Propriétés physiques

#### 2.7.2.1. La viscosité

La viscosité du miel est essentielle à son traitement et elle a un lien important à ses applications technologiques. Le miel de haute qualité est habituellement épais et visqueux (**James et al., 2009**).

Trois éléments vont principalement agir sur la viscosité du miel : la température, l'humidité et de petites particules présentes dans le milieu. Aux teneurs en eau habituelles du miel (entre 16,5 et 18%), c'est la température qui va jouer le rôle principal, donc la viscosité va diminuer de façon exponentielle avec cette dernière (**Bruneau, 2010**).

#### 2.7.2.2. Le poids spécifique ou la densité

La valeur de la densité varie entre 1.39 et 1.44 à 20°C. Elle est fonction de la teneur en eau et à moindre degré de la composition chimique du miel (**Al-khalifa et Al-arifi, 1999**).

### 2.7.3. Propriétés thermiques

#### 2.7.3.1. La chaleur spécifique

La chaleur spécifique des miels (0.54 à 20°C) est importante et va leur donner une inertie thermique ; elle a été étudiée par Helvey à l'aide de dilutions de miel de plus en plus fortes, elle varie d'un miel à l'autre et correspond à 0.54 pour 17% d'eau (**Bruneau, 2011**).

#### 2.7.3.2. La conductivité thermique

La conductivité thermique est une mesure du transfert de chaleur. Elle est aussi désignée en tant qu'indice thermique. La conductivité du miel est relativement faible (**Bogdanov et al., 2004**).

Elle s'exprime en calories par cm<sup>3</sup> par seconde et par degré centigrade. Le miel est mauvais conducteur de la chaleur, sauf quand il est déshydraté (**Huchet et al., 1996**).

#### 2.7.3.3. L'abaissement du point de congélation

L'abaissement de point de congélation dépend de la proportion de glucose et de lévulose ainsi que de la teneur en saccharose et en dextrines (**Bogdanov et al., 2006**).

Il est de 1.42°C à 1.53°C en solution aqueuse à 25% (**Huchet et al., 1996**).

### 2.7.4. Propriétés électriques

#### 2.7.4.1. La conductibilité électrique

La conductivité électrique (CE) est l'un des paramètres efficaces pour la distinction entre les miels de nectars et les miels de miellat et pour la classification des miels uni floraux (**Anklam et Radovic., 2001** cité par **Mekious, 2016**).

La conductivité électrique correspond à la mesure de la capacité d'un miel à transmettre un flux électrique ou conductance. Elle est obtenue par la mesure d'une solution de miel à 20% de matière sèche à 20°C. Elle est en fonction de la teneur en matières ionisables, minérales ou organiques, capable de conduire le courant électrique (**Gonnet, 1982**).

Les miels de nectar faiblement minéralisés ont une conductivité inférieure à 500 µS/cm. Les miels de miellat, fortement minéralisés, ont en générale une conductivité électrique supérieure à 1000 µS/cm (**CETAM, 2010**).

## 2.7.5. Propriétés optiques

### 2.7.5.1. L'indice de réfraction

L'indice de réfraction est une propriété optique qui caractérise toute substance transparente. Il est en fonction de la teneur en eau et de la température. La mesure de la teneur en eau du miel est obtenue avec une simple goutte de miel parfaitement liquide au moyen d'un réfractomètre. L'indice de réfraction de miel est d'autant plus élevé que sa teneur en eau est plus basse. (Gonnet, 1982).

Cet indice varie de façon presque linéaire avec la teneur en eau, de telle sorte qu'il est possible de connaître rapidement cette teneur en mesurant l'indice de réfraction (Louveaux, 1985).

La table de Chataway (1935) donne directement la correspondance (Mekious 2016) (Tableau 11).

**Tableau11** : La table de Chataway.

IR (20°C)	Teneur en eau (%)	IR (20°C)	Teneur en eau (%)	IR (20°C)	Teneur en eau (%)
1.5044	13.0	1.4935	17.2	1.4835	21.2
1.5038	13.2	1.4930	17.4	1.4830	21.4
1.5033	13.4	1.4952	17.6	1.4825	21.6
1.5028	13.6	1.4920	17.8	1.4820	21.8
1.5023	13.8	1.4915	18.0	1.4815	22.0
1.5018	14.0	1.4910	18.2	1.4810	22.2
1.5012	14.2	1.4905	18.4	1.4805	22.4
1.5007	14.4	1.4900	18.6	1.4800	22.6
1.5002	14.6	1.4895	18.8	1.4795	22.8
1.4997	14.8	1.4890	19.0	1.4790	23.0
1.4992	15.0	1.4885	19.2	1.4785	23.2
1.4987	15.2	1.4880	19.4	1.4780	23.4
1.4982	15.4	1.4875	19.6	1.4775	23.6
1.4976	15.6	1.4870	19.8	1.4770	23.8
1.4971	15.8	1.4865	20.0	1.4765	24.0
1.4966	16.0	1.4860	20.2	1.4760	24.2
1.4961	16.2	1.4855	20.4	1.4755	24.4
1.4956	16.4	1.4850	20.6	1.4750	24.6
1.4951	16.6	1.4845	20.8	1.4745	24.8
1.4946	16.8	1.4840	21.0	1.4740	25.0
1.4940	17.0				

(Source : Mekious, 2016)

### 2.7.5.2. Le degré de brix

Le degré de Brix du miel indique la quantité de la matière sèche, exprimé en (g) pour 100g de miel (**Dailly, 2008**).

### 2.7.5.3. Le pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire est la caractéristique optique que possèdent les sucres de dévier le plan de lumière polarisée. Il est utilisé pour distinguer entre les miels de nectar et les miels de miellat. La majorité des miels de miellat ont des valeurs positives «dextrogyres» tandis que les miels de nectar ont des valeurs négatives «lévogyres» (**Nanda et al., 2003**).

### 2.7.5.4. La turbidité

Lorsque les miels sont ramenés à l'état liquide par passage à l'étuve à 65°C jusqu'à disparition totale des cristaux de glucose, ils se présentant généralement comme des liquides très transparents. Toutefois, ils contiennent toujours en suspension des éléments figurés (levures, poussières, grains de pollen, colloïdes) qui leur donnent une certaine turbidité (**Marini et al., 2004**).

### 2.7.5.5. La mutarotation

Lorsqu'on dissout du miel dans l'eau, il faut quelques heures avant que ne se stabilise le pouvoir rotatoire de la solution obtenue. Les sucres de miel mis en solution passent par des formes physiques divers ayant chacune un pouvoir rotatoire différent, ils n'atteignent que progressivement un équilibre stable. C'est le glucose qui a la stabilité la plus grande, ce phénomène s'appelle la mutarotation (**Bogdanov et al., 2004**).

## 2.7.6. Propriétés chimique

### 2.7.6.1. L'hygroscopie

Le miel est très hygroscopique, c'est-à-dire qu'il se comporte un peu comme une éponge. S'il est mis en contact avec un air dont l'humidité relative dépasse 55%, il va se charger d'humidité (**Bruneau, 2008**).

Un miel "normal", contenant 18% d'eau, il peut atteindre au bout de trois mois, une hygrométrie de 55% : son poids a alors augmenté de 84%. D'autres part, lorsqu'on veut dessécher le miel, il est nuisible de la maintenir en atmosphère rigoureusement sèche, parce qu'il se forme en surface une pellicule dure qui empêche le reste d'eau de s'évaporer (**Huchet et al., 1996**).

### 2.7.6.2. L'acidité

D'après **Schweitzer (2005)**, les miels de nectar sont très acides et ont un pH compris entre 3,5 et 4,5. Par contre les miels de miellats sont moins acides et ont un pH supérieur à 4,5.

L'acidité du miel est due à un grand nombre d'acides organiques qu'il contient. L'acide principal est l'acide gluconique qui est en équilibre avec ses lactones ou ses esters et les ions inorganiques tels que les phosphates et les chlorures. D'autres composés tels que les lactones, dont la présence est constante, ont également une fonction acide (**Mbogning et al., 2011**).

Certains acides présents dans le miel proviennent sans aucun doute du nectar ou du miellat, mais leur origine principale est à rechercher dans les sécrétions salivaires de l'abeille et dans les processus enzymatiques et fermentatifs (**Luis et al., 2007**).

### 2.7.7. Propriétés biologiques

#### 2.7.7.1. Propriétés thérapeutiques

##### a) - Action anti-oxydante

L'activité anti oxydant du miel dépend de la source florale, traitement et facteurs environnementaux, elle varie selon la nature quantitative et qualitative de leur contenu phénolique (**Marghitas et al., 2009**).

On retrouve comme antioxydants présents dans le miel : des oxydases du glucose, des catalase, de l'acide ascorbique, des flavonoïdes, des acides phénoliques, des caroténoïdes, des acides organiques, des produits de la réaction de Maillard, des acides aminés et des protéines (**Beretta et al., 2005**).

##### b) - Action antibactérienne

Avec l'augmentation de la prévalence des bactéries résistantes aux antibiotiques, le miel est de plus en plus apprécié pour son activité antibactérienne. La puissante activité *in vitro* du miel contre les bactéries résistantes aux antibiotiques et les résultats prometteurs obtenus lors de l'application du miel sur des plaies, ont attiré l'attention de nombreux chercheurs qui ont tenté de caractériser les pouvoirs bactéricide et bactériostatique du miel. On ne connaît pas encore précisément toutes les composantes antibactériennes du miel et ses vertus curatives constituent partiellement une énigme. Une étude récente a utilisé une nouvelle approche de neutralisation successive des différents facteurs bactéricides sur un miel de qualité médical, afin de les caractériser (**Cortopassi-laurino et Gelli, 1991**).

De nombreux travaux scientifiques démontrant que plusieurs mécanismes sont impliqués dans les propriétés antibactériennes du miel et agissent en synergie, notamment l'osmolarité, le pH acide, le système peroxyde d'hydrogène (inhibine) et la présence de facteurs phytochimiques, de défensine-1 et de méthylglyoxal (**Couquet et al., 2013**).

#### **c) - Action cicatrisante**

Le miel a également des propriétés nettoyantes et désinfectantes. Son action énergétique est favorable aux cellules jeunes et favorise leur multiplication. Il peut être utilisé dans le cadre des brûlures et des plaies nécrosées, en applications locales ou par voie orale (**Gharbi, 2011**).

Du fait de son hyper osmolarité au niveau des plaies, le miel absorbe les exudats et favorise la diminution de l'œdème lésionnel, améliorant ainsi indirectement la microcirculation locale (**Couquet et al., 2013**).

#### **d) - Action anti-inflammatoire**

Des recherches ont mis en évidence l'action du miel sur les cellules responsables du phénomène inflammatoire. Ils ont abouti aux résultats suivants : le miel à une concentration de 1% stimule in vitro la libération par les monocytes de cytokines qui sont les acteurs de la réponse immunitaire en cas d'infection ; aussi de nombreux travaux ont mis en évidence l'action anti-inflammatoire des flavonoïdes (**Hoyet, 2005**).

### **2.7.7.2. Propriétés nutritionnelles**

Le miel composé sucré rapidement assimilé parce qu'il passe directement dans le sang. Il possède une grande valeur énergétique puisqu'un gramme de miel fournit 3,264 calories et que, théoriquement, 1kg de miel correspond à la valeur calorique de 5,51 de lait (**Biri, 2010**).

Les propriétés nutritionnelles et thérapeutiques du miel sont dues à la présence de plus de 181 substances avec un éventail de santé favorisé par des substances phytochimiques, c'est une source des minéraux facilement utilisables tels que potassium, soufre, calcium, ainsi que des éléments biocatalyseurs à l'état de traces (oligo-éléments) : manganèse, chrome, zinc (**Akhmazillah et al., 2013**).

Le miel est d'une grande digestibilité du fait que ses glucides sont pré-digérés par l'abeille, et associés à des enzymes qui en facilitent la digestion. Il est bien supporté par les estomacs fragiles. Il est doté d'une action laxative douce. C'est un régulateur intestinal (**Ballot-flurin, 2010**).

## 2.8. Technologie du miel

### 2.8.1. La récolte du miel

D'après **Donadieu (1984)**, la récolte de miel par l'apiculteur a lieu en générale après une miellée (qui correspond à la période de production de nectar par la flore susceptible d'en fournir) et lorsque les  $\frac{3}{4}$  des alvéoles des rayons de cire sont operculés.

### 2.8.2. La désoperculasson et l'extraction du miel

L'apiculteur retire les cadres de miel, après avoir chassé les abeilles par enfumage, il transporte les hausses dans la miellerie et enlève les opercules à l'aide d'un couteau à désoperculer (**Huchet et al., 1996**) (**Photo 1 a**).

Les cadres sont ensuite mis dans un extracteur, c'est une sorte de centrifugeuse manuelle ou automatisée, où ils vont tourner très rapidement. La force centrifuge fait alors sortir le miel des alvéoles. Projeté sur les parois, le miel coule au fond de l'appareil (**Lequet, 2010**) (**Photo 1 b**).



(a)

(b)

**Photo 1 (a et b) : La désoperculasson et l'extraction du miel (Lequet, 2010).**

### 2.8.3. Filtration

Le miel est ensuite récupéré et transvasé 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 de cire ou de pollen, qu'il est nécessaire d'éliminer (**Hoyet, 2005**) (**Photo 2**).

Selon **Louveaux (1985)**, les filtres couramment utilisés en apiculture sont de simples tamis à maille de 0.1 mm. Leur efficacité est suffisante pour éliminer du miel les déchets de cire et les grosses impuretés. L'installation des filtres ne se justifie que sur des circuits de conditionnement industriels.



**Photo 2 : La filtration du miel (Lequet, 2010).**

#### **2.8.4. La maturation du miel**

L'extraction centrifuge ne fournit pas directement un miel prêt à la mise en pots. Pour obtenir un miel commercialisable il est indispensable de l'épurer (**Louveaux, 1985**).

Selon **Prost (1987)**, la maturation est une simple décantation dans un récipient où le miel abandonne ces impuretés (débris de cire, amas de pollen), ainsi que les bulles d'air incorporées pendant l'extraction.

D'après **Louveaux (1985)**, la meilleure façon d'épurer le miel est encore de le laisser reposer pendant quelques jours (2 à 8 jours) dans un récipient appelé maturateur.

#### **2.8.5. Conditionnement du miel**

Du maturateur, le miel est coulé directement dans les récipients de vente. Le miel doit être mis à l'abri de l'air et de l'humidité ceci afin d'éviter certaine dénaturation et surtout des fermentations, d'où la nécessité de récipients bien remplis et hermétiquement fermés (**Donadieu, 1985**).

D'après **Huchet et al., (1996)**, le miel est gardé dans des locaux frais où la température ne dépasse pas 20°C. Si le miel à stocker présente un risque de fermentation, il faudra impérativement le pasteuriser ou le conserver à une température de 4 à 5°C.

### 2.8.6. Pasteurisation du miel

La pasteurisation consiste à porter le miel à l'abri de l'air, à une température de l'ordre de 78°C pendant 6 à 7 minutes, puis le refroidir rapidement. L'appareillage comporte principalement des plaques chauffante parallèles entres lesquelles le miel va circuler en lames minces (**Prost, 1987**).

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, le temps nécessaire pour qu'il ait été consommé (**Louveaux, 1985**).

**Prost (1987)** mentionne que la pasteurisation peut augmenter très sensiblement la couleur et le taux de l'HMF, qu'il caractérise les miels chauffés et vieux.

### 2.8.7. Emballage et étiquetage

Les récipients doivent être étanches à l'eau et à l'air pour éviter toute pénétration d'humidité dans le miel. Les récipients et cuves en fer blanc, en aluminium, en acier chromé et en plastique (qualité alimentaire) conviennent parfaitement à cet usage. Pour les emballages de consommation, les pots en verre, mais aussi ceux en plastique (qualité alimentaire) et en fer blanc conviennent. Quant aux boîtes en paraffine, elles ne sont étanches ni à l'eau ni à l'air et sont en conséquence inutilisables pour le stockage du miel (**Lequet, 2010**).

Selon la loi sur les denrées alimentaires, elles sont même interdites (car la paraffine contient des substances toxiques qui peuvent migrer dans le miel) et ne pourront plus être utilisées une fois la période de transition est écoulée (**Bogdanov, 1999**).

D'après **Prost (1987)**, le verre est le meilleur emballage pour le miel, mais son poids, sa fragilité et transparence rend visible les traînées blanche, causées par les bulles d'aire, dans le miel cristallisé lui font préférer le carton ou la matière plastique. Légalement, l'étiquette doit fournir les indications suivantes:

- Le nom et l'adresse de l'apiculteur,
- L'appellation du miel ou une autre appellation légale,

-Le poids du miel contenu dans le récipient,

-Une date de garantie, à consommer de préférence avant fin mois/année (exemple, à consommer avant fin 04/2014), mais il ne s'agit pas d'une date de péremption, tout miel peut être consommé sans risque après cette date. Il est normal de s'en tenir à une durée de conservation maximale de 18 à 24 mois selon les miels, à condition de garantir au consommateur que le miel aura au moins jusqu' à cette date, conservé ses qualités et ses caractéristiques sensorielles (**Guerriat, 1996**).

## 2.9. Principales transformations physiques et chimiques du miel

### 2.9.1. La cristallisation

De l'état liquide à la cristallisation, on peut distinguer trois phases : la phase de diffusion ou de pré cristallisation, la phase de formation des cristaux et la phase de croissance ; la viscosité du miel aura une grande implication sur toutes ces phase (**Dailly, 2008**).

Selon **Huchet et al., (1996)**, la cristallisation des miels est un phénomène très important .Le processus de cristallisation du miel est dépendant de la composition en sucres, de l'humidité et de la température de stockage.

- La composition en sucres : un rapport fructose sur glucose faible favorise l'apparition et la multiplication des granulations et entraîne une cristallisation rapide du miel, ceci s'explique par le fait que le fructose est presque deux fois plus soluble que le glucose (**Lequet, 2010**).
- La température : les basses températures retardent la croissance des cristaux et les hautes températures entraînent la dissolution des cristaux. La température optimale pour la cristallisation du miel se situe entre 10 et 18°C, donc une température constante de 14°C est idéale pour une cristallisation uniforme (**Bogdanov, 1999**).
- L'humidité : les miels avec une teneur en eau de 15 à 18% ont une bonne cristallisation. Le rapport glucose/eau est un indicateur permettant d'anticiper les réactions du miel. Plus ce rapport est faible, plus le miel contient de l'eau et plus aura tendance à rester à l'état liquide. Plus ce rapport est élevé et plus le miel cristallisera rapidement (**Dailly, 2008**).

### 2.9.2. La fermentation

Tous les miels naturels contiennent des levures, champignons microscopiques responsables de fermentations alcooliques. Ces derniers proviennent de nectar, mais également de pollutions accidentelles dues aux abeilles ou intervenant après la récolte (**Louveaux, 1985**).

Selon **Gonnet (1982)**, la fermentation peut intervenir lorsque plusieurs facteurs favorables sont réunis :

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

Une cristallisation irrégulière du miel dans un récipient peut produire de petites poches d'eau, ce qui peut fermenter le miel (**Bradbear, 2010**).

**Prost (1987)**, ajoute que le miel qui fermente dégage des bulles de gaz carbonique ; sa surface se soulève, son goût change, et il n'est plus commercialisable.

### 2.10. Actions frauduleuses

La législation n'autorise aucun ajout d'autres éléments dans le miel, mais les fraudes existent. En effet le miel comme beaucoup d'autres produits n'échappent pas à ces pratiques qui déstabilisent les prix et la confiance des acheteurs (**Lequet, 2010**).

#### 2.10.1. Fraudes par adultération

L'adultération est une pratique frauduleuse consistant en l'ajout d'un produit de moindre valeur à un autre produit, qui est alors vendu ou donné pour ce qu'il n'est pas. On en observe dans le miel depuis la commercialisation de sirops de sucre bon marché et de compositions chimiques voisines de celles des miels. Ces sirops de sucre peuvent être additionnés au miel après la récolte, ou directement durant la miellée. Ces actes malveillants ont des conséquences économiques néfastes pour les producteurs respectueux de la législation (**Bogdanov, 2001**).

Selon **Megharbi (2006)**, Trois principaux types de fraudes ont été mentionnés par :

- La fraude consistant à ajouter au miel du saccharose est peu courante car facilement détectable du fait de la faible teneur en ce sucre dans la plupart des miels.
- L'adjonction de saccharose inverti (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 repérables, notamment par analyse microscopique.

### 2.10.2. Fraudes par non-conformité

La plupart du temps, il s'agit d'une fausse indication d'origine botanique, en général non intentionnelle. Les analyses polliniques, physico-chimiques et organoleptiques permettent de déceler facilement ces « fraudes » et de reclasser le produit dans la bonne catégorie. On peut trouver également des miels d'années non-conformes (un miel de 2009 présenté comme un miel de 2010 par exemple). La fraude est décelable par analyse de la teneur en HMF, des activités enzymatiques (amylase et invertase) (**Léquet, 2010**).

### 2.10.3. Fraudes par contamination

Le miel peut être contaminé 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, d'acaricides, de fongicides et d'antibiotiques,
- Des spores de *Clostridium botulinum* (**Lequet, 2010**).

## Objectif

L'objectif de notre étude est de déterminer les paramètres physico-chimiques de quelques échantillons de miel de la région de Blida afin d'évaluer et comparer leur qualités selon les normes internationales du Codex alimentaire.

### 1.1. Présentation de la région d'étude

#### 1.1.1. Situation géographique

La Mitidja est la plus vaste plaine sublittoral d'Algérie. Elle est répartie entre les wilayas d'Alger, Blida, Tipaza et Boumerdes (**Mutin, 1977**).

La région de Blida est considérée comme l'une des plus importantes régions du pays en ce qui concerne sa richesse en agriculture. Sa superficie est de l'ordre de 72 km<sup>2</sup>, elle forme la partie centrale de la Mitidja qui s'allonge en direction de l'Est vers l'Ouest. Elle est limitée au Nord-Ouest par la wilaya d'Alger, au Sud par l'Atlas Blidéen et à l'Ouest par la wilaya de Chlef (**Berkani, 2008**).

#### 1.1.2. Le climat

Le climat de Blida est de type méditerranéen avec des hivers froids et pluvieux (800 à 900 mm/an) et des étés secs et très chauds (**Berkani, 2008**).

Les principaux facteurs atmosphériques ayant une influence sur la flore sauvage et la faune des abeilles sont : la température, la pluviométrie, la vitesse du vent et l'humidité relative (**Bendifallah, 2011**).

##### 1.1.2.1. La température

Selon **Mutin (1977)**, les températures Mitidjiennes sont soumises à l'influence de la mer qui se traduit par un décalage du mois le plus chaud qui est le mois d'Août, alors que le mois le plus froid reste le mois de Janvier.

La température est considérée comme un facteur limitant de la sécrétion nectarifère, aliment nécessaire aux abeilles (**Louveaux, 1980**).

Une miellé commence lorsque la température extérieure dépasse 15°C et s'intensifie au-delà de 20°C. Cette température va influencer le vol des abeilles mais également les sécrétions nectarifères des fleurs (**Sgaltic, 2016**).

#### 1.1.2.2. La pluviométrie

La pluviométrie de Blida varie d'une année à l'autre, avec des rythmes méditerranéens caractérisés par une double irrégularité annuelle et inter-annuelle (**Bendifallah, 2011**).

Les précipitations peuvent avoir un effet négatif en perturbant le vol des abeilles mais également un effet positif en augmentant l'humidité du sol permettant ainsi une production importante de nectar (**Sgaltic, 2016**).

#### 1.1.2.3. Les vents

Les vents les plus redoutés pour les vergers de la Mitidja sont ceux qui soufflent en hiver de l'Ouest et du Nord-Ouest modérés, parfois ils soufflent fortement à la fin de l'automne (Novembre) et en hiver. Les vents desséchant (sirocco) du sud provoquent des dommages aux vergers lorsqu'ils sont insuffisamment protégés (**Mutin, 1977** cité par **Bendifallah, 2011**).

Les vents ont une grande influence aussi bien sur la croissance des plantes que sur leur répartition. Ils exercent une action mécanique par leur force de choc et une action physiologique par leur pouvoir desséchant suite à l'augmentation de l'évaporation (**Mekious, 2006**).

Les vents limitent le butinage ; car l'abeille réduit considérablement son activité lorsque la vitesse du vent atteint 15 km/h et elle cesse de voler totalement quand cette vitesse est double (**Partiot, 1981** cité par **Mekious, 2006**).

#### 1.1.2.4. Humidité relative

D'après **Adam (2011)**, plus l'humidité relative est élevée, plus le nectar est dilué et abondant. Un nectar trop dilué attirera plus d'abeilles qu'un nectar trop sec qui devient trop visqueux pour être récolté.

Le tableau suivant regroupe la répartition mensuelle et annuelle du climat de Blida durant la période Décembre 2016 à Avril 2017.

**Tableau 12** : Répartition mensuelle et annuelle du climat de la wilaya de Blida durant la période Décembre 2016 à Juin 2017.

	Température maximale (°C)	Température minimale (°C)	Température moyenne (°C)	Vitesse de vent (km/h)	Précipitations totales sur le mois (mm)	Humidité (%)
Décembre 2016	17°	12°	15°	10 km/h	106 mm	75 %
Janvier 2017	14°	8°	11°	14 km/h	144 mm	80 %
Février 2017	18°	12°	15°	16 km/h	17 mm	76 %
Mars 2017	21°	15°	18°	13km/h	35 mm	76 %
Avril 2017	23°	12°	17°	14 km/h	12 mm	80 %
Mai 2017	29°	19°	24°	14 Km/h	19 mm	72 %
Juin 2017	33°	24°	29°	15 km/h	9 mm	65%

(Source : [www.historique-meteo.net](http://www.historique-meteo.net))

D'après le tableau 12, la température atteint son maximum en mois de Juin 2017 avec 29°C, alors que le mois le plus froid est Janvier2017 avec 11°C.

Les mois de Mars, Avril et Mai peuvent être les mois favorable au butinage des abeilles grâce à :

- La disponibilité des ressources mellifères telles que les plantes spontanées et les arbres fruitiers.
- La température ambiante qui est favorable pour les sécrétions nectarifères et la sortie des abeilles pour la récolte du nectar ;

Les pluviométries mensuelles enregistrées montrent que les importantes précipitations sont marquées en mois de Décembre 2016 et Janvier 2017 avec 106 et 144 mm respectivement, ces précipitations permettent une production importante de nectar.

La vitesse des vents dans les mois de butinage Mars, Avril, Mai 2017 est défavorable car elle empêche la sortie des abeilles au butinage et elle provoque l'évaporation et le dessèchement du nectar, en effet il devient visqueux et difficile à récolter.

L'humidité relative de l'air enregistré dans les mois de Février, Mars, Avril et Mai 2017 avec 76, 76, 80 et 72 % a un impact sur le nectar parce qu'il devient dilué et abondant et attirera plus d'abeilles

### 1.1.3. La flore mellifère dans la Mitidja

Comme c'est une région littorale, la Mitidja est considéré comme une zone hautement mellifère. Toute la richesse floristique de cette région côtière, permet aux apiculteurs d'obtenir toute une gamme variée de miels (**Zekri-Benlameur, 2013**).

Il est connu de la Mitidja, sa richesse en vergers d'agrumes, ces derniers offrent la miellée principale du printemps qui survient généralement le mois d'Avril, et s'étend jusqu'au mois de Mai avec les variétés tardives (**Zitouni, 2014**).

Les espèces spontanées présent de la Mitidja sont : le chardon, la bourache, l'oxalis, le thym, la moutarde des champs, l'inule visqueuse, la lavande, le romarin, la bruyère, le lierre, le pissenlit, le chardon jaune...etc. Ce qui concerne l'arboriculture fruitière, elle est constituée principalement de la famille des rosacées, sans oublier les espèces forestières comme l'eucalyptus (**Zitouni, 2014**).

## 1.2. Matériels

### 1.2.1. Matériels biologique

Le matériel biologique est composé d'échantillons de miels récoltés par les apiculteurs de la coopérative apicole de chiffa.

### 1.2.2. Matériels non biologique

L'ensemble d'appareillage, verreries et réactifs utilisés dans cette étude est détaillé dans le tableau 13.

**Tableau 13:** Appareillage, verreries et réactifs utilisés.

Appareillage	Verreries
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agitateur magnétique</li> <li>- Bain-Marie</li> <li>- Balance analytique</li> <li>- Conductimètre</li> <li>- Etuve</li> <li>- pH mètre à affichage numérique</li> <li>- Réfractomètre à main</li> <li>- Spectrophotomètre UV-visible</li> <li>- Four à moufle</li> <li>- Dessiccateur contenant un déshydratant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Barreau d'agitation magnétique</li> <li>- Bêchers de 100 ml</li> <li>- Burette graduée avec robinet</li> <li>- Capsule en verre</li> <li>- Entonnoir</li> <li>- Erlenmeyers de 100 ml</li> <li>- Papier filtres</li> <li>- Fioles jaugées</li> <li>- Pince de laboratoire</li> <li>- Pipette graduée</li> <li>- Pipette pasteur</li> <li>- Éprouvette</li> </ul>
Réactifs et solutions	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'eau distillée</li> <li>- Hydroxyde de sodium (NaOH) 0,1N.</li> <li>- Solution carrez I</li> <li>- Solution carrez II</li> <li>- Bisulfite de sodium (0,2%)</li> </ul>	

### 1.3. Méthodes

#### 1.3.1. Échantillonnage

Les dix échantillons ont été récoltés en mois d'avril, mai et juin 2017. Neuf échantillons ont été collectés dans différents régions de Blida (nord, sud, centre, est et ouest) et un échantillon issue de la capital Alger ; la figure 13 indique la localisation des ruchers de prélèvement de nos échantillons de miels. Deux échantillons furent récoltés manuellement et les autres mécaniquement, le tableau suivant indiquent les informations des différents miels recueillis. Un code a été attribué à chaque échantillon dans le but de faciliter leurs manipulations durant les analyses au laboratoire, ce code désignant : l'origine géographique et l'appellation initiale (**Tableau 14**).

Les miels sont identifiés et conservés dans des flacons stériles à l'abri de la lumière, l'humidité et la chaleur (**Photo 10**).



**Photo10** : Les échantillons de miel récoltés

**Tableau 14** : Présentation des différents échantillons.

Echantillon	Origine géographique	Appellation initiale	Code	Date de récolte	Mode d'extraction	poids
1	Boufarik	Oranger	MBO	27-04-2017	Mécanique	250 g
2	Sidi moussa (Alger)	Oranger	MSO	30-04-2017	Mécanique	250 g
3	Zabana	Agrumes	MZA	14-05-2017	Mécanique	250 g
4	Beni tamou	Toutes fleurs	MTT	19-05-2017	Manuel	250 g
5	Mouzaia	Agrumes	MMA	25-05-2017	Mécanique	250 g
6	Chrea	Toutes fleurs	MCT	18-05-2017	Mécanique	250 g
7	Ain romana	Agrumes	MAA	12-05-2017	Manuel	250 g
8	Ouled selama	Toutes fleurs	MOT	13-06-2017	Mécanique	250 g
9	Oued djar	Montagne	MOM	01-06-2017	Mécanique	250 g
10	Bouinan	Toutes fleurs	MBT	29-06-2017	Mécanique	250 g



### 1.3.2. Analyses des miels

Les analyses sont réalisées au laboratoire central de l'institut technique des élevages, le laboratoire de chimie du département de Biotechnologie et le laboratoire de Génie des procédés de l'université Saad Dahleb Blida.

### 1.3.3. Analyse physico-chimique

Le miel est un aliment complexe qui contient plus de deux cents (200) substances ; sa composition varie en fonction de l'origine botanique et géographique ainsi que des pratiques appliquées par les apiculteurs.

Les principaux paramètres de qualité utilisés dans le commerce international du miel, en plus des caractéristiques sensorielles (couleur, arôme et saveur) sont l'humidité, le taux d'hydroxyméthylfurfural (HMF) et l'indice de diastase, ces deux derniers étant fortement influencés par le traitement thermique et la durée de l'entreposage du produit (**Amri et al., 2007**).

Les paramètres d'analyse réalisés dans cette étude sont :

- La teneur en eau
- Le degré de Brix
- La conductibilité électrique
- Le pH
- L'acidité libre
- La densité
- Les cendres
- L'HMF

#### 1.3.3.1. Mesure du degré Brix et détermination de la teneur en eau par réfractométrie

##### a. Principe

La méthode utilisée pour la détermination de la teneur en eau est basée sur la mesure de l'indice de réfraction qui varie en fonction de la concentration en matière sèche du produit à analyser (**Bogdanov, 2001**).

Le degré Brix mesure la quantité de la matière sèche du miel, exprimé en g pour 100g de miel (**Pudlowski et Rougement, 2002** cité par **Tadjouri, 2013**).

### b. Mode opératoire

La détermination de la teneur en eau et le degré de Brix s'effectue directement par la mesure optique de ces deux valeurs par un réfractomètre à main de type HONEY TESTER 68-92%.

La goutte de miel est déposée sur la platine du prisme d'un réfractomètre en couche mince, dans le cas où l'échantillon est cristallisé, on le met dans un flacon fermé hermétiquement et on le placé à l'étuve à 40°C ou dans un bain marie à 50°C jusqu'à ce que tous les cristaux de sucre soient dissous puis on laisse refroidir à température ambiante. La lecture est faite à travers l'oculaire au niveau de la ligne horizontale de partage entre une zone claire et une zone obscure. Lire la valeur de la teneur en eau sur l'échelle supérieure et la valeur du degré Brix sur l'échelle inférieure ;



**Photo 3** : Le réfractomètre

### 1.3.3.2. La conductibilité électrique

#### a. principe

La conductibilité électrique a été déterminée à 20°C en utilisant un conductimètre. Les détermination ont été effectuée sur une solution aqueuse de miel à 20% (**Sancho et al., 1991** cité par **Bara et Slimani, 2015**).

#### b. Mode opératoire

Pour la mesure de la conductibilité électrique nous avons préparé une solution de miel à 20% et cela par dissolution de 10g de miel dans 50ml d'eau distillée, ensuite nous plongeons l'électrode du conductimètre électrique dans la solution préparée.



**Photo 4:** Le conductimètre

### 1.3.3.3. La mesure du pH

#### a. Principe

Comme nous l'avons vu en première partie, l'acidité du miel est due à un grand nombre d'acides organiques qu'il contient.

L'étude de l'acidité d'un miel permet d'identifier son origine botanique. Les miels issus de nectar ont un pH faible (de 3,3 à 4,0) tandis que ceux de miellat ont un pH un peu plus élevé (de 4,5 à 5,5) (Lequet, 2010).

#### b. Mode opératoire

Le pH du miel a été déterminé par l'utilisation d'un pH-mètre dans une solution de miel de 10% (10g de miel dans 100ml d'eau distillée). Il est à rappeler que le pH-mètre a été étalonné par solution tampon de pH 4 et 7, ensuite nous avons introduit l'électrode dans la solution de miel à mesurer. Nous attendons la stabilisation de pH-mètre et la valeur du pH est directement affichée sur l'écran de l'appareil.



**Photo 5:** pH mètre

### 1.3.3.4. L'acidité libre

#### a. Principe

L'acidité libre est déterminée par titration d'un mélange de miel eau avec une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 mole, jusqu'à un pH de 8,30 (**Bogdanov, 2001**).

#### b. Mode opératoire

La solution du miel de 10% (10g de miel dans 100ml d'eau distillée) est titré avec une solution d'hydroxyde de sodium (0,1 N), jusqu'à l'obtention d'un pH de 8,30. Enregistré le volume de NaOH.

L'acidité est exprimée en milliéquivalent/Kg du miel, elle est calculée comme suit :

$$AL = (\text{volume de } 0,1M \text{ NAOH en ml}) \times 10$$

### 1.3.3.5. La densité

#### a. Principe

La densité relative d'un corps est le rapport de sa masse volumique à la masse volumique d'un corps pris comme référence à une température de 20°C. Le corps de référence est l'eau distillée pour les liquides et les solides (**Hanifi, 2013**).

#### b. Mode opératoire

La mesure de la densité consiste à peser à l'aide d'une éprouvette 5 ml de miel et on note le poids, également pour l'eau distillée on note le poids aussi.

La densité est déterminée par le rapport suivant :  $d = m / m_1$

Où : **m** : la masse de 5 ml de miel ;

**m<sub>1</sub>** : la masse de 5 ml d'eau distillée ;



**Photo 6:** Balance analytique

### 1.3.3.6. Les cendres

#### a. Principe

On appelle cendre l'ensemble des produits fixes de l'incinération du miel conduite de façon à obtenir la totalité des actions. L'incinération du miel est le procédé qui permet de connaître sa teneur en constituants minéraux, cette teneur est très variable, ils sont responsables de la couleur de miel et extrêmement diversifiés selon l'origine géographique de la production de miel et les espèces butinées (Louveaux, 1968).

La teneur en cendres est basée sur l'incinération du miel dans un four. 5 à 10 g de miel sont additionnées de quelques gouttes d'huile d'olive et l'ensemble est chauffé à 600 °C pendant une heure (Bogdanov, 1999).

#### b. Mode opératoire

- Peser des creusets et noter le poids **m2** ;
- Peser 5g de miel dans les creusets et noter le poids **m1** ;
- Ajouter environ quelques gouttes d'huile d'olive aux échantillons de miel ;
- Incinérer l'échantillon complètement dans un four à moufle à une température de 600°C pendant une heure.



**Photo 7** : Un four à moufle

La teneur en matière minérale est calculée selon la formule suivante :  $W = \left(\frac{m1-m2}{m0}\right) \times 100$

Tels que : **W**: Teneur en matière minérale en g/100g ou en %.

**m1** : Poids de la capsule avec les cendres.

**m2** : Poids de la capsule vide.

**m0** : Prise d'essai.

### 1.3.3.7. Détermination de la teneur en hydroxyméthylfulfural (HMF)

#### a. Principe

La mesure de l'HMF est le critère le plus fiable pour évaluer la conformité du miel à la législation, dont les concentrations élevées de HMF en miel fournissent une indication du sur chauffage, du stockage en conditions défavorables ou de l'âge du miel (**Zappala, 2005** cité par **Bara et Slimani, 2015**).

Le taux d'hydroxyméthylfulfural a été mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre selon la méthode de **White (1979)**. Le principe de la méthode est basé sur la détermination de l'absorbance UV par le HMF  $\lambda = 284$  nm. Dans le but d'éviter les interférences des autres composés à cette longueur d'onde, on détermine la différence entre les absorbances d'une solution aqueuse claire de miel et de la même solution après addition de bisulfite. La teneur en HMF est calculée après soustraction de l'absorbance de base à  $\lambda = 336$  nm (**Bogdanov, 2001**).

#### b. Mode opératoire

Le taux d'HMF a été mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre selon méthode de **White (1979)**.

- Peser 5g de chaque miel dans des béchers de 50 ml ;
- Dissoudre chacun de ces miels dans 25 ml d'eau distillée et agiter à l'aide d'une baguette en verre ;
- Verser dans chaque bécher 0,5 ml d'une solution de carrez I et agiter ;
- Verser dans chaque bécher 0,5 ml d'une solution de carrez II ;
- Transférer les solutions dans des fioles de 50 ml et compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (une goutte d'éthanol peut être ajoutée pour éliminer la mousse).
- filtrer la solution à l'aide d'un papier filtre après rejeter les 10 premiers ml du filtrat.
- Pipeter 5 ml de chaque filtrat et déverser dans deux tubes à essai ;
- Dans le premier tube, ajouter 5 ml d'eau distillée et mélanger (solution échantillon) ;
- Dans le second tube, ajouter 5 ml de la solution de bisulfite (0,2%) et mélanger (solution de référence).
- L'absorbance est mesurée à deux longueurs d'onde 284 nm puis 336 nm.



**Photo 8 :** Le spectrophotomètre

L'HMF est calculée selon la formule suivant : **HMF mg/Kg = (A284 – A336) × 149,7**

Où : **A284** = Absorbance à 284 nm.

**A336** = Absorbance à 336 nm.

**Facteur 149,7 (mg/kg)** =  $(126 \times 1000 \times 1000) / 16830 \times 10 \times 5$  = Constante

Soit : **126** : Poids moléculaire de l'HMF

**1000** : Conversion du g au mg.

**1000** : Conversion du g au Kg.

**16830** : Absorbance molaire de l'HMF à  $\lambda = 284$  nm.

**10** : Conversion du 5 à 50 ml.

**5** : Prise d'essai.

#### 1.3.4. Calculs statistique

Tous les résultats obtenus représentent la moyenne de deux répétitions sauf la teneur en eau et le degré de Brix.

Le calcul des moyennes et des écarts type a été réalisé par le programme Microsoft Excel 2007. La comparaison des moyennes par le test Fisher a été réalisée par le logiciel XL STAT 2014.

Nous avons réalisé la corrélation entre la conductibilité électrique et le taux des cendres.

### II-le mode d'opérateur :

#### II-1-La qualité organoleptique :

##### II-1-1-échantillonnage :

- Mélange bien le pollen pendant au moins 3min pour homogénéiser.
- En peser 3g des graines de pollen en pelotte.

Sur la prise d'essai (pelotte) :

##### 1. Genres de pelottes par couleur :

- Mettre les pelottes sur une plaque en verre.
- Avec une pince sépare les pelottes selon leur couleur, chaque couleur est pesée à part.
- Notée les couleurs existé (prendre des photos avec mémé grossissement).
- Notée le taux d'impuretés aussi.

##### 2. Descriptive de la morphologie :

- Décrire visuellement la forme utilise au moins deux qualification pour la forme (ronde, trizugulaire, ovale déforme, l'autre pour l'épaisseur (arrondie, aplatie).
- De chaque couleur prendre 10 pelottes et mesuré sa longueur et sa largeur.
- Regroupé ces pellottes et mesuré leur densité.

##### ✓ Détermination de la masse volumique du pollen :

- Prendre un cylindre bien séché et peser leur poids
- Introduire 10 ml du pollen dans le cylindre et de temps en temps en fait une petite vibration pour éliminer l'air dans le cylindre.
- Pesé le pollen introduit dans le cylindre et prenez leur poids en g.
- Calculer la masse volumique du pollen on utilisant la loi suivant :

$$\mu \text{ (g/ml)} = m_p / 10\text{ml}$$

$\mu$  : la masse volumique du pollen en gramme par millilitre

$m_p$  : le poids du pollen en gramme

$10\text{ml}$  : le volume du pollen en millilitre

#### II-2-Méthodes d'analyses polliniques :

##### II-2-1-Préparation du pollen pour l'observation microscopique :

###### II-2-1-1- Dégraissage :

- Pesé 3 g du pollen et mettait le dans un bécher
- Rajouter 10 ml d'hexane
- Agite la solution sans chauffage pendant 10 min
- Lisser la solution a part pendant quelque minute pour décanté

## Chapitre III : Matériels et méthodes

---

- Eliminer la majorité de solvant (surnagent) et récupérer le résidu
- Mettre le résidu dans un bécher et ajouté 5ml d'hexane
- Répété les mêmes étapes et récupéré le résidu
- Transféré le résidu verre un capsule et mettre le dans un étuve pour séché à 65 °C (jusqu'à disparation de l'hexane).

### II-2-1-2- Lavage :

- Mettre le résidu séché dans un bécher et ajouté 10 ml d'eau acidulée (en ajouter quelque ml d'acide par exemple NaOH),
- Agité la solution pendant 10 min
- Directement après l'agitation en fais la centrifugation 3600T pendant 10min
- Répété les mêmes étapes deux fois

### II-2-1-3- Montage sur lame et lamelle :

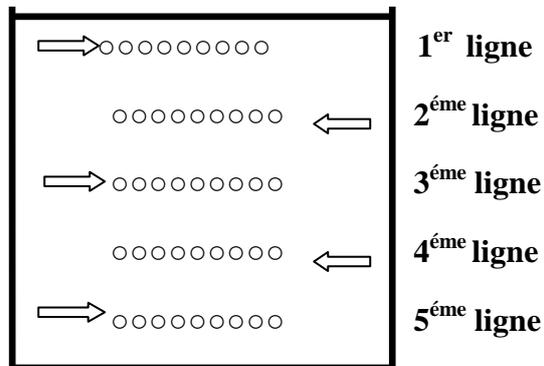
Lorsque les grains sont bien secs on procède au montage entre lame et lamelle.

- Remettre en suspension dans un V d'eau
- Mélanger la suspension pendant 2 à 3 min
- A l'aide d'un micro pipete prélevé 10 µl de cette suspension
- Mettre sur une lame propre 10 µl de cette suspension
- Séché cette lame à température 40°C sur une plaque
- Mettre de la glycérine sur la lamelle et couvrir le round du pollen,
- Sceller avec vernir à ongle.
- Déposer la lamelle sur la lame très lentement pour éviter les bulles d'air.
- Observer la lame au microscope

### II-2-2- Observation sur le microscope :

Il faut compter au moins 300 grains de pollen d'une estimation de la fréquence relative des types de pollen et de 500 à 1000 grains de pollen pour la détermination des fréquences relatives (35).

L'examen au microscope est effectué à l'agrandissement qui est le plus apte à identifier les différents éléments dans les sédiments (400 à 1000 ....).Après un premier général vérifié afin de déterminer les types et la densité des grains de pollen, les fréquences relatives de chaque type de pollen sont déterminées comme suit. Identifier et compter les grains de pollen dans les groupes de 100, après 5 lignes parallèles équidistantes réparties uniformément d'un bord de la lamelle à l'autre, jusqu'à ce que 500 grains soient comptés.



**Figure : matrice pour compter les grains de pollen qui garantit un examen homogène de la diapositive(35)**

Si les fréquences relatives ne sont pas stabilisées ou si le nombre de 500 grains de pollen ne suffit pas pour l'interprétation (spectre complexe, sur le pollen -représente, pollen abondant de plantes nectaraires ou d'autres conditions qui peuvent masquer la source de nectar réelle du miel), continuer le nombre à 1000 suivant une autre 5 ligne parallèles situées entre les 5 premiers.

Pour l'analyse de la diapositive, la matrice présentée à la figure 1 doit être utilisé pour garantir un examen homogène de la glissière.les différents champs de vision (butées de comptage) doivent être répartis uniformément le long de la ligne et la distance entre les arrêts de comptage doivent être calculées en fonction de la densité des grains de pollen pour la préparation et la taille de la vision. En cas de miel avec une très faible teneur en pollen, il peut être nécessaire de compter une séquence complète de champs successifs de vision le long de la ligne.

Compter avortées, irrégulières ou cassées grains de pollen si elles peuvent être identifiées. Noter séparément non identifiables ou non - des grains identifiés. Noter également séparément élément de miellat (HDE), i.e. spores fongiques, des hyphes et des algues microscopiques. Noter d'autres constituants du sédiment, comme la matière finement granulée et microcristalline. Matière (demianowicz, 1963), les levures, les impuretés, les particules de suie, corpuscules graisse, l'amidon, des particules végétales.

Si le sédiment contient un pourcentage élevé de pollen surreprésenté (comme myosotis, castagne ou eucalyptus), il est recommandé d'effectuer un second décompte excluant l'ordre

## Chapitre III : Matériels et méthodes

---

sur -représentés pollen pour déterminer plus précisément l'abondance relative des autres types de pollen.

Cette procédure nécessite une quantité de temps variable en fonction de la complexité du spectre de pollen et l'expérience de l'analyste de pollen (habituellement 30 min à 1 h).

✓ Calcule et présentation des résultats:

Pour chaque type de pollen, de calculer le pourcentage de fréquence respective par rapport au nombre totale des grains de pollen comptées. Seulement stabilisé un chiffres basés sur un total sur une d'au moins 500 grains doivent être exprimés en pourcentages. Pour une détermination de l'origine de botanique du miel, recalculer la fréquence hors pollen par rapport à partir de plantes nectarless. Si un ou surreprésentés types de pollen sont qu'actuel autre évaluation indiquent que le nectar correspondant est recalculer sans importance la fréquence relative excluant également ces types de pollen.

Types de pollen devraient être référés par genre ou une espèce botanique noms seulement quand ils ont été déterminés de manière fiable au genre ou au niveau des espèces, respectivement, ce qui se produit rarement. Autrement, une note doit être ajoutée après le nom scientifique, comme groupe, la forme ou le type, pour indiquer que le terme est utilisé dans un sens plus large.

### II-3- Méthodes d'analyses physicochimiques :

Les méthodes utilisées aussi bien pour l'évaluation de l'effet du séchage sur la composition chimique du pollen que pour la comparaison des pollens des montagnes de tizi-ouzou se rapportent aux analyses suivantes :

- Détermination de la teneur en eau,
- Détermination de l'acidité titrable,
- Détermination de la teneur en cendres,
- Détermination de la teneur en protéines :
  - Teneur en protéines brutes (azote total).
- Détermination de la teneur en lipides,
- Détermination de la teneur en glucides :
  - Teneur en glucides totaux.

#### II-3-1- Détermination de la teneur en eau :

✓ **Description du testeur d'humidité du pollen :**

Le testeur d'humidité est un outil indispensable aux apiculteurs qui souhaitent commercialiser le pollen(33).

En effet, une humidité du pollen élevée est favorable à la prolifération de champignons et moisissures qui peuvent altérer la qualité du produit et entraîner des risques alimentaires(33).

## Chapitre III : Matériels et méthodes

Il faut alors procéder au séchage progressif du pollen à l'aide d'un appareil spécifique. L'humidité du pollen doit être en dessous de 6%.

Cet appareil portatif offre un contrôle rapide, facile et extrêmement précise du taux d'humidité. L'échelle de lecture est comprise entre 1 à 50 %.

### ✓ Le principe :

La teneur en eau du pollen est déterminée par la « méthode gravimétrique » utilisée par Human(2006) qui consiste en un étuvage d'un échantillon d'un gramme à  $65\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (39).

Les capsules vides sont séchées à l'étuve pendant 20min à  $65\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ .

A 0.01 de précision, un gramme d'échantillon est pesé dans chaque capsule et placé dans l'étuve à  $65\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  durant 3 heures. Les capsules sont retirées de l'étuve puis placées dans le dessiccateur afin d'être pesées après refroidissement. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 min).

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$\mathbf{H\%=[(M_1-M_2)*100]/P} \dots\dots\dots(1)$$

Où :

H% : Humidité ;

$M_1$  : Masse de la capsule plus la matière fraîche avant étuvage ;

$M_2$  : Masse de l'ensemble après étuvage ;

P : Masse de la prise d'essais.

La matière sèche est obtenue selon la formule suivante :

$$\mathbf{M_s\%=100-H\%} \dots\dots\dots(2)$$

$M_s$  : La matière sèche du pollen en pourcentage

### II-3-2- Détermination de l'acidité titrable :

L'acidité titrable est déterminée selon la méthode **NF V 05-101 (1974)**, décrite par **AFNOR(1982)** destinée à la détermination de l'acidité titrable des produits d'origines végétales, c'est le cas du pollen(36).

### ✓ Principe :

Le principe de cette méthode se base sur le titrable de l'acidité d'une solution aqueuse avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

## Chapitre III : Matériels et méthodes

Un échantillon de  $2.5 \pm 0.01$ g de pollen bien broyé est placé dans une fiole conique avec 20ml d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie, et mélange jusqu'à obtention d'un liquide homogène. La fiole conique est adaptée à un réfrigérant à reflux afin de chauffer le contenu au bain-marie pendant 30min. Après refroidissement, le contenu de la fiole conique est transvasé quantitativement dans une fiole jaugée de 25ml et complété jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée récemment bouillie et refroidie. Ensuite, il est bien mélangé puis filtré. 10ml du filtrat, versés dans un bêcher, sont titrés avec une solution d'hydroxyde de sodium 0.1 N et en présence de 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine, jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

L'acidité titrable est exprimée en milléquivalents de NaOH par 100g de pollen, elle est déterminée selon la formule suivante :

$$A = (25 \cdot V_1 \cdot 100) / (M \cdot 10 \cdot V_0) \dots\dots\dots (3)$$

Où :

A : L'acidité titrable (milléquivalents /100g du pollen) ;

M : Masse du pollen prélevé (g) ;

$V_0$  : Volume de la prise d'essai (10ml) ;

$V_1$  : Volume de la solution d'hydroxyde de sodium à 0.1N utilisé.

### II-3-3- Détermination de la teneur en cendres :

La teneur en cendres est déterminée selon la méthode AOAC(2000) utilisée par (39).

#### ✓ Principe :

Le principe de la méthode est basé sur la calcination du pollen à  $600^\circ\text{C}$  dans un four à moufle jusqu'à obtention de cendres blanchâtres de poids constant.

1g d'échantillon de pollen est placé dans une capsule en porcelaine qui est mise par la suite dans un four réglé à  $600 \pm 15^\circ\text{C}$  durant 2 heures jusqu'à l'obtention d'une couleur grise claire ou blanchâtre. La capsule est, ensuite retirée du four et refroidie dans un dessiccateur, puis pesée.

La teneur en cendres ( $C_n$ ) est, alors déterminée par la formule suivante :

$$C_n\% = [M_2 - (M_1 - P)] * 100 / P \dots\dots\dots (4)$$

Où :

$C_n\%$  : la teneur en cendres ;

## Chapitre III : Matériels et méthodes

---

$M_1$ : Masse de la capsule plus la prise d'essai (g) ;

$M_2$ : Masse de la capsule plus cendres (g) ;

P : Masse de la prise d'essai (g).

### II-3-4-Détermination de la teneur en protéines :

#### II-3-4-1-Teneur en protéines brutes (azote total) :

Dans un produit biologique l'azote peut se trouver sous forme minérale et organique (protéines, phospho-amino-lipides...) ; pour le doser dans sa totalité, il faut détruire les composés organiques de manière à obtenir tout l'azote sous une même forme minérale. On effectue pour cela une minéralisation. L'azote est ensuite dosé par dosage acide-base (34).

Après minéralisation, l'azote se trouve dans le minéralisant sous forme de  $\text{NH}_4^+$ . Le dosage de l'azote total est un dosage acide-base. Les ions ammonium du minéralisant se trouvant dans un excès d'acide sulfurique, on ne peut les doser directement. Dans un premier temps on va donc déplacer les ions ammonium du minéralisant sous forme de  $\text{NH}_3$  (ammoniac), puis il faudra récupérer l'ammoniac seul pour pouvoir le doser à l'aide d'une solution étalonnée d'acide fort. Pour isoler l'ammoniac on procède par distillation(34).

La détermination de la teneur en protéines brutes du pollen est réalisée La méthode qui a été développée en 1883 par un brasseur appelé Johann Kjeldahl(40).

#### Principe :

Le principe de la méthode est basé sur la conversion de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique (concentré et à chaud) en présence d'un catalyseur, et dosé après déplacement en milieu alcalin et distillation sous forme d'ammonium par titrage(39).

La teneur en protéines du pollen est obtenue en multipliant le taux d'azote total par le coefficient de conversion 6.25 (39).

Dans un matras, sont introduits 1 g de pollen et 3 à 4 g de catalyseur (sulfate de potassium). Le contenu du matras est ensuite agité et placé sur le dispositif de chauffage pendant 4 à 5 heures. On chauffe d'abord doucement en agitant de temps en temps de façon à ramener dans le fond du matras les parcelles de substances qui adhèrent aux parois.

Lorsque le liquide devient vert limpide, le ballon est refroidi et obturé pour éviter un contact éventuel avec des vapeurs ammoniacales présents dans le laboratoire.

La distillation de l'ammoniac est faite dans un distillateur automatique(VELP) : de 30 à 40 ml d'eau distillée sont ajoutés pour la dilution. L'alcalinisation du contenu est réalisée en introduisant 40 ml d'une solution concentrée d'hydroxyde de sodium (10 N) dans le matras. L'ammoniac dégagé est récupéré dans une fiole contenant 25 ml d'acide borique à 4 % et l'indicateur coloré (rouge de méthyle). L'excès d'ammoniac est ensuite neutralisé par l'acide sulfurique 0.1 N.

## Chapitre III : Matériels et méthodes

---

La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante :

$$N \% = V \cdot 0.0014 \cdot (100/P) \dots\dots\dots(5)$$

Où :

N % : La teneur en azote total ;

V : Volume de la solution d'acide sulfurique, utilisé pour la neutralisation de l'ammoniac ;

P : Masse de la prise d'essai ;

La teneur en protéines (Q<sub>P</sub>) est obtenue par la formule suivante :

$$Q_P \% = N \% \cdot 6.25 \dots\dots\dots(6)$$

Où :

Q<sub>P</sub>% : la teneur en protéines ;

N % : la teneur en azote total.

### II-3-5-Détermination de la teneur en lipides :

La quantité de lipides est obtenue par extraction au **Soxhlet**, selon la méthode **NF EN ISO 734-1, 2000** décrite par (36).

#### ✓ Principe :

Le principe de la méthode est basé sur l'extraction des lipides à partir des pollens par de l'hexane au moyen de l'appareil de **Soxhlet**.

L'extracteur soxhlet est un ingénieux dispositif en verre permettant l'extraction d'une substance. Il est principalement utilisé dans la préparation d'échantillons avant analyse, dans la détermination de matières grasses dans les eaux, de détergents...

#### ✓ Fonctionnement d'un soxhlet :

Un ensemble soxhlet est constitué d'un ballon monocle, d'un réfrigérant et d'un extracteur. Ce dernier présente un système de tube permettant la vidange du réservoir dont le volume varie d'un modèle à l'autre. Le système doit être complété à l'aide d'une cartouche en cellulose, placée dans le réservoir, destinée à recevoir le composé à extraire.

Un ballon de 500 ml est séché à 105 °C pendant une heure, refroidit au dessiccateur pendant 30 min puis, pesé à une précision de 0.001 g.

Une aliquote de pollen est triturée dans mortier pour libérer tous les lipides internes.

10g du pollen est introduit dans la cartouche du **Soxhlet** et placés à l'intérieur de l'extracteur. 200 ml d'hexane sont versés dans le ballon et 50 ml dans le compartiment cartouche. Le

## Chapitre III : Matériels et méthodes

---

ballon est ensuite chauffé pendant 4 heures (10 siphonages par heure) jusqu'à épuisement de la matière grasse. Le solvant est éliminé du ballon par distillation, et le résidu du ballon est séché dans une étuve à 70 - 80 °C. Après refroidissement au dessiccateur pendant 30 min, le ballon contenant les lipides est pesé à 0.001 g près. L'opération est répétée jusqu'à obtention d'un poids constant.

La teneur en lipides (**MG**) des pollens est obtenue par la formule suivante :

$$\text{MG}\% = [(P_2 - P_1) \cdot 100] / P_3 \dots\dots\dots (7)$$

Où :

MG% : la teneur en lipides ;

P<sub>1</sub> : Poids du ballon vide ;

P<sub>2</sub> : Poids du ballon avec l'huile extraite ;

P<sub>3</sub> : Poids de la prise d'essai.

### II-3-6-Détermination de la teneur en glucides :

#### II-3-6-1-Extraction des glucides :

L'extraction des oses et oligosides est faite selon la méthode décrite par (38).

✓ **Principe :**

Les oses et les oligosides ce sont des molécules hydrosolubles. On peut extraire en les faisant passer en solution aqueuse :

- ✓ A chaud en milieu neutre (car un milieu acide risque de provoquer des hydrolyses et un milieu basique des isomérisations).
- ✓ En présence d'éthanol (ce qui permet de neutraliser toutes les enzymes en le dénaturant).

Les oses et les oligosides sont extraits par un solvant qui doit être capable simultanément de les solubiliser et de bloquer les activités enzymatiques présentes et susceptibles de les dégrader. Selon la limite du poids moléculaire des oligosides à extraire, les mélanges éthanol – eau sont les solvants de choix. L'éthanol à 80 % est le solvant le plus utilisé car il permet d'extraire les oligosides de poids moléculaire inférieur à 2000 et de bloquer les enzymes sans altérer chimiquement les polysides présents dans le résidu (**38**).

Dans un pot de centrifugeuse contenant 1 g de pollen bien broyé, sont ajoutés 16 ml d'éthanol à 80 %. Le pot de centrifugeuse est adapté au réfrigérant et est porté à l'ébullition douce pendant 30 min. Il est agité de temps en temps pour éviter la formation de grumeaux. Après refroidissement, le contenu est centrifugé pendant 10 min à 5000 G. et le surnageant

## Chapitre III : Matériels et méthodes

recupéré dans une fiole de 100 ml. L'extraction est reconduite trois fois. Le résidu est ensuite lavé 2 fois à température ambiante. Après centrifugation et décantation, le contenu est complété à 100 ml avec l'éthanol à 80 %. L'extrait obtenu et conservé à + 4 °C est utilisé pour le dosage quantitatif des sucres totaux.

### II-3-6-2-Teneur en glucides totaux :

La teneur en sucres totaux est déterminée par la méthode décrite par (Dubois 1956) (38).

#### ✓ Principe :

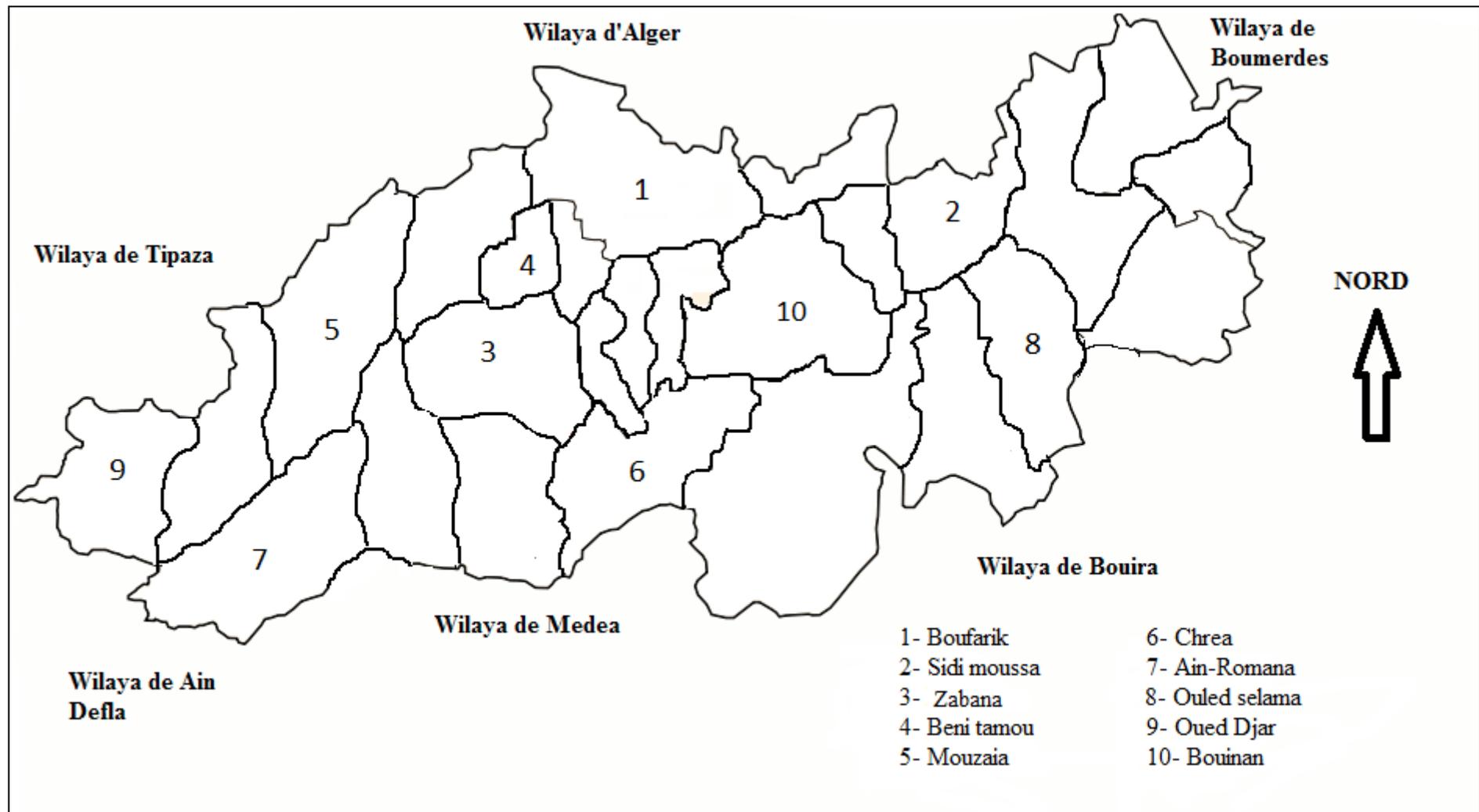
En présence d'acide sulfurique concentré, les oses sont déshydratés en composés de la famille de dérivés furfurique ( $C_5H_6O_2$ ). Ces produits se condensent avec le phénol pour donner des complexes jaune – orangé. L'apparition de ces complexes est suivie en mesurant l'augmentation de la densité optique à 490 nm.

Dans un tube en pyrex sont déposés avec précaution, 1 ml de la solution à doser, 1 ml de la solution de phénol à 5 % et 5 ml d'acide sulfurique concentré (95 – 98 %). La solution de phénol doit être incolore, limpide au départ, est stable à température ambiante. Elle est à manipuler avec précaution. Outre le dégagement de vapeurs de phénol, sa toxicité est également due à son aptitude à être absorbé rapidement par la peau. Après homogénéisation douce du mélange réactionnel et refroidissement, la densité optique est mesurée à 490 nm, à l'aide d'un spectrophotomètre UV –VIS (JASCO-V- 530) (cuve de 10 mm).

Une gamme étalon de glucose dans l'intervalle 0.0 -2.0 g/l le tableau suivante est préparée à partir d'une solution mère à 2 g/l.

**Tableau :** gamme étalon pour le dosage des sucres totaux.

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Sol. glucose (ml)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
H <sub>2</sub> O (ml)	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
Sol. Phénol (ml)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sol. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ml)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
[glucose] g/l	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0



**Figure 12:** Localisation des ruchers de prélèvements de la wilaya de Blida

**Tableau 7:** Principaux composants du miel en pourcentages

Carbohydrates (75-80%)	Acides (0,1-0,5%)	Protéines et acides aminés (0,2-2%)	Minéraux (0,1-1,5%)	Vitamines	Enzymes	Autres constituants
<u>Monosaccharides</u> (70-75%) Fructose Glucose  <u>Disaccharides</u> Maltose Isomaltose Saccharose Nigerose Kojibiose  <u>Autres</u>  <u>Saccharides</u>	Acide glucuronique Acide acétique Acide butyrique Acide citrique Acide formique Acide lactique Acide malonique Acide malique Acide oxalique Acide pyroglutamique Acide succinique Acide furamique Acide tartarique Acide $\alpha$ kéto-glutarique  <u>Probablement présents :</u> Acide glycolique $\alpha$ ou $\beta$ glycerophosphate Acide pyruvique Acide 2 ou 3 phospho- glicerique	Différents types de protéines d'abeilles et de la plante d'origine  <u>Acides aminés</u> <u>libres :</u> Proline Lysine Histidine Arginine Acide aspartique Glycine Alanine Cystine Valine Méthionine Isoleusine Leucine Tyrosine Phénylalanine Tryptophane	Potassium Sodium Calcium Magnésium Fer Cuivre Manganèse Chlore Phosphore Sulfure Aluminium Iode Bore Titane Molybdène Cobalt Zinc Plomb Etain Antimoine Chrome Nickel	Acide ascorbique Riboflavine Acide pantothénique Niacine Thiamine Pyridoxine Biotine Acide folique	$\alpha$ et $\beta$ amylase  Gluco-invertase  Fructo-invertase  Glucose oxydase  Catalase  Acide phosphatase	Esters  Aldéhydes  Cétones  Alcools

(Source : Irlande, 2010)

## 2.1. Résultats des analyses physico-chimiques

### 2.1.1. La teneur en eau

Les résultats obtenus de la teneur en eau des échantillons de miel analysés sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 15** : Les valeurs de la teneur en eau des miels analysés

Echantillon	Teneur en eau (%)
MBO	18
MSO	18
MZA	17.5
MTT	17
MMA	15
MCT	17,5
MAA	16,5
MOT	16
MOM	15.5
MBT	15,5
<b>Norme Codex</b>	<b>≤ 20 %</b>

**MBO** : Miel Boufarik Oranger, **MSO** : Miel Sidi moussa Oranger, **MZA** : Miel Zabana Agrumes, **MTT** : Miel beni Tamou Toutes fleurs, **MMA** : Miel Mouzaia Agrumes, **MCT** : Miel Chréa Toutes fleurs, **MAA** : Miel Ain romana Agrumes, **MOT** : Miel Ouled selama Toutes fleurs, **MOM** : Miel Oued djar Montagne, **MBT** : Miel Bouinan Toutes fleurs

Les valeurs de la teneur en eau des miels analysés sont comprises entre 15 et 18%. Elles sont largement en dessous de la limite maximale préconisée par **Codex Alimentaire (2001)** qui est de 20% maximum.

D'après **Gonnet (1982)**, les miels dont la teneur en eau est inférieure à 17% peuvent être conservés sans risque d'altération de leurs propriétés physico-chimiques et organoleptiques.

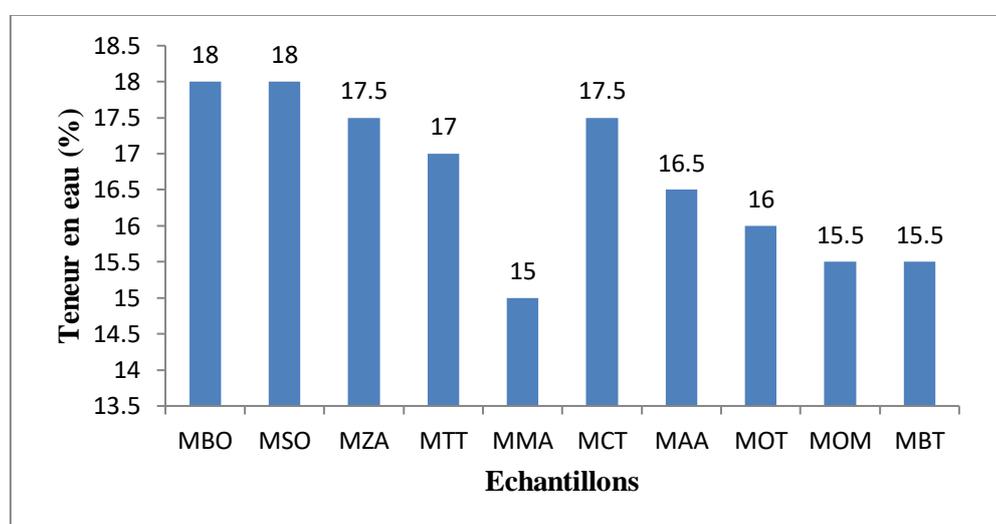
**Benaziza et Schweitzer (2010)**, ont trouvé sur deux échantillons de miels issus de la région de Blida des teneurs en eau de 18.4 et 18,5 %. Ces teneurs sont proche de nos résultats pour les miels de Sidi moussa est de celui de Boufarik.

**Hanifi (2010)**, a trouvé une teneur en eau de 17% pour le miel d'agrume, cette teneur est supérieur à la teneur de miel d'agrume de Ain romana et inférieur à celles des miels d'agrume de zabana et de Mouzaia.

Le miel multi-floral de **Hanifi (2010)**, a une teneur en eau de 16,6%, ce résultat est proche à ceux des miels toutes fleurs de Beni Tamou, Chréa, Ouledselama et de Bouinan.

La teneur en eau du miel de montagne trouvé par **Hanifi (2010)** est de 16.2% cette valeur est légèrement supérieure à la teneur en eau de l'échantillon du miel de montagne de Oued djar (15.5%).

La variation de la teneur en eau est due aux différentes conditions environnementales telles que : le climat de la région, la saison de la production de miel, l'origine florale des échantillons du miel, à la teneur en eau des nectars, les techniques de traitement et les conditions de stockage(**Bogdanov et al., 2004**) .



**Figure 13** : La teneur en eau des échantillons de miel.

**Selon Jeanne (1993)**, les miels qui présentent des teneurs en eau  $\geq 18\%$ , sont plus exposé au risque de fermentation, ces teneurs en eau élevées pourraient être expliquée par :

- Une récolte trop précoce et d'un climat humide ;
- Mélange d'un miel operculé à un miel non operculé ;
- Le nombre de jours que ces miels ont passé dans les maturateurs ;
- Certain sont issus de région à atmosphère humides ou subhumides ;

### 2.1.2. Le degré de Brix

Le tableau ci-dessous présente les teneurs en matières sèche des échantillons de miel.

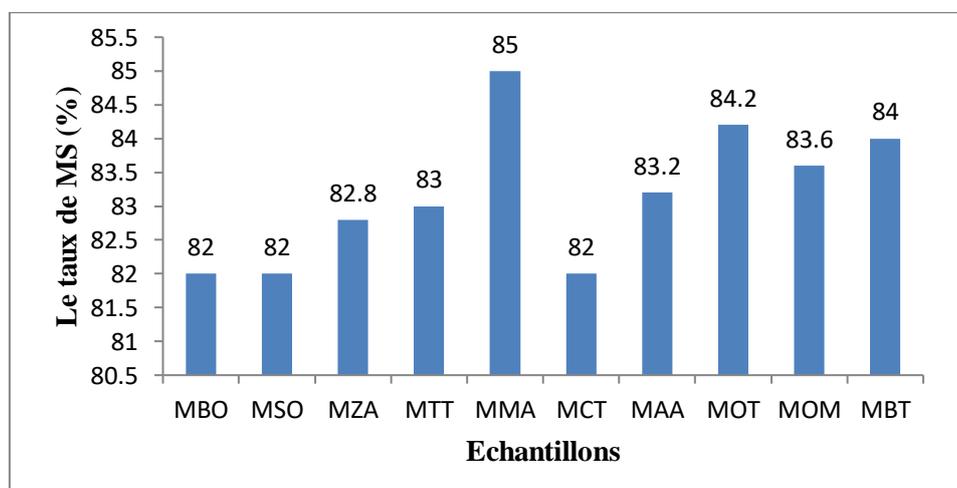
**Tableau 16** : La teneur en matière sèche des miels analysés

Echantillon	Le degré de Brix (%)
MBO	82
MSO	82
MZA	82.8
MTT	83
MMA	85
MCT	82
MAA	83.2
MOT	84.2
MOM	83.6
MBT	84
<b>Norme Codex</b>	<b>≥ 80 %</b>

**MBO** : Miel Boufarik Oranger, **MSO** : Miel Sidi moussa Oranger, **MZA** : Miel Zabana Agrumes, **MTT** : Miel beni Tamou Toutes fleurs, **MMA** : Miel Mouzaia Agrumes, **MCT** : Miel Chréa Toutes fleurs, **MAA** : Miel Ain romana Agrumes, **MOT** : Miel Ouled selama Toutes fleurs, **MOM** : Miel Oued djar Montagne, **MBT** : Miel Bouinan Toutes fleurs

Les résultats présentés dans le tableau 16 et la figure 14 montrent la variation de la matière sèche des miels qui oscille entre 82 et 83,6 %. Ces taux sont conformes aux normes du codex alimentaire et de l'union européenne ( $\geq 80$  %).

Ces résultats sont proches à ceux obtenue par **Tadjouri (2013)** sur le miel de la Mitidja qui a une valeur de MS de 80.1% parmi 8 échantillons de miel algérien.



**Figure 14** : Le taux de la matière sèche des échantillons de miel

La variation de la teneur en matière sèche de nos échantillons est en relation directe avec la teneur en eau du miel. La valeur la plus élevée de la teneur en eau MSO et MBO ont une teneur de 18% correspondant à la valeur la plus basse de la teneur en matière sèche (82%).

La teneur en matière sèche peut influencer la cristallisation des miels ; plus la teneur en matière sèche est élevée, plus la tendance de ce miel à se cristalliser est importante.

La variation du taux de matière sèche est due à nombreux facteurs : botanique, nature de la fleur, le moment du passage de l'abeille et les facteurs météorologiques qui influent sur la miellée (Bara et Slimani, 2015).

### 2.1.3. La conductibilité électrique

Les résultats obtenus de la conductibilité électrique sont portés sur le tableau suivant.

**Tableau 17** : Les valeurs de la conductibilité électrique

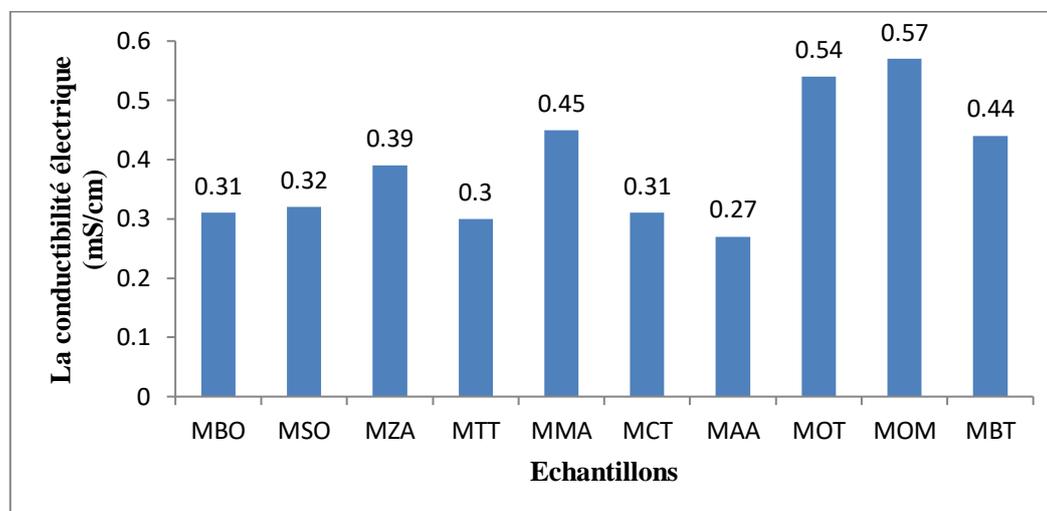
Echantillon	la conductibilité électrique mS/cm	
MBO	0,31± 0	B
MSO	0,32± 0,007	B
MZA	0,39± 0,007	C
MTT	0,30± 0	B
MMA	0,45± 0	D
MCT	0,31± 0,007	B
MAA	0,27± 0,007	A
MOT	0,54± 0	E
MOM	0,57± 0,014	F
MBT	0,44± 0	D
<b>Norme Codex</b>	$\leq 0.8$ mS/cm pour les miels de nectar $\geq 0.8$ mS/cm pour les miels de miellat	

**MBO** : Miel Boufarik Oranger, **MSO** : Miel Sidi moussa Oranger, **MZA** : Miel Zabana Agrumes, **MTT** : Miel beni Tamou Toutes fleurs, **MMA** : Miel Mouzaia Agrumes, **MCT** : Miel Chréa Toutes fleurs, **MAA** : Miel Ain romana Agrumes, **MOT** : Miel Ouled selama Toutes fleurs, **MOM** : Miel Oued djar Montagne, **MBT** : Miel Bouinan Toutes fleurs

Les valeurs suivies d'une même lettre sont significativement comparable au seuil de 5 %.

La comparaison entre les valeurs de conductibilité montre qu'il n'existe pas une différence significative entre les échantillons MTT, MCT, MBO et MSO, par contre il existe une différence significative de la conductibilité entre ce groupe et les autres échantillons du miel.

D'après le tableau 17 et la figure ci-dessous, les échantillons mesurés présentent une conductivité comprise entre 0,27 et 0,57 mS/cm, qui est au-dessous de la limite préconisée par le Codex. La CE la plus élevée est enregistrée par le miel de montagne issue d'Oued djar.



**Figure 15 :** La conductivité électrique des échantillons de miel

**GONNET (1986)**, affirme que la conductivité électrique du miel apporte une indication précieuse dans la définition d'une appellation, les miels issus de nectar ont une CE allant de 0.1 à 0.5 ms/cm, et ceux issus de miellats de 1.0 à 1.5 ms/cm, par contre, les valeurs médianes correspondent souvent à des mélanges naturels des deux origines.

Les échantillons MBO, MSO, MZA, MTT, MMA, MCT, MAA et MBT ont une conductivité de 0.31, 0.32, 0.39, 0.3, 0.45, 0.31, 0.27 et 0.44mS/cm respectivement ; ces échantillons de miels peuvent être des miels d'origine de nectar, tandis que les échantillons MOT et MOM qui ont une conductivité de 0.54 et 0.57 mS/cm respectivement peuvent être issues d'un mélange de nectar et de miellat.

La conductivité électrique de nos miels est similaire à celle obtenue par **Benaziza et Schweitzer (2010)**, qui ont obtenues des valeurs de conductivité de 0.27 et 0.22mS/cm de deux échantillons de miel de Blida.

Les échantillons du miel d'oranger de Boufarik (MBO) et celui de Sidi moussa (MSO) ont une conductivité de 0.31 et 0.32 mS/cm respectivement, ces deux valeurs sont nettement supérieures à ceux de **Yaiche achour et Khali (2014)**, qui ont trouvé une valeur de conductivité de 0.24 mS/cm dans le miel d'oranger de la Mitidja.

### 2.1.4. Le pH

Les valeurs du pH obtenus des échantillons de miel sont indiquées dans le tableau 18.

**Tableau 18** : Les valeurs de pH des miels analysés

Echantillon	pH	
MBO	3,68 ± 0.21	A
MSO	3,75 ± 0.18	A
MZA	3,71 ± 0.19	A
MTT	3,69 ± 0.14	A
MMA	4,58 ± 0.31	B
MCT	3,57 ± 0.03	A
MAA	3,53 ± 0.04	A
MOT	5 ± 0.42	B
MOM	3,85 ± 0.03	A
MBT	3,4 ± 0.56	A
<b>Norme</b>	<b>3.5 à 4.5</b> pour les miels de nectar <b>5 à 5.5</b> pour les miels de miellat	

**MBO** : Miel Boufarik Oranger, **MSO** : Miel Sidi moussa Oranger, **MZA** : Miel Zabana Agrumes, **MTT** : Miel beni Tamou Toutes fleurs, **MMA** : Miel Mouzaia Agrumes, **MCT** : Miel Chréa Toutes fleurs, **MAA** : Miel Ain romana Agrumes, **MOT** : Miel Ouledselama Toutes fleurs, **MOM** : Miel Oued djar Montagne, **MBT** : Miel Bouinan Toutes fleurs

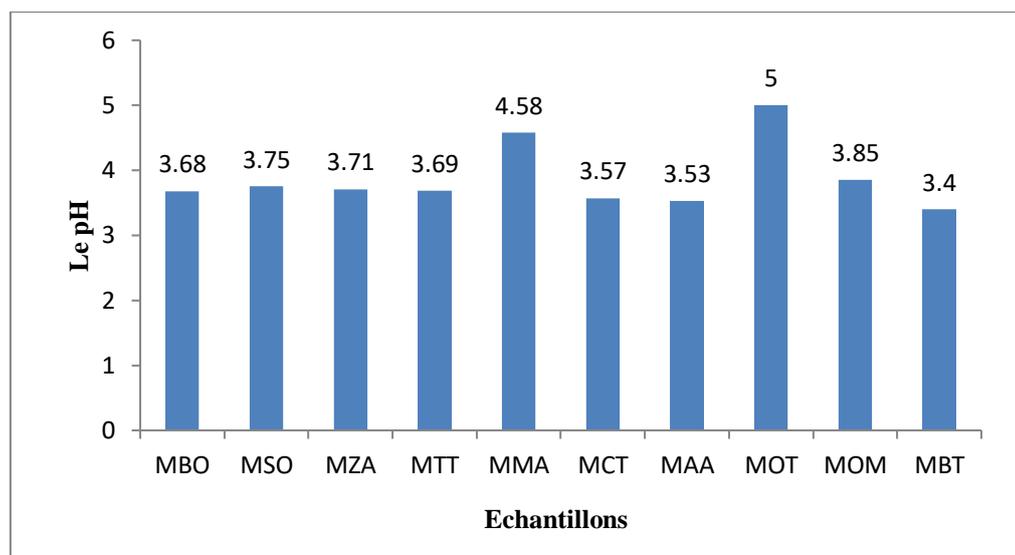
Les valeurs suivies d'une même lettre sont significativement comparable au seuil de 5 %.

Le pH des miels étudiés est compris entre 3,4 et 5 donc tous les miels analysés ont un pH acide.

L'analyse statistique des valeurs de pH montre qu'il n'existe pas une différence entre les valeurs du groupe des miels (MBO, MSO, MZA, MTT, MBT, MCT, MAA et MOM) d'une part, et entre les valeurs du groupe des miels (MMA et MOT) d'autre part, mais il existe une différence notable entre les deux groupes.

La valeur du pH la plus faible dans nos résultats trouvés est enregistrés pour le MBT (3.40) par contre la valeur la plus élevée du pH est enregistrés pour le MOT (5) ces deux valeurs son proche à ceux de **Makhloufi (2011)** qui a trouvé un pH variant entre 3.64 et 4.50 sur 8 échantillons de miel issus de Blida.

La variation du pH serait due à la flore butinée, à la sécrétion salivaire de l'abeille et aux processus enzymatiques et fermentatifs pendant la transformation de la matière première (**Louveaux, 1968**).



**Figure 16** : Le pH des échantillons de miel

Selon **Gonnet (1986)**, les miels dont le pH est situé entre 3,5 et 4,5 sont issus de nectar, c'est le cas de la majorité des échantillons par contre ceux provenant des miellats sont compris entre 5 et 5,5 et les valeurs intermédiaires correspondent à des mélanges des miels de nectar et de miellat.

Le miel d'agrumes issu de Mouzaia (MMA) possède un pH supérieur à 4,5 et inférieur à 5 ; cet échantillon peut être issu d'un mélange de nectar et de miellat. Le miel d'Ouled selama toutes fleurs possède un pH de 5 ; ce miel peut être issu de miellat.

Il n'y a pas de limites fixes pour les valeurs de pH mais ce paramètre peut être utilisé comme indication de l'origine botanique (**Nanda et al., 2003**)

### 2.1.5. L'acidité libre

L'acidité libre est exprimée en milliéquivalent par kg de miel de chaque échantillon, elle est récapitulée sur le tableau 19 et la figure 17.

**Tableau 19** : Les valeurs de l'acidité libre obtenues

Echantillon	L'acidité libre (méq/kg)	
MBO	34.5 ± 10.60	A B
MSO	35.5 ± 0.70	B
MZA	38.5 ± 0.70	B
MTT	32.5 ± 3.53	A B
MMA	18.5 ± 4.94	A
MCT	39 ± 11.31	B
MAA	36.5 ± 12.02	B
MOT	23.50 ± 4.94	A B
MOM	40 ± 7.07	B
MBT	36.5 ± 9.19	B
<b>Norme Codex</b>	<b>50 meq/kg</b>	

**MBO** : Miel Boufarik Oranger, **MSO** : Miel Sidi moussa Oranger, **MZA** : Miel Zabana Agrumes, **MTT** : Miel beni Tamou Toutes fleurs, **MMA** : Miel Mouzaia Agrumes, **MCT** : Miel Chréa Toutes fleurs, **MAA** : Miel Ain romana Agrumes, **MOT** : Miel Ouled selama Toutes fleurs, **MOM** : Miel Oued djar Montagne, **MBT** : Miel Bouinan Toutes fleurs

Les valeurs suivies d'une même lettre sont significativement comparable au seuil de 5 %.

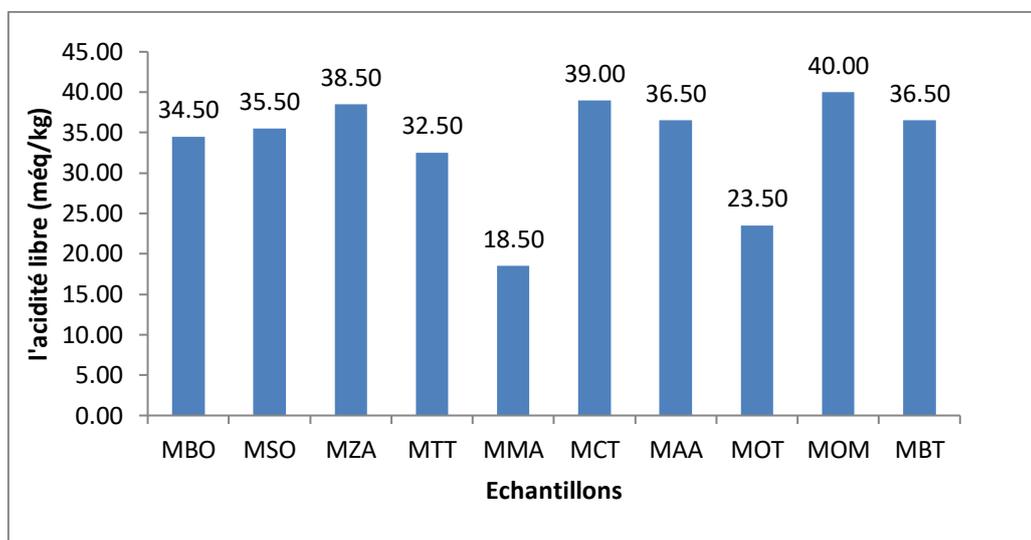
L'analyse statistique des résultats d'acidité libre des miels étudiés révèle qu'il existe une différence significative entre l'échantillon (MMA) et les miels (MSO, MZA, MCT, MAA, MOM et MBT), par contre il n'existe pas de différence significative entre MBO, MTT et MOT.

Les valeurs de l'acidité totale des miels analysés varient de 18.5 à 40 méq/kg. Ces valeurs obtenues ne dépassent pas la limite d'acidité libre fixée par le **Codex Alimentaire (2001)** qui est de 50 meq/kg.

Nos résultats sont nettement supérieurs à celle obtenues par **Makhloufi (2011)** sur 8 échantillons issus de Blida, qui ont une acidité libre variant de 7 et 22.50 meq/kg.

La variation de l'acidité dans les différents miels peut être attribuée à l'origine florale ou à des variations en raison de la saison de la récolte (**Doukani et al., 2014**).

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



**Figure 17** : L'acidité libre des échantillons de miel

Selon **Gonnet (1982)**, l'acidité libre doit être supérieure à 10meq/kg et inférieure à 40meq/kg. Toute acidité dépassant 40meq/kg est considérée comme un facteur favorisant la dégradation du fructose en HMF, les résultats d'acidité sont soutenus par ceux de la mesure du pH.

Le miel de montagne issue d'Oued djar enregistre la valeur la plus élevée de l'acidité libre qui est de 40 meq/kg.

D'après **Makhloufi et al (2010)**, le miel qui atteint le 40 meq/kg d'acidité libre est considéré comme produit fragile pour la conservation car l'acidité forte du milieu favorise la dégradation des hexoses en HMF qui déprécie la qualité du miel.

### 2.1.6. La densité

Les résultats de la densité des miels étudiés sont illustrés sur le tableau 20 et la figure 18.

**Tableau 20** : Les valeurs de la densité obtenues

Echantillons	La densité (%)
MBO	1,38 ± 0.035 A
MSO	1,31 ± 0.012 A
MZA	1,34 ± 0.009 A B
MTT	1,38 ± 0.071 A B
MMA	1,31 ± 0.082 A B
MCT	1,38 ± 0.041 A B
MAA	1,43 ± 0.016 A B
MOT	1,44 ± 0.069 B
MOM	1,45 ± 0.045 B
MBT	1,41 ± 0.054 B
<b>Norme</b>	<b>De 1.52 à 1.93</b>

**MBO** : Miel Boufarik Oranger, **MSO** : Miel Sidi moussa Oranger, **MZA** : Miel Zabana Agrumes, **MTT** : Miel beni Tamou Toutes fleurs, **MMA** : Miel Mouzaia Agrumes, **MCT** : Miel Chréa Toutes fleurs, **MAA** : Miel Ain romana Agrumes, **MOT** : Miel Ouled selama Toutes fleurs, **MOM** : Miel Oued djar Montagne, **MBT** : Miel Bouinan Toutes fleurs

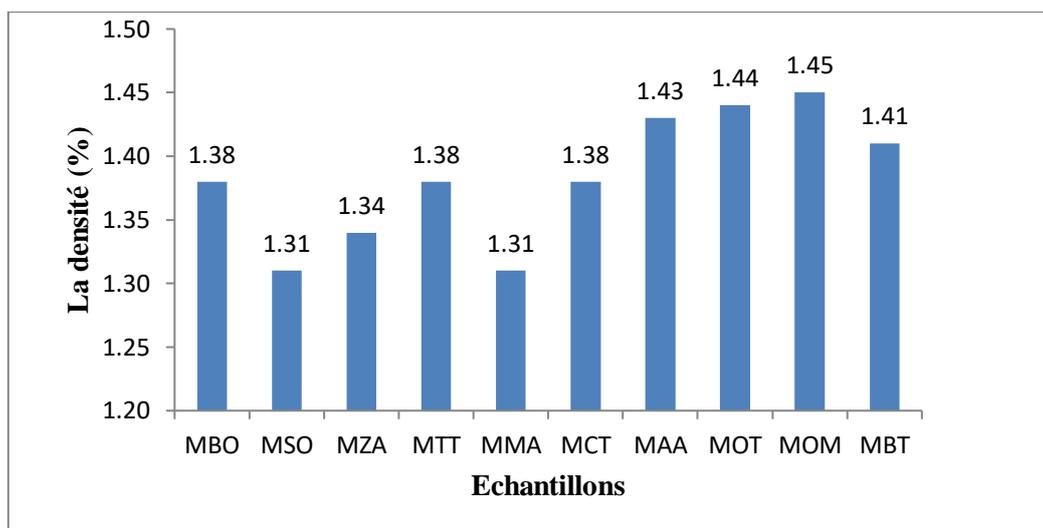
Les valeurs suivies d'une même lettre sont significativement comparable au seuil de 5 %.

L'analyse statistique des résultats de la densité des variétés de miel étudiées révèle qu'il n'existe pas de différence significative entre les miels MZA, MTT, MMA, MCT et MAA par contre il y a une différence significative entre les miels (MBO, MSO) et les miels (MOT, MOM et MBT).

Les normes de densité préconisées par **Gonnet (1982)**, varie de 1,93 à 1,52 avec une moyenne de 1,4225.

Les densités de nos échantillons du miel varient de 1,31 à 1,45 ce qui montre que la totalité des miels présentent une densité conforme aux normes.

Nos résultats sont proches de ceux de **Hanifi (2013)** qui a étudié la densité de trois miels ; deux issues de Bougara et l'autre de l'Atlas Blidéen qui a trouvé des valeurs de 1.454, 1.418 et 1.409 respectivement.



**Figure 18** : La densité des échantillons de miel

La valeur de la densité varie entre 1,39 et 1,44 à 20°C. Elle est en fonction de la teneur en eau et à moindre degré de la composition chimique du miel (**Al-khalifa et Al-Arifi., 1999**).

**Louveaux (1985)** indique que les variations de la densité des miels proviennent surtout des variations de la teneur en eau. Plus un miel est riche en eau moins il est dense.

L'échantillon de miel d'oranger de Sidi moussa enregistre la plus faible valeur de la densité avec 1.31 %, et il enregistre la valeur la plus élevée de la teneur en eau qui est 18 %.

### 2.1.7. Les cendres

Les résultats des cendres obtenus sont présentés dans le tableau 21 et la figure 19.

**Tableau 21** : Taux des cendres dans les échantillons des miels.

Echantillon	le taux des cendre %	
MBO	0,220 ± 0.003	A
MSO	0,220 ± 0.013	A
MZA	0,215 ± 0.008	A
MTT	0,215 ± 0.005	A
MMA	0,220 ± 0.013	A
MCT	0,210 ± 0.0001	A
MAA	0,220 ± 0.158	A
MOT	0,215 ± 0.009	A
MOM	0,225 ± 0.002	A
MBT	0,210 ± 0.0007	A
<b>Norme</b>	<b>≤ 0.6 %</b>	

**MBO** : Miel Boufarik Oranger, **MSO** : Miel Sidi moussa Oranger, **MZA** : Miel Zabana Agrumes, **MTT** : Miel beni Tamou Toutes fleurs, **MMA** : Miel Mouzaia Agrumes, **MCT** : Miel Chréa Toutes fleurs, **MAA** : Miel Ain romana Agrumes, **MOT** : Miel Ouled selama Toutes Fleurs, **MOM** : Miel Oued djar Montagne, **MBT** : Miel Bouinan Toutes fleurs

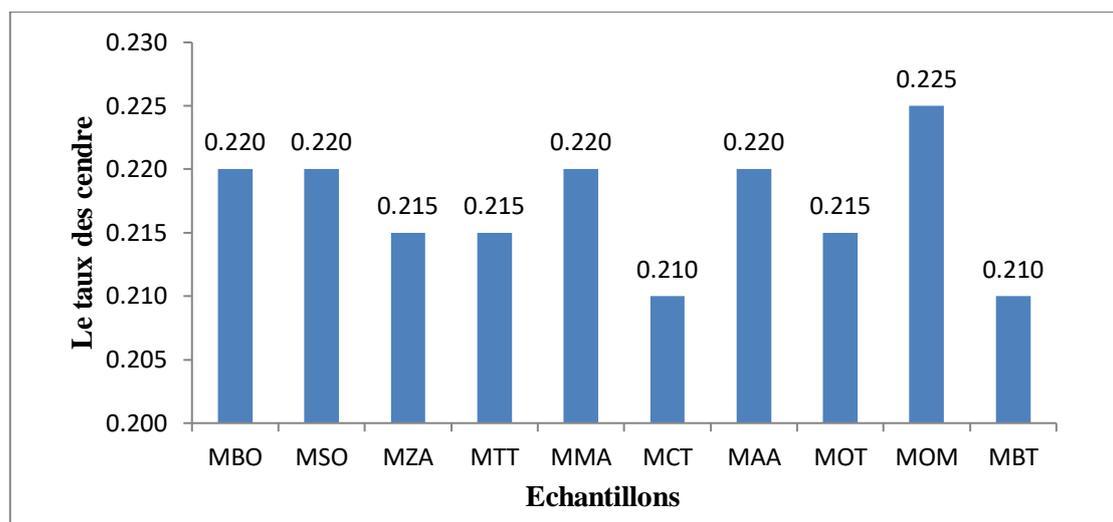
Les valeurs suivies d'une même lettre sont significativement comparable au seuil de 5 %.

L'analyse statistique des teneurs en cendres, montre qu'il n'y a pas une différence significative entre tous les variétés des miels étudiés.

La teneur en cendres est un critère de qualité qui dépend de l'origine botanique du miel. C'est un critère utilisé dans les normes internationales (**Amri et al., 2007**).

**Nanda et al (2003)**, signalent que la limite permise de la teneur en cendres des miels de nectar est de 0,6% par contre celle du miel de miellat est de 1,2%.

La teneur en cendres dans nos échantillons analysés varie de 0,210 à 0,225%, ces valeurs de cendres trouvées étaient en dessous de 0,6% ; ils sont en accord avec la limite autorisée par **Codex Alimentaire (2001)** qui est 0.6%.



**Figure 19** : Le taux des cendres dans les échantillons de miel

Les taux des cendres obtenues dans tous les échantillons sont inférieurs à 0.6%. Ces résultats se rapprochent de ceux rapportés par **Makhloufi (2011)**, qui trouvent des teneurs en cendre allant de 0.01 à 0,23 % de 8 échantillons de miel provenant de la wilaya de Blida.

La variation de la teneur en cendres peut s'expliquer par les procédés de récolte, les produits collectés par les abeilles lors de la recherche de nourriture sur la fleur (**Finola et al., 2007** cité par **Doukani et al., 2014**).

Enfin, les cendres sont déterminées par le contenu de substances minérales du miel. Ce contenu dépend fondamentalement et quantitativement aux caractéristiques du sol et du climat de la région d'origine du miel (**Nair, 2014**).

### 2.1.8. Le HMF

Les résultats d'analyse de l'HMF des échantillons de miel sont représentés dans le tableau 22 et la figure 20

**Tableau 22** : Le HMF des échantillons de miels

Echantillon	Le taux de HMF (mg/kg)	
MBO	8,21 ± 0.02	E
MSO	6.37 ± 0.02	D E
MZA	5,96 ± 0.02	C D E
MTT	6,56 ± 0.02	E
MMA	0,00 ± 0	A
MCT	8,06 ± 0.02	E
MAA	3,43 ± 0.01	B C
MOT	3,75 ± 0.01	B C D
MOM	41,07 ± 1.39	F
MBT	3,12 ± 0.02	B
<b>Norme Codex</b>	<b>≤ 40 mg/kg</b>	

**MBO** : Miel Boufarik Oranger, **MSO** : Miel Sidi moussa Oranger, **MZA** : Miel Zabana Agrumes, **MTT** : Miel beni Tamou Toutes fleurs, **MMA** : Miel Mouzaia Agrumes, **MCT** : Miel Chréa Toutes fleurs, **MAA** : Miel Ain romana Agrumes, **MOT** : Miel Ouled selama Toutes fleurs, **MOM** : Miel Oued djar Montagne, **MBT** : Miel Bouinan Toutes fleurs

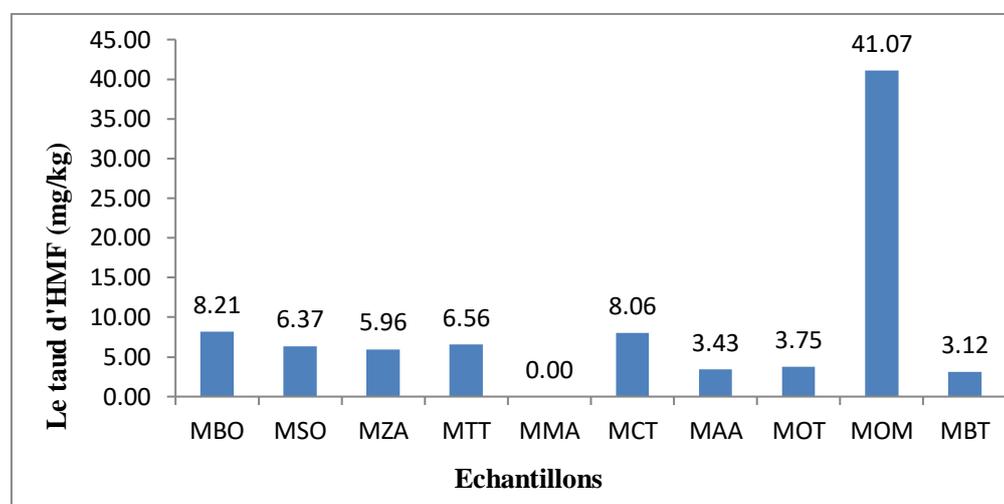
Les valeurs suivies d'une même lettre sont significativement comparable au seuil de 5 %.

L'analyse statistique des teneurs en HMF des variétés de miel étudiées révèle qu'il n'existe pas de différence significative entre les valeurs de MBO, MCT et MTT, mais il existe une différence significative entre ce groupe du miel et les autres variétés de miel analysé.

C'est un excellent indicateur de la qualité. Cette molécule apparait au cours du processus de vieillissement naturel du miel. Ce processus est accéléré si les miels sont chauffés ou s'ils sont très acides. L'analyse de la quantité d'HMF est donc une excellente méthode pour apprécier la qualité d'un miel. La concentration de l'HMF est reconnue comme indicateur du niveau de fraîcheur du miel (**Corbella et Cozzolino, 2006** cité par **Bara et Slimani, 2015**).

Pour tous nos échantillons, la valeur en HMF des miels varient de 0,00 à 41,07 mg/kg. Selon le codex alimentaire et les exigences européennes, la valeur d'HMF ne doit pas dépasser 40 mg/kg et 80 mg/kg pour les miels d'origine tropicale, nos échantillons répondent très bien à ces exigences sauf MOM qui dépasse ces normes avec un taux de 41,07 mg/kg.

**Benaziza et schweitzer (2010)**, ont obtenues des valeurs d'HMF de 15.3 et 38,7 mg/kg de deux échantillons de Blida, ces résultats sont nettement supérieurs à nos résultats sauf l'échantillon MOM qui a enregistré une HMF de 41.08 mg/kg.



**Figure 20:** L'HMF des échantillons de miel

L'échantillon MMA ne possède aucune trace d'HMF, contrairement l'échantillon MOM. La différence entre ces deux valeurs est de 41.08 mg/kg.

**Bogdanov (2001)** expliquent cette teneur en HMF élevée par :

- La décomposition partielle de fructose suit à un chauffage ;
- la falsification qui est due à la fabrication de ces miels à partir de sucre de table (saccharose) et eau chauffée, induisant la libération du glucose et du fructose, ce dernier en se dégradant conduit à la formation d'HMF en proportion élevées ;
- Cette teneur en HMF est influencée par le type de sucre, sa concentration, la durée de conservation, la température et à la fin l'acidité ou le pH ;

**Jeanne (1993)**, signale que le mauvais usage de la chaleur est une cause d'altération du miel par la destruction des enzymes et la formation d'HMF.

Le miel qui possède une teneur en HMF qui dépasse le 40 mg/kg est un exemple d'un miel qui a subi un chauffage prolongé ou il est sous l'effet de l'augmentation de la température ambiante (**Makhloufi et al., 2010**).

Selon **Bogdanov et al (2004)**, la quantité d'HMF dans le miel ne doit pas dépasser les 15 mg/kg pour rester dans le cadre d'un produit frais et de qualité optimal. La teneur d'HMF peut

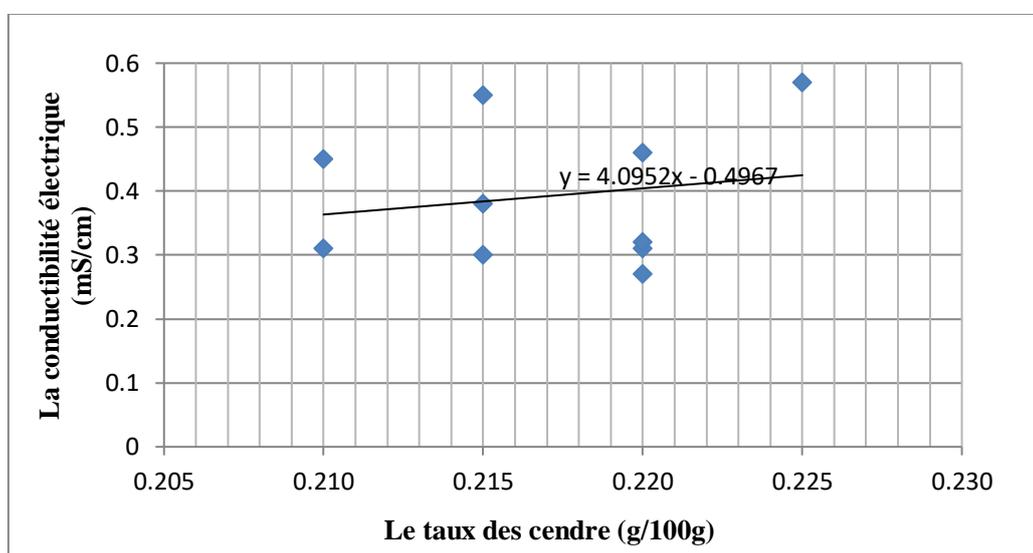
être due à certains facteurs notamment le type de sucre, sa concentration, la durée de conservation, la température et l'acidité ou la valeur de pH.

### 2.1.9. Relation entre la conductibilité électrique et la teneur en cendres

**Donadieu (1984)**, signale que le miel à une conductivité électrique dans de fortes proportions suivant sa teneur en eau et sa teneur en matières minérales.

La conductivité électrique dépend de la teneur en éléments minéraux, plus ces derniers sont élevés et plus la conductivité correspondante est élevée (**Terrab et al., 2003**).

La figure 22 montre la relation entre la conductibilité électrique et la teneur en matière minéral.



**Figure 21** : Relation entre la conductivité électrique et le taux des cendres

Puisque les teneurs en matières minérales et la conductibilité électrique évoluent dans le même sens, donc il est possible qu'il existe une relation entre les deux variables.

L'analyse statistique montre une corrélation positive entre la teneur en minéraux et le taux de la conductivité électrique ; la tendance est linéaire, le coefficient de corrélation  $R=0,19$  ce qui indique que cette corrélation est élevée.

## Conclusion

Le présent travail a porté sur l'étude de la qualité de quelques miels récoltés dans la région de Blida. Cette recherche nous a permis d'évaluer la qualité des échantillons de miel à partir de certains paramètres physico-chimiques et de comparer leurs qualités selon les normes internationales du Codex alimentaire.

La qualité d'un miel pur est principalement déterminée par son humidité, sa teneur en HMF, son taux d'acidité, sa conductivité électrique et son spectre de sucres.

Chacun des paramètres analysés contribue à une indication précise sur la qualité du miel. Ainsi, ils peuvent être classés en trois groupes ; ceux qui déterminent la maturité (la teneur en eau), l'origine florale (conductivité, pH, acidité libres et les cendres) et la fraîcheur (HMF).

Pour la teneur en eau tous les miels analysés présentent des valeurs compris entre 15 et 18%. Elles sont largement inférieures à 20% le maximum préconisé par les normes européennes. La valeur de l'indice Brix trouvée oscille entre 82 et 85 %.

Les résultats obtenus pour la conductivité électrique, pour le pH et ceux de la teneur en matières minérale confirment l'origine nectarifère de tous des miels analysés, sauf le miel de montagne issue d'Oued djar qui est d'origine d'un mélange de nectar et de miellat.

La mesure de l'acidité libre montre qu'aucun des échantillons n'excède la limite autorisée et que tous les miels locaux présentent des valeurs peu élevées, il est préférable de les consommer dans l'année car les miels qui présentent une acidité ont une forte chance de se fermenter.

Le dosage du taux de l'hydroxyméthylfurfural (HMF) montre que tous les miels analysés sont conforme à la limite fixé par l'UE et le Codex alimentaire sauf le miel de montagne d'Oued djar (MOM) qui enregistre une teneur en HMF élevée.

Notre étude nous a conduit à conclure que tous les miels analysés répondent aux normes internationales car ils sont naturels et n'ayant subi aucun traitement technologique qui pourrait nuire à leurs qualité.

L'absence des moyens nous a empêchés de procéder à des analyses très importantes telles que l'analyse des sucres et les analyses pollinique qui permettent d'identifier les pollens de certaines espèces butinées par l'abeille et vérifier leur origine géographique.

Nous souhaiterons dans les prochaines travaux de recherche d'aborder tous les types d'analyses qui se rapporte à la qualité du miel et de pouvoir ainsi constituer une base de données pour améliorer la qualité de nos miels et de pouvoir contrôler les miels qui rentre dans notre pays.

## Références bibliographiques

**ADAM G., 2010.** La biologie de l'abeille. Cours École d'apiculture Sud-Luxembourg. 26 p.

En ligne : <http://ekladata.com/QPHGzNqBPBpKwpdho6j-krOSMLc.pdf>.

**ADAM G., 2011.** Botanique apicole, production de nectar et de pollen. Cours école d'apiculture Ruchers du Sud-Luxembourg, 11 p.

En ligne : <http://ekladata.com/ViQw1ofEIaHl2KAwpYl47zYG08.pdf>.

**ADJIMI SALMA., 2011.** Les secrets de l'apiculture et des produits de la ruche (Annahla...el-aya elmôdjiza).1<sup>ère</sup> édition. Edition Elaourassia. Algérie.128p.

**ADJLANE NOUREDDINE., 2012.** Etude des principales maladies bactériennes et virales de l'abeille locale *Apis mellifera intermissa* dans la région médio-septentrionale de l'Algérie. Thèse de Doctorat. L'INA. El-Harrach. Alger. 133p.

**ADJLANE NOUREDDINE., DOUMANDJI SALAH-EDDINE., HADDAD NIZAR., 2012.** Situation de l'apiculture en Algérie : facteurs menaçant la survie des colonies d'abeilles locales *Apis mellifera intermissa*. Cahiers Agricultures. Volume 21, Numéro 4,235-41.

**AKHMAZILLA M F N., FARID M M., SILVA F V M., 2013.** High pressure processing (HPP) of honey for the improvement of nutritional value. Innovative Food Science and Emerging Technologies, vol.67, p.p.21-25.

**AL-KHALIFA A S., AL-ARIFY I A., 1999.** Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Saudi honeys. Food Chemistry, vol.67, octobre, p.p.21-25.

**ALPHANDERY R., 1992.** La route du miel (le grand livre des abeilles et de l'apiculture).Ed Nathan. Paris France: 254p.

**AMRI ASSIA., 2013.** Contribution à l'étude approfondie de quelques miels produits en Algérie : aspect physico-chimique et botanique. Thèse de Doctorat. Biochimie appliquée en agroalimentaire et santé. Université BADJI MOKHTAR. Annaba. 136 p.

**AMRI A, LADJAMA A, TAHAR A., 2007.** Etude de quelques miels produits à l'est Algérien: Aspect physico- chimiques et biochimique. Laboratoire de biochimie appliquée, faculté des sciences, département de biochimie, université Badji Mokhtar, Annaba. Revue Synthèse N°17. Pp : 57-63. <http://www.ajol.info/article.viewFile.117862-326555-1-SM.pdf>.

**ANKLAM E., 1998.** A review of analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. Food Chem. N°61. Pp : 549-620.

**ANKLAM E., RADOVIC B., 2001.** Suitable analytical methods for determining the origin of European honey. Am Laboratory. Pp: 60-66.

**ANTINELLI J F., CLEMENT M C., MOUSSA I., CORDELLA C et FAUCOUN J P., 2001.** Détection de canne à sucre dans les miels par analyses isotopique et microscopique : étude et comparaison. Ann. Falsif. Expert. chim., 94, (954), 13-22 pp.

**AYMÉ ALIZÉE., 2014.** Synthèse des connaissances sur l'apiculture réunionnaise et enjeux pour la filière. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse.147p. Disponible en ligne : [Ayme-12208.pdf](http://ayme-12208.pdf).

**BALLOT-FLURIN C., 2009.** Miels et gelée royale : leur origine, leur nature, leur composition et leurs propriétés reconnues. Phytothérapie, Vol 7, n 2,90p.

- BALLOT-FLURIN C., 2010.** Les bienfaits de l'api thérapie. Ed. Eyrolles, Paris, 45-51p.
- BARA F., SLIMANI H., 2015.** Etude des caractères physico-chimiques et palynologiques des miels Algériens. Mémoire Master. ENSA. El-Harrach, Alger. 99p.
- BECK BODOG F., 1935.** The Bible of Bee Venom Therapy. D. Appleton-Century Co., USA, pp.10-14.
- BELITZ H., GROSCH W., SCHIEBERLE P., 2009.** Chapitre 19. Sugars, Sugar Alcohols and honey, Food chemistry. Vol 103, p.p. 885-888.
- BENDAHOU H., HASNAT N., (2005).** Contribution à l'étude de l'influence de durée de conservation sur la qualité du miel dans la wilaya de Mascara.
- BENDIFALLAH L., 2011.** Rôle des abeilles (Hymenoptera : *Apidea*) dans les milieux naturels et agricoles de divers étages bioclimatiques. Thèse de Doctorat. Sciences agronomiques. INA. 308 p.
- BENAZIZA-BOUCHEMA D., SCHWEUTZER P., 2010.** Caractérisation des principaux miels des régions du Nord de l'Algérie. Cah Agric, vol.19, n°6.
- BERKANI M L., 2008.** Etude des paramètres de développement de l'apiculture algérienne. Thèse de Doctorat. Science agronomiques. INA. 251p.
- BERTRAND E., 1983.** La conduite du rucher. 7<sup>ème</sup> édition. Edition Payot Lausanne, la maison Rustique. Paris. 290p.
- BERTRAND E., 1988.** La conduite du rucher. Ed. Payot. 161p.
- BERETTA G., GRANATA P., FERRERO M., ORIOLI M., FACINO R M., 2005 :** standardization Of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometri / fluorimetric assays and chemo Metrics. Anal Chim, Vol .533, p.p.185-191.
- BIRI M., 1997.** Le grand livre des abeilles, l'apiculture moderne. DE VECCHI. Paris.
- BIRI M., 2005.** Tout savoir sur les abeilles et l'apiculture. 7<sup>ème</sup> édition. Revue et augmenté par JACQUES GOUT, Edition De Vecchi. France. 302p.
- BIRI M., 2010.** Tout savoir sur les abeilles et l'apiculture. Paris, Ed. De Vecchi, 92 p.
- BOGDANOV S., MARTIN P., LULMANN C., 1997.** Harmonized methods of the European Honey Commission. Apidologie, 1-59 p.
- BOGDANOV S, 1999.** Stockages, cristallisation et liquéfaction du miel. Centre suisse de recherche apicoles.05p.
- BOGDANOV S., 2001.** Qualité du miel et norme international relative au miel.Rapport de la commission international du miel. Abeille Cie N° 71-4.1 2p.
- BOGDANOV S., BIERI K., GREMAUD G., KÄNZIG A., SEILER K., STÖCKLI H., ZÜRCHER K., 2004.** Produits apicoles : Miel. Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Berne, 9-11p.
- BOGDANOV S., GALLMANN P., STANGACIU S., CHERBULIEZ T., 2006.** Produits apicoles et santé. Ed. Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Berne, 6p.

- BOGDANOV S., BIERI K., KITCHMANN P., DILIERE F X., GALLMAN P., 2007.** Les pucerons à l'œuvre dans la production du miel de forêt. Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP.
- BOUTBILA N., HACHANI N., 2004.** Synthèse des résultats de recherche sur les caractères physico-chimiques des miels d'Algérie. Mémoire d'ingénieur. INA. Centre suisse de recherche apicole. Suisse, p : 1-26-29.
- BRADBEAR N., 2010.** Le rôle des abeilles dans le développement rural. Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles, organisation des notions unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome. 238p.
- BRADBEAR N., (2010).** Le rôle des abeilles dans le développement rural. Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles, revue produits forestiers non ligneux FAO, N° 19,238 p.
- BRUNEAU L., 1991.** L'Europe apicole, les carnets du CARI, 30, pp : 8-12.
- BRUNEAU E., 2008.** Humidité du miel, attention. Abeille & Cie, vol.35, n°124, p.p.28-29.
- BRUNEAU E., 2010.** Le travail du miel. Ed. Bruneau, Louvain, 3p.
- BRUNEAU E., 2011.** La renfente de miel. Travail de miel, vol.4, p.p.17-18.
- BONTÉ F., DESMOLIÈRE A., 2013.** Le miel : origine et composition. Actualités pharmaceutiques, vol.52, n.531, p.p.18-21.
- CENTRE DE RÉFÉRENCES EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DE QUÉBEC (CRAAQ), 2012.** Caractéristique de miel. Ed. Delta 1, Québec, pp : 11-12p.
- CETAM, 2010.** Centre d'études techniques apicole de Moselle. Le contrôle de qualité du miel. Lorraine. France. <http://www.cetam.info/site/2010/07/24/les-analyses/>. Consulté le 10/05/2017.
- CHATAWAY H D., 1935.** Honey tables showing the relationship between various hydrometer scales and refractive index to moisture content and weight per gallon of honey. Can bee J. n°43. P 215.
- CHIRON J., HATTENBERGERY A M., 2008.** Mortalités, effondrement et affaiblissement des colonies d'abeilles. University of Nebraska, Lincoln. 149p.
- CLEMENT HENRY., 2009.** Crée son rucher - les cahiers d'élevage-. Rustica édition. 111p.
- CLEMENT M C., 2002.** Méliissopalynologie en Nouvelle-Calédonie, importance des spectres polliniques dans la typification des miels. Diplôme de l'école pratique des Hautes Etudes, Nouvelle-Calédonie, 77p.
- CODEX ALIMENTAIRES., 2001.** Projet de norme révisée pour le miel, Codex Stan 12-1981, Rev.1 (1987), 2(2001).
- Conseil de l'Union européenne.** Directive 2001/110/CE du conseil du 20 décembre 2001 relative au miel. J. off. Communautés Eur., L10. Pp: 47-52.
- CORBELLA E., COZZOLINO D., 2006.** Classification of the floral origin of Uruguayan honeys by chemical and physical characteristics combined with chemometrics. Lebensm Technol. Vol.39, p.p: 534-539.

- CORTOPASSI-LAURINO M., GELLI D.S., 1991.** Analyse pollinique, propriétés physico-chimiques et action antibactérienne des miels d'abeilles africanisées *Apis mellifera* et de *Méliponinés* du Brésil. *Apidologie*, Vol. 22, Octobre, p.p.61-73.
- COUQUET Yves., DESMOULIERE Alexis., RIGAL Marie-Laure., 2013.** Les propriétés antibactériennes Et cicatrisantes du miel. *Actualités pharmaceutiques*, Vol.52, n°531 ; p.p.22-25.
- DAILLY H., 2008.** Cristallisation du miel: le savoir et le faire. *Abeille & cie*, vol.35,n 122,p.p. 30-32.
- DAILLY H., 2008.** Le réfractomètre, un outil essentiel. *Abeilles & Cie*, vol.35, n.122, p.p.30-32.
- DOMERGO R., 2009.** Chapitre X : santé bien être, api thérapie in Clément H. et al. *Le Traité Rustica de l'apiculture* Editions Rustica, Paris, 390p.
- DONADIEU Y., 1981.** La propolis : thérapeutique naturelle. 2<sup>ème</sup> édition. Paris, 32p.
- DONADIEU Y., 1984.** Le miel : thérapeutique naturel. 3<sup>ème</sup> édition. Paris, 61p.
- DOUKANI K., TABAK S., DERRICHE A., HACINI Z., 2014.** Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement*. Vol.10, p.p. 37-49.
- DUSTMANN JH., 1993.** Honey quality and its control. *American Bee Journal*. Pp : 648-651.
- FAVEAUX M A D E., 1986.** Honey bee mites, bibliography, *FAO*,68/2,59.
- FAO., 2015.** Food and Agriculture Organization. En France : Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture.
- FETTAL N., KHENFER A., 1997.** Les produits de la ruche. pp : 1-22.
- FINOLA S., ROBINSON G E., MARIOLI J M., 2007.** Microbiological and chemical characterisation of honeys from central Argentina. *Food Chem*, 100 : 1649-1653
- FREE J B., 1987.** Les phéromones de l'abeille sociale. Springer Netherlands. Ed Chapman and Hall. ISBN 978-0-412-24740-8
- FRONTY A., 1980.** L'apiculture aujourd'hui. Neuilly su seine. Ed Rustica. 222 p. ISBN 9782205017564
- GAGNON FRANÇOIS., 1987.** Apiculture pratique. Ed. LARANAISSANE, Paris, 125p
- GHARBI M., 2011.** Les produits de la ruche : origines, fonctions naturelles, composition, propriétés thérapeutiques, apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire. Thèse de Doctorat vétérinaire. Université Claude-Bernard-Lyon I. 247p.
- GONNET M., 1982.** Le miel : composition, propriétés, conservation. Station expérimentale d'apiculture, 18p.
- GONNET M., 1986.** L'analyse des miels, description de quelques méthodes de contrôle et l'évaluation de la qualité des miels, *Bull Tech Apic*. Vol .462, n°4, pp : 172.
- GONNET M., 1991.** Vieillessement des miels, que faut-il contrôler ?. *Revue française d'apiculture*, n°505. Paris. Pp : 111-112.

**GONNET M., VACHE G., 1984.** Le gout du miel : analyse sensorielle et les applications diverses d'une méthode d'évaluation de la qualité des miels. Ed UNAF. Paris. 146p.

**GUERRIAT H., 1996.** Mieux comprendre le concept de « race » Application à l'abeille noire (suite). *Mellifica*, 2008, n°84, 6-7.

**HANIFI S., 2013.** Contrôle de la qualité des miels locaux ; isolement des bifidobactéries à partir du tube digestif de l'abeille et l'étude de leurs aptitudes technologiques (pH et croissance) dans le lait écrémé seul et le lait enrichi par le miel. Mémoire de Master, sciences alimentaires, USDB, 132 p.

**HOYET ., 2005.** Le miel : de la source à la thérapeutique. Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Université HENRI POINCARÉ, NANCY, 47p.

**H STROCH., 1983.** Au trou de vol, 2<sup>ème</sup> Edition: Européennes apicole. Paris. 69 pages.

**HUCHET E., COUSTEL J., GUINAT L., 1996.** Les constituants chimiques de miel. Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires, Paris, 3-5p.

**HUCHET E., COUSTEL J., GUINOT L., 1996.** Les constituants chimiques du miel. Méthode d'analyse chimique. Département de science et l'aliment. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. France. 16p. Disponible en ligne : [http://www.apiservices.biz/fr/articles/326-les-constituants-chimiques-du-miel\(1996\).htm](http://www.apiservices.biz/fr/articles/326-les-constituants-chimiques-du-miel(1996).htm)

**HUSSEIN M H., 2001.** L'apiculture en Afrique (les pays du nord, de l'est, du nord et du l'ouest du continent). Plant Protection Dept, Faculty of Agriculture, Assiut University, EGYPT. *Apiacta*. 1,p:34-48.

**IRLANDE D., 2010.** Le miel et ses propriétés thérapeutiques. 7p.

**JAMES L., GOULD., CAROL GRANT GOULD., 1993.** Les abeilles: comportement, communication et capacités sensorielles. Traduits par PIERRE BERTRAND. Ed, science diffusion belin. 273P.

**JAMES O O., MESUBI M A., USMAN L A., YEYE S O., AJANAKU K O., OGUNNIRAN K O., AJANI O., SIYANBOLA T O., 2009.** Physical characterization of some honey samples from North-Central Nigeria. *International Journal of Physical Sciences*, vol.4, Septembre, p.p.464-470.

**JEAN MARIE PHILIPPE., 2007.** Le guide de l'apiculteur. Editeur : Edisud. Edition de la lesse. France. 316p.

**JEANNE F., 2004.** Le miel de miellat, origine, nature et composition. Bulletin technique apicole. Vol 31, n°2. Pp : 87-92.

**JEANNE F., 1993.** Le miel, définition, origines, composition et propriétés. *Bul Tech. Apic (OPIDA)*. Pp: 147.

**KHEDDAM M., ADANE N., 1996.** Contribution à l'étude phytoécologique des mauvaises herbes des cultures pérennes de la Mitidja. Aspect floristique. I.N.A. El-Harrach. Pp : 27-42.

**KUÇUK M., KOLAYLI S., KARAOLU S., ULUSOY E., BALTACI C., CANDAN F., 2007.** Biological activities and chemical composition of three honeys of different types of Anatolia. *Food Chemistry*. Vol.100, p.p.526-534.

**LA CATOIRE FANTASQUE 2017.** <http://catoire-fantasque.be/cycle-de-developpement-abeille/29/4/2016>. Consulté le 04/06/2017. Consulté le 18/06/2017.

- LE CONTE Y., 2002.** Le traite rustika de l'apiculture. Ed. Rustika, Paris. 88-92 p
- LE CONTE Y., 2002.** Mieux connaitre l'abeille. In Le traité rustica de l'apiculture. Paris, Rustica. Pp : 2-51.
- LEQUET L., 2010.** Du nectar à un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur. Thèse de Doctorat vétérinaire. Université Claude Bernard. Lyon 1. 194p.
- LOBREAU-CALLEN D., CLÉMENT M.C., MARMION V., 1999.** Les miels. Ed. Techniques de l'ingénieur, traité Agroalimentaire, 10-20p.
- LOUVEAUX J., ABED L., 1984.** Les miels d'Afrique du nord et leur spectre pollinique, Apidologie , 145-170.
- LOUVEAUX J., 1968.** Composition, propriété et technologie du miel. Les produits de la ruche, in Traité de biologie de l'abeille. Tome 03. Ed Masson et Cie. 389p.
- LOUVEAUX J., 1985.** Le miel. Cah Nutr Diét. N°20, 57-70.
- LOUVEAUX J., 1980.** L'abeille et leur élevage. Hachette. Ed. Opida. Paris. 215p.
- LOUVEAUX J., 1994.** Le guide de l'apiculteur, Anatomie de l'abeille. Bulletin technique. A. 5(2)31,36. Fiche technique 11 8 031(54). Station de recherche sur l'abeille et les insectes sociaux. ISSN 0335-3710.
- LUIS F., JORGE A., SANTIAGO S., SAURI-DUCH E., 2007.** A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey. Food chemistry, vol.103,p.p.1032-1043.
- MAKHLOUFI C., KERKVLIT D., RICCIARDELLI D'ALBORE G., CHOUKRI A., SAMAR R., 2010.** Characterization of Algerian honeys by palynological and physic-chemical methods. Apidologie 41:509-521.
- MAKHLOUFI CHAHRA., 2011.** Melissopalynologie et étude des éléments bioactifs des miels algériens, thèse de doctorat, l'INSA, El-Harrach, 127 pages.
- MARCEAU J., NOREAU J., HOULE E., 1994.** Les HMF et la qualité du miel. Fédération des Apiculteurs du Québec. Service de zootechnie, MAPAQ. V, 15, n°2. Pp :1-4.
- MARCHENEY P., BERARD L., 2007.** L'homme, l'abeille et le miel. Ed. De Borée, Romagnant, 224p.
- MARCHENAY P., LAURENCE B., 2007.** L'homme, l'abeille et le miel. Ed De Borée.149p.
- MARGHITAS L., DEZMIREAN D., ADELA M., OTILIA B., LASLO L., BOGDANOV S., 2009.** Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. Food Chemistry, vol.112, Jun, p.p.863-867.
- MARINI M J., MAGRI A L., BALESTRIERI F., FABRETTI F., MARINI D., 2004.** Supervised patternRecongnition applied to the discrimination of the floral origin of six types of Italian honey samples. Analytica Chimica Acta, vol.515, mars, p.p.117-125.
- MARTIN G., 2009.** Influence d'un supplément alimentaire sur le développement des colonies d'abeilles domestiques (*Apis mellifera*, Linnaeus 1758) au Québec. Thèse de Doctorat. Université de Montréal, Faculté de médecine vétérinaire, Département des sciences cliniques. 138p.

- MBOGNING E., TCHOUMBOUE J., DAMESSE F., SANOU SOBZE M., CANINI A., 2011.** Caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone Soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun. *Tropicultura*, Vol.29, n.3, p.p.168.
- MEDORI P., COLIN ME., 1982.** Les abeilles Comment les choisir et les protéger de leurs ennemis. Paris : J.B. Baillière, 131p.
- MEGHERBI M., (2006).** Analyse des polysaccharides dans les miels en vue du contrôle de leur qualité [poster en ligne] Adresse URL: <http://www.sca.cnrs.fr/sca/rub/recherche/posters/megherbi%20.pdf>
- MEKIOUS S., 2006.** Contribution à l'étude de la flore mellifère dans la région de la Mitidja. Mémoire de Magister, science agronomiques. USDB. 97p.
- MEKIOUS S., 2016.** Etude de la végétation mellifère et caractérisation physico-chimiques et melliso-palynologiques des miels de la région de Djelfa. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. USDB. 106p.
- MOHAMMED LAID BERKANI., 2008.** Etude des paramètres de développement de l'apiculture Algérienne. Thèse de doctorat d'Etat en Science Agronomiques. INA Alger , 251 page.
- MOKEDDEM T., 1998.** Contribution à l'analyse physicochimique et pollinique du miel d'oranger, région de Mitidja. Mémoire d'ingénieur en agronomie. Département de biotechnologie. Université de Blida-1-.
- MOLLET E., 2010.** La lettre de développement apicole en Aquitaine. Association de développement de l'apiculture en Aquitaine, 15p.
- MUTIN G., 1977.** La Mitidja, de colonisation des espaces géographiques. Ed OPU Alger. 607 p.
- NAIR SAMIRA., 2014.** Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels Algériens. Thèse de Doctorat. Université d'Oran, 235p.
- NANDA V., SARKAR B.C., SHARMA H.K., BAWA A.S., 2003.** Physicochemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, vol.16, p.p.613-619.
- PARTIOT E., 1981.** Les sources de nectar aux Etats-Unis. *Gazette apicole*, 878. Pp : 125-134.
- PATERSON PETER D., 2006.** L'apiculture. Edition Cemagref. CIRAD, Ifremer. INRA. France. 163p.
- PAXTON R J., 2005.** Male mating behavior and mating systems of bees: An overview. *Apidologie* 36, 145-156.
- PROST F., 1987.** Le miel; composition, propriétés, conservation. INRA station expérimentale d'apiculture. p-p. 1-18.
- PROST J P., LE CONTE Y., 2005.** Apiculture : connaître l'abeille, conduire le rucher. 7<sup>ème</sup> édition. Ed, Lavoisier, Tec & Doc. Paris. 698p.
- PROST J P., 1979.** Apiculture connaître l'abeille-conduire le rucher .5<sup>ème</sup> édition. Ed. J-B Baillière, Paris, 270p.
- PROST J P., 1987.** Apiculture. p.p : 5-144.

- PHARM-DELEGUE M H., 1999.** Connaitre et découvrir les abeilles. Ed, Minerva. Genève.201p.
- PHILIPPE J M., 1994.** Le guide de l'apiculture. 388p.
- PHILLIPE J M., 2007.** Le guide de l'apiculture. Ed. Edi sud, Aix de prononce, 290p.
- PUDLOWSKI G., ROUGEMENT M., 2002.** Les trésors gourment de la France. Ed la renaissance du livre. 177p.
- RACCAUD J., SCHOELLER E., 1980.** Les insectes, physiologie, développement. Editions Masson, 294 p.
- RAVAZZI G., 2003.** Abeille et apiculture. Ed, De Vecchi. Paris. 155p.
- REY M., 2012.** La disparition des abeilles (Colony Collapsus Disorder) Etatdes lieux, analyse des causes et des conséquences. Des abeilles et des hommes, une lune de miel en péril. Thèse de doctorat en pharmacie. Université Victor Segalen – Bordeaux 2.
- RICCIARDELLI D'ALBORE G., 1998.** Méditerranéen melissopalynology , Instituto di Entomologia, Università degli studi, Perugia, Italy.
- RICHARD D., 2013.** La bible de l'apiculture : abeilles, miels et autres produits. Ed. Delanchaux et Niestlé, Paris, 300p.
- SANCHO MT., MUNIATEGU S., HUIDOBRO JF., SIMAL J., 1991.** Correlation between the electrical conductivity of honey in humid and in dry matter. Apidologie, vol.22, pp.221-227.
- SANZ M L., GONZALEZ M., DE LORENZO C., SANZ J., MARTINEZ CASTRO I., 2004.** Carbohydrate composition and physico-chemical properties of artisanal honeys from madrid (Spain): occurrence of *Echium sp honey* . journal of the science food and agriculture. V, 84. Pp: 1577-1584.
- SCHWEITZER P ., 2004.** La cristallisation des miels. L'abeille de France, n°901 :149-157.
- SCHWEITZER P., 2005.** Encore des miels hors normes. Laboratoire d'analyses et d'écologieapicole : <http://www.apiservices.com/abeilledefrance/articles/miels.hors.normes.htm>. Consulté le 15/05/2017.
- SCHWEITZER P., 2010.** Analyse des miels. Laboratoire d'analyse de CETAM Lorraine. France. 24 juillet 2010. Pp : 17-19.
- SERRANO S., VILLAREJO M., ESPEJO R., JODRAL M.L., 2007.** Diastase and invertase activities in Andalusian honeys. International journal of Food Science and Technology. Vol 50, p.p.76-79.
- SGALTIC., 2016.** Le monde merveilleux des abeilles, un jardin pour les abeilles, le rucher du soir. Belgique. En ligne : <http://blog.lesoir.be/lerucherdusoir/categorie/lemondemerveilleuxdesabeilles> \_ Consulté le : 12/09/2017.
- SPÜRGIN A., 2008.** Guide de l'abeille. Edition Delachaux et Niestlé. Paris. 126p.
- STÖCKELI H., BIERI K., BUCHER S., BOGDANOV S., 1997.** Le miel suisse contrôlé de qualité. Revue Suisse d'apiculture, vol.94, n°10, p.p.364-368.
- STROCH H., 1983.** Au trou de vol, manuelle d'observation. Editions européennes apicoles, 69p.

- TADJOURI BADEA., 2013.** Etude comparative de la qualité physicochimique, sensorielle et pollinique de quelques miels locaux et importés. Mémoire de Master en agronomie, USDB. 69p.
- TERRAB A., DIEZ M J., HEREDIA F J., 2003.** Palynological, physic-chemical and color characterization of Moroccan honeys: i, River red gum (*eucalyptus camaldulensis dehn*) honey. International journal of food science and technology. 38: 379-386.
- TOULLEC A N K., 2008.** Abeille noire (*Apis mellifera mellifera*), historique et sauvegarde. Thèse de Doctorat vétérinaire. Faculté de médecine de Créteil. 162 p. Citée par (AYME, 2014).
- VON FRICH K., 1977.** The discovery of learning capacities in bees.
- WARING A., CLAIRE., 2012.** Abeilles tout savoir sur l'apiculture. Ed. Losange, Chamalieres, 107 p.
- WEISS KARL., 1985.** L'apiculture de week-end. Ed. Européennes Apicole, Bruxelles, 174p.
- WHITE J W., 1979.** Spectrophotometric method for hydroxymethylfurfural in honey. Journal of the association of official chemists. 62: 509-514.
- WILLIAMS I., PICKETT J., MARTIN A., 1982.** Nasanov pheromone of the honey bees *Apimellifera intermissa* (Hymenoptera, Apidae). Journal of chemical ecology; 8. 567-574p.
- WINSTON M L., 1993.** La biologie de l'abeille. Edition Frison-Roche. Paris. 276p.
- WINSTON M L., PUNNET E N., 1982.** Factors determining temporal division of labor in honey bees. Can. J. Zool; 60: 2947-2952.
- WOTERSKI T W., 1985.** Guide de l'excursion international de phytosociologie. Algérie du Nord. Association internationale d'étude végétale. E.N.S.A. El-Harrach, 274p.
- YAICHE ACHOUR H., KHALI M., 2014.** Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques. Afrique SCIENCE. Vol, 10. N°2. PP: 127 – 136. ISSN 1813-548X. <http://www.afriquescience.info>.
- YVES DONADIEU., 1981.** Les produits de la ruche , 3<sup>ème</sup> édition ,collection "Les thérapeutiques naturelles" Maloine Edition. Paris, 12 page.
- ZAPALA M., FALLICO B., ARENA E., VERZERA A., 2005.** Methods for the determination of HMF in honey : a comparison. Food Control. Vol.16, n°3.pp: 273-277.
- ZEKRI BENLAMEUR Z., 2013.** Contribution à l'étude de l'homogénéité de l'abeille locale *Apis mellifera intermissa* en Mitidja. Thèse de Doctorat. Sciences agronomiques. E.N.S.A. El-Harrach. 64p.
- ZINEDINE B., HABIB G., 1997.** 35<sup>th</sup> Inter.Apic. Cong.of Apimondia, Antwe rp, 1997, 549p.
- ZITOUNI G., 2014.** Zones mellifères d'Algérie : la Mitidja. Institut technique des elevages. [www.ITELV.AbeilleItelv1.pdf.dz](http://www.ITELV.AbeilleItelv1.pdf.dz) .
- [www.historique-méteo.net](http://www.historique-méteo.net) Consulté le : 23/09/2017.

## Annexes

### 1. les résultats des analyses statistiques

#### 1. 1. Les résultats des analyses de la conductibilité électrique

Echantillon	1 <sup>ère</sup> répétition	2 <sup>ème</sup> répétition	La moyenne $\pm$ L'écart type
MBO	0,3100	0,3200	0,31 $\pm$ 0
MSO	0,3300	0,3200	0,32 $\pm$ 0,007
MZA	0,3800	0,4000	0,39 $\pm$ 0,007
MTT	0,3000	0,3000	0,30 $\pm$ 0
MMA	0,4600	0,4500	0,45 $\pm$ 0
MCT	0,3200	0,3000	0,31 $\pm$ 0,007
MAA	0,2800	0,2600	0,27 $\pm$ 0,007
MOT	0,5500	0,5400	0,54 $\pm$ 0
MOM	0,5600	0,5900	0,57 $\pm$ 0,014
MBT	0,4500	0,4400	0,44 $\pm$ 0

Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Description (Fisher (LSD))							
Modalité	Moyenne estimée	Groupes					
MAA	0,2700	A					
MTT	0,3000		B				
MCT	0,3100		B				
MBO	0,3150		B				
MSO	0,3250		B				
MZA	0,3900			C			
MBT	0,4450				D		
MMA	0,4550				D		
MOT	0,5450					E	
MOM	0,5750						F

#### 1.2. Les résultats des analyses de pH

Echantillon	1 <sup>ère</sup> répétition	2 <sup>ème</sup> répétition	La moyenne $\pm$ L'écart type
MBO	3,84	3,53	3,68 $\pm$ 0.21
MSO	3,88	3,62	3,75 $\pm$ 0.18
MZA	3,85	3,58	3,71 $\pm$ 0.19
MTT	3,79	3,59	3,69 $\pm$ 0.14
MMA	4,81	4,36	4,58 $\pm$ 0.31
MCT	3,6	3,55	3,57 $\pm$ 0.03
MAA	3,5	3,57	3,53 $\pm$ 0.04
MOT	4,7	5,3	5 $\pm$ 0.42
MOM	3,88	3,83	3,85 $\pm$ 0.03
MBT	3,8	3	3,4 $\pm$ 0.56

<b>Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Description (Fisher (LSD))</b>						
<b>Modalité</b>	<b>Moyenne estimée</b>	<b>Groupes</b>				
<b>MBT</b>	3,4000	A				
<b>MAA</b>	3,5350	A				
<b>MCT</b>	3,5750	A				
<b>MBO</b>	3,6850	A				
<b>MTT</b>	3,6900	A				
<b>MZA</b>	3,7150	A				
<b>MSO</b>	3,7500	A				
<b>MOM</b>	3,8550	A				
<b>MMA</b>	4,5850		B			
<b>MOT</b>	5,0000		B			

### 1.3. Les résultats des analyses de l'acidité libre

<b>Echantillon</b>	<b>1<sup>ère</sup> répétition</b>	<b>2<sup>ème</sup> répétition</b>	<b>La moyenne ± L'écart type</b>
<b>MBO</b>	27	42	34.5 ± 10.60
<b>MSO</b>	36	35	35.5 ± 0.70
<b>MZA</b>	38	39	38.5 ± 0.70
<b>MTT</b>	30	35	32.5 ± 3.53
<b>MMA</b>	15	22	18.5 ± 4.94
<b>MCT</b>	31	47	39 ± 11.31
<b>MAA</b>	28	45	36.5 ± 12.02
<b>MOT</b>	20	27	23.50 ± 4.94
<b>MOM</b>	35	45	40 ± 7.07
<b>MBT</b>	30	43	36.5 ± 9.19

<b>Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Description (Fisher (LSD))</b>						
<b>Modalité</b>	<b>Moyenne estimée</b>	<b>Groupes</b>				
<b>MMA</b>	18,5000	A				
<b>MOT</b>	23,5000	A	B			
<b>MTT</b>	32,5000	A	B			
<b>MBO</b>	34,5000	A	B			
<b>MSO</b>	35,5000		B			
<b>MAA</b>	36,5000		B			
<b>MBT</b>	36,5000		B			
<b>MZA</b>	38,5000		B			
<b>MCT</b>	39,0000		B			
<b>MOM</b>	40,0000		B			

#### 1.4. Les résultats des analyses de la densité

Echantillon	1 <sup>ère</sup> répétition	2 <sup>ème</sup> répétition	La moyenne ± L'écart type
MBO	1,41	1,35	1,38 ± 0.035
MSO	1,32	1,30	1,31 ± 0.012
MZA	1,35	1,34	1,34 ± 0.009
MTT	1,43	1,33	1,38 ± 0.071
MMA	1,25	1,37	1,31 ± 0.082
MCT	1,35	1,41	1,38 ± 0.041
MAA	1,44	1,42	1,43 ± 0.016
MOT	1,40	1,49	1,44 ± 0.069
MOM	1,42	1,48	1,45 ± 0.045
MBT	1,38	1,45	1,41 ± 0.054

Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Description (Fisher (LSD))						
Modalité	Moyenne estimée	Groupes				
MMA	1,3100	A				
MSO	1,3100	A				
MZA	1,3450	A	B			
MBO	1,3800	A	B			
MTT	1,3800	A	B			
MCT	1,3800	A	B			
MBT	1,4150	A	B			
MAA	1,4300		B			
MOT	1,4450		B			
MOM	1,4500		B			

#### 1.5. Les résultats des analyses des cendres

Echantillon	1 <sup>ère</sup> répétition	2 <sup>ème</sup> répétition	La moyenne ± L'écart type
MBO	0,224	0,229	0,220 ± 0.003
MSO	0,211	0,230	0,220 ± 0.013
MZA	0,214	0,226	0,215 ± 0.008
MTT	0,227	0,219	0,215 ± 0.005
MMA	0,230	0,211	0,220 ± 0.013
MCT	0,214	0,214	0,210 ± 0.0001
MAA	0,227	0,002	0,220 ± 0.158
MOT	0,211	0,225	0,215 ± 0.009
MOM	0,226	0,231	0,225 ± 0.002
MBT	0,218	0,219	0,210 ± 0.0007

Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Description (Fisher (LSD))						
Modalité	Moyenne estimée	Groupes				
MBT	0,2100	A				
MCT	0,2100	A				
MOT	0,2150	A				
MTT	0,2150	A				
MZA	0,2150	A				
MBO	0,2200	A				
MSO	0,2200	A				
MAA	0,2200	A				
MMA	0,2200	A				
MOM	0,2250	A				

### 1.6. Les résultats des analyses de HMF

Echantillon	1 <sup>ère</sup> répétition	2 <sup>ème</sup> répétition	La moyenne ± L'écart type
MBO	8,23	8,19	8,21 ± 0.02
MSO	3,89	3,85	6.37 ± 0.02
MZA	5,98	5,95	5,96 ± 0.02
MTT	6,58	6,55	6,56 ± 0.02
MMA	0	0	0,00 ± 0
MCT	8,08	8,05	8,06 ± 0.02
MAA	3,44	3,42	3,43 ± 0.01
MOT	3,74	3,76	3,75 ± 0.01
MOM	42,06	40,09	41,07 ± 1.39
MBT	3,14	3,11	3,12 ± 0.02

Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Description (Fisher (LSD))						
Modalité	Moyenne estimée	Groupes				
MMA	0,0000	A				
MBT	3,1250		B			
MAA	3,4300		B	C		
MOT	3,7500		B	C	D	
MZA	5,9650			C	D	E
MSO	6,3700				D	E
MTT	6,5650					E
MCT	8,0650					E
MBO	8,2100					E
MOM	41,0750					F

# Table des matières

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	
ملخص	
Abstract	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	

## Introduction

### Partie bibliographique

#### Chapitre I : Généralités sur l'abeille

1.1. Historique .....	2
1.2. Situation de l'apiculture en Algérie.....	3
1.2.1. La flore mellifère en Algérie.....	4
1.3. Classification des abeilles.....	5
1.4. Les habitants de la ruche.....	6
1.4.1. La reine.....	7
1.4.2. L'ouvrière .....	7
1.4.3. Le mâle (faux bourdon).....	8
1.5. Cycle de développement de l'abeille.....	8
1.6. La morphologie des abeilles.....	11
1.6.1. Anatomie externe .....	11
1.6.1.1. La tête .....	11
1.6.1.2. Le thorax .....	13
1.6.1.3. L'abdomen.....	13
1.6.2. Anatomie interne.....	13
1.6.2.1. Le système nerveux.....	13
1.6.2.2. Le système respiratoire.....	13
1.6.2.3. Le système circulatoire.....	14
1.6.2.4. Le système digestif.....	15

1.6.2.5. Appareil reproducteur.....	16
1.7. Les produits de la ruche.....	18
1.7.1. La gelée royale .....	18
1.7.2. Le pollen.....	18
1.7.3. La cire.....	19
1.7.4. La propolis.....	20
1.7.5. Le venin.....	20
<b>Chapitre II : Le miel</b>	
2.1. Définition du miel.....	21
2.2. Origine du miel.....	21
2.2.1. L'origine directe (le nectar) .....	21
2.2.1.1. La composition du nectar.....	22
2.2.1.2. Facteurs agissant sur la sécrétion nectarifère.....	22
2.2.2. L'origine indirecte (miellat) .....	23
2.2.2.1. La composition du miellat.....	24
2.2.2.2. Les miels de miellat.....	24
2.2.3. Comparaison entre miel d'origine directe et miel d'origine indirecte.....	24
2.3. Les types de miel.....	25
2.3.1. Les miels mono floraux.....	25
2.3.2. Les miels multi floraux.....	25
2.4. Formation du miel.....	25
2.5. Qualité du miel.....	26
2.6. Composition chimique du miel.....	28
2.6.1. Les éléments majeurs.....	30
2.6.1.1. L'humidité (la teneur en eau).....	30
2.6.1.2. Les sucres.....	30
2.6.2. Les éléments mineurs.....	31
2.6.2.1. L'hydroxyméthylfufural (HMF).....	31
2.6.2.2. Les minéraux.....	32
2.6.2.3. Les lipides.....	32
2.6.2.4. Les acides organiques.....	32
2.6.2.5. Les protéines.....	33

2.6.2.6. Les vitamines.....	34
2.6.2.7. Les enzymes.....	34
2.6.6.8. Les autres composants.....	34
2.7. Les différentes propriétés de miel.....	35
2.7.1. Propriétés organoleptique.....	35
2.7.1.1. La coloration.....	35
2.7.1.2. L'odeurs.....	35
2.7.1.3. Goûts.....	35
2.7.2. Propriétés physiques.....	35
2.7.2.1. La viscosité.....	35
2.7.2.2. Le poids spécifique ou la densité.....	35
2.7.3. Propriétés thermiques.....	36
2.7.3.1. La chaleur spécifique.....	36
2.7.3.2. La conductivité thermique.....	36
2.7.3.3. L'abaissement du point de congélation.....	36
2.7.4. Propriétés électriques.....	36
2.7.4.1. La conductibilité électrique.....	36
2.7.5. Propriétés optiques.....	37
2.7.5.1. L'indice de réfraction.....	37
2.7.5.2. Le degré de brix.....	38
2.7.5.3. Le pouvoir rotatoire.....	38
2.7.5.4. La turbidité.....	38
2.7.5.5. La mutarotation.....	38
2.7.6. Propriétés chimique.....	38
2.7.6.1. L'hygroscopie.....	38
2.7.6.2. L'acidité.....	39
2.7.7. Propriétés biologiques.....	39
2.7.7.1. Propriétés thérapeutiques.....	39
a) - Action anti-oxydante.....	39
b) - Action antibactérienne.....	39
c) - Action cicatrisante.....	40
d) - Action anti-inflammatoire.....	40
2.7.7.2. Propriétés nutritionnelles.....	40

2.8. Technologie du miel.....	41
2.8.1. La récolte du miel.....	41
2.8.2. La désoperculation et l'extraction du miel.....	41
2.8.3. Filtration.....	41
2.8.4. La maturation du miel.....	42
2.8.5. Conditionnement du miel.....	42
2.8.6. Pasteurisation du miel.....	43
2.8.7. Emballage et étiquetage.....	43
2.9. Principales transformations physiques et chimiques du miel.....	44
2.9.1. La cristallisation.....	44
2.9.2. La fermentation.....	45
2.10. Actions frauduleuses.....	45
2.10.1. Fraudes par adultération.....	45
2.10.2. Fraudes par non-conformité.....	46
2.10.3. Fraudes par contamination.....	46

## **Partie expérimentale**

### **Chapitre III : Matériels et méthodes**

3.1. Présentation de la région d'étude.....	47
3.1.1. Situation géographique .....	47
3.1.2. Le climat.....	47
3.1.2.1. La température.....	48
3.1.2.2. La pluviométrie.....	48
3.1.2.3. Les vents.....	48
3.1.2.4. Humidité relative.....	48
3.1.3. La flore mellifère dans la Mitidja.....	50
3.2. Matériels .....	51
3.2.1. Matériels biologique.....	51
3.2.2. Matériels non biologique.....	51
3.3. Méthodes.....	52
3.3.1. Échantillonnage.....	52
3.3.2. Analyses des miels.....	54

3.3.3. Analyse physicochimique.....	54
3.3.3.1. Mesure du degré Brix et détermination de la teneur en eau par réfractométrie.....	54
3.3.3.2. La conductibilité électrique.....	55
3.3.3.3. La mesure du pH.....	56
3.3.3.4. L'acidité libre.....	57
3.3.3.5. La densité.....	57
3.3.3.6. Les cendres.....	58
3.3.3.7. Détermination de la teneur en hydroxymethylfulfural (HMF) .....	59
3.3.3.8. Calculs statistique.....	60

#### **Chapitre IV : Résultats et discussion**

4.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	62
4.1.1. La teneur en eau.....	62
4.1.2. Le degré de Brix .....	64
4.1.3. La conductibilité électrique.....	65
4.1.4. Le pH.....	67
4.1.5. L'acidité libre.....	69
4.1.6. La densité.....	71
4.1.7. Les cendres.....	73
4.1.8. Le HMF.....	75
4.1.9. Relation entre la conductibilité électrique et la teneur en cendres.....	77

#### **Conclusion**

#### **Références bibliographiques**

#### **Tables des matières**

#### **Annexes**