

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERI de TIZI-OUZOU

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

De fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master 2 en Sciences Agronomiques

Option : Ressources Animales en Zone de Montagne

Thème



**Contribution à l'analyse
physicochimique de quelques types de
miels de la Wilaya de
Tizi-Ouzou**

Présenté par : M^{elle} BOUZID Ouzna

Devant le jury :

Président : M^r AMRANE R.

Maitre de conférences A (UMMTO)

Promotrice : M^{me} DJOUBER – TOUDERT F. Maitre assistante A(UMMTO)

Co-promotrice: M^{elle}BOUADJELA L.

*Ingénieur d'Etat de Soutien à la
Recherche (CRAPC)*

Examineurs: M^r ALILI N.

Maitre assistant A (UMMTO)

M^{elle}CHOUGAR S.

Maitre assistante A (UMMTO)

Promotion2016

Remerciements

Au premier lieu, j'exprime mes profonds remerciements au bon DIEU qui m'a donné le courage et la volonté de réaliser ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à ma promotrice

***Mme DJOUBER-TOUDERT F.** pour m'avoir encadré, pour ses précieux conseils et pour le temps qu'elle m'a consacré.*

*Je remercie ma Co-promotrice **M^{elle} BOUAJELA L.** pour le temps précieux qu'elle m'a consacré, pour sa patience et ses précieux conseils, et pour son aide.*

*Mes sincères remerciements à **M^r AMRANE R.** pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury d'évaluation.*

*Mes vifs remerciements à **M^r ALILI N.** pour m'avoir fait l'honneur d'évaluer ce travail.*

*Mes vifs remerciements à **M^{elle} CHOUGAR S.** pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.*

J'adresse mes remerciements à tous les apiculteurs qui m'ont facilité le travail, je remercie aussi le personnel des laboratoires communs 1 et 2 où nous avons effectué notre expérimentation ainsi que ceux de laboratoire de microbiologie pour leurs conseils, et leurs aides.

Je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

D'abord à mes parents pour leur soutien inébranlable et leur encouragement incessant au fil de mes années d'études, et leur confiance. Je leur dédie ce mémoire comme symbole de mon affection et de ma reconnaissance pour les sacrifices consentis. Que DIEU vous bénisse et de vous garder en bonne santé.

Je dédie ce mémoire à :

*** *Mes frères : Kamel et Hakim*

*** *Mes sœurs : Fatma, Dihia, Malha, Zineb et Hanane*

*** *Mon oncle Abdelkadir*

*** *Mes chères amies : Amal, Farida, Malika, Samia, Safia, Thanina et Yasmine*

*** *Mes amis : Karim et Moh*

Tous les étudiants d'Agronomie, et en particulière ceux de la promotion de master ressources animales en zones de montagnes 2015/2016.



μ S/cm : microsiemens/centimètre

ACP : Analyse en Composantes Principales

AFNOR : Association Française de Normalisation

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique

DNS : 3,5-dinitrosalicylate

DO : Densité optique.

DSA : Direction des Services Agricoles.

Eau: E.

F: Fructose.

FAO: Food and Agriculture Organization.

G : Glucose

HMF : Hydroxy-Méthyl-furfural.

IANOR : Institut Algérien de Normalisation.

Meq : Milliéquivalent.

mg/kg : milligramme/kilogramme.

nm : nanomètre.

Qx : quintaux.

S.R.A.B.E : Société Royale d'Apiculture de Bruxelles et ses Environs.

S/cm : Siemens/centimètre.

Tableau 1 : Identification des miels analysés	36
Tableau 2 : Valeurs de la méthode du dosage du fructose	44
Tableau 3 : Valeurs de la méthode du dosage du glucose	45
Tableau 4 : Caractéristiques des analyses physiques des miels (Moyenne \pm Ecartype) .	49
Tableau 5 : Caractéristiques générales des paramètres chimiques des miels	54
Tableau 6 : Variation des sucres totaux (degré de brix).....	59
Tableau 7 : Rapports fructose/glucose et glucose/eau des miels.....	62
Tableau 8 : Caractéristiques des trois groupes identifiés	66

Figure 1 : Jeunes larves de reine flottant dans de la gelée	3
Figure 2 : Constitution et production de la gelée royale (GHARBI, 2011).....	4
Figure 3 : Composition chimique de la gelée royale (GUILLO, 2010).....	4
Figure 4 : Composition d'un grain de pollen (GHARBI, 2011).....	6
Figure 5 : Anatomie d'un grain de pollen (AMIGOU, 2016).....	6
Figure 6 : Composition simplifiée du pollen d'abeille (NICOLAY, 2014).....	7
Figure 7 : Pollen et la trappe à pollen	7
Figure 8 : Propolis (STRANT, 2014)	9
Figure 9 : Composition chimique de la propolis (GUILLO-LEGENDRE, 2010).....	9
Figure 10 : Composition chimique de la cire (Anonyme 1)	11
Figure 11 : Composition chimique de venin (S.R.A.B.E, 2011)	12
Figure 12 : Exemple de nectaires (GHARBI, 2011).....	13
Figure 13 : Puceron, cochenille et cicadelle : producteurs de miellat (GHARBI, 2011)	13
Figure 14 : Composition moyenne d'un miel (GHARBI, 2011)	17
Figure 15 : Cadre de miel operculé (RITTER <i>et al.</i> , 2014).....	25
Figure 16 : Situation géographique des ruchers.....	34
Figure 17 : Echantillons de miel analysés	35
Figure 18 : Schéma du protocole expérimental	38
Figure 19 : pH mètre utilisé	40
Figure 20 : Conductimètre électrique utilisé.....	40
Figure 21 : Refractomètre RHB-90ATC	41
Figure 22 : Four à moufle utilisé	42
Figure 23 : Lecture de degré Brix sur le Refractomètre	43
Figure 24 : Courbe d'étalonnage du fructose.....	44
Figure 25 : Courbe d'étalonnage du glucose	46
Figure 26 : Variation de la densité en fonction des échantillons de miel	50
Figure 27 : Variations de pH des échantillons analysées.....	51
Figure 28 : Représentation graphique des valeurs de la conductivité électrique des miels analysés	53
Figure 29 : Représentation graphique des valeurs de la teneur en eau des miels	55
Figure 30 : Variations de l'acidité libre des miels étudiés.....	56
Figure 31 : Echantillon n°3 en état de fermentation	57
Figure 32 : Variations des cendres en fonctions des échantillons de miel	58
Figure 33 : Variation de la teneur en fructose	60

Figure 34 : Teneur en glucose des échantillons	61
Figure 35 : Teneur en HMF des échantillons des miels	63
Figure 36 : Classification Ascendance Hiérarchique (CAH) de miels analysés.....	65
Figure 37 : Analyse en Composante Principale (ACP) de la distribution des principaux paramètres des miels analysés	67

Sommaire

Significations des abréviations**Liste des figures****Liste des tableaux****Introduction..... 1****Première partie : Synthèse bibliographique****Chapitre I : Généralités sur les produits de la ruche**

1. Production du miel.....	2
2. Présentation des produits alimentaires apicoles.....	2
2.1. Gelée royale	3
2.1.1. Origine	3
2.1.2. Composition.....	4
2.1.3. Récolte de la gelée royale	4
2.1.4. Utilisation de la gelée royale	5
2.2. Pollen	5
2.2.1. Origine	5
2.2.2. Composition.....	6
2.2.3. Récolte du pollen	7
2.2.4. Utilisation du pollen.....	7
2.3. Propolis	8
2.3.1. Origine	8
2.3.2. Composition.....	9
2.3.3. Récolte de la propolis	9
2.3.4. Utilisation de la propolis.....	10
2.4. Cire.....	10
2.4.1. Origine	10
2.4.2. Composition.....	11
2.4.3. Récolte de la cire.....	11
2.4.4. Utilisation de la cire	11
2.5. Venin.....	11
2.5.1. Origine	11
2.5.2. Composition.....	12
2.5.3. Utilisation du venin.....	12

Chapitre II : Le miel

1. Définition du miel	13
2. Classification des miels	13
2.1. Classification du miel d'après leur origine botanique.....	13
2.1.1. Source nectar	13
2.1.2. Source miellat.....	14
2.2. Classification de miels selon le mode de récolte.....	15
3. Fabrication du miel par les abeilles	16
4. Composition du miel	17
4.1. Teneur en eau	17
4.2. Teneur en sucres (glucides).....	18
4.3. Acides.....	18
4.4. Lipides	18
4.5. Protéines et enzymes et acides aminés	19
4.6. Matières minérales	19
4.7. Vitamines	19
4.8. Hydroxy-méthyl-furfural (HMF)	19
4.9. Substances odorantes.....	20
4.10. Polluants	20
4.11. Constituants divers	20
5. Caractéristiques du miel	20
5.1. Propriétés physiques.....	20
5.1.1. Densité.....	20
5.1.2. Viscosité.....	21
5.1.3. Hygroscopicité	21
5.1.4. Conductibilité électrique	21
5.1.5. pH	21
5.1.6. Cristallisation	22
5.1.7. Coloration.....	22
5.2. Propriétés chimiques	22
5.2.1. Acidité	22
5.2.2. Indice de réfraction.....	23
5.2.3. HMF	23
5.2.4. Teneur en cendres.....	23

6. Propriétés biologiques	23
6.1. Propriétés thérapeutique	23
6.2. Propriétés nutritionnelles.....	24
7. Technologie du miel.....	24
7.1. Récolte.....	24
7.2. Désoperculation.....	25
7.3. Extraction	25
7.4. Filtration	25
7.5. Maturation	26
7.6. Conservation.....	26

Chapitre III : Réglementation relative du miel

1. Qualité du miel	27
2. Caractéristiques de la composition du miel.....	27
3. Hygiène	28
4. Emballage du miel.....	29
5. Etiquetage.....	29
5.1. Nom du produit	29
5.2. Etiquetage des récipients non destinés à la vente au détail	30
6. Généralités sur les labels et certificats	30
6.1. Qualité	30
6.2. Différents signes de qualité des produits alimentaires	30
6.3. Labels agricoles.....	30
6.4. Objectifs des labels.....	31
7. Fraudes, analyses et contrôles	32
7.1. Fraudes par adultération	32
7.2. Fraudes par non-conformité	32
7.3. Fraudes par contamination	32
8. Moyens de détection des fraudes	33

Deuxième partie : Partie expérimentale

Matériels et méthodes

1. Objectifs de l'expérimentation	34
2. Echantillon de miels	34
3. Matériels d'analyse des miels	36
4. Méthodes analytiques	38

4.1. Protocole expérimentale	38
4.2. Analyse physico-chimiques.....	39
4.2.1. Analyses physiques	39
4.2.1.1. Détermination de la densité.....	39
4.2.1.2. Détermination de pH	39
4.2.1.3. Détermination de la conductibilité électrique	40
4.2.2. Analyses chimiques.....	41
4.2.2.1. Détermination de la teneur en eau.....	41
4.2.2.2. Détermination de l'acidité libre.....	41
4.2.2.3. Détermination de la teneur en cendres	42
4.2.2.4. Hydrates de carbone	42
4.2.2.4.1. Détermination de la teneur en sucres totaux	42
4.2.2.4.2. Dosage du fructose	43
4.2.2.4.3. Dosage du glucose.....	44
4.2.2.5. Hydroxy-Méthyl-Furfural (HMF).....	46
5. Analyse statistique.....	48

Résultats et discussion

1. Description des analyses physiques	49
1.1. Densité.....	50
1.2. pH	51
1.3. Conductivité électrique.....	52
2. Description des analyses chimiques	54
2.1. Teneur en eau	55
2.2. Acidité libre.....	56
2.3. Teneur en cendre	57
2.4. Teneur en sucres totaux.....	58
2.5. Teneur en Fructose	60
2.6. Teneur en Glucose.....	61
2.7. Rapports fructose/glucose et glucose/eau	61
2.8. HMF	63
3. Résultats de l'Analyse factoriel	64
Conclusion	68

Références bibliographiques

Résumé

Introduction

L'apiculture est l'art d'élever les abeilles dans le but d'en tirer les produits dotés d'une valeur nutritionnelle et marchande. Les produits apicoles commercialisés sont le miel, la cire, le pollen, la propolis et la gelée royale.

De tous temps, le miel, cette substance précieuse, offerte par la nature est connue et utilisée par l'Homme depuis la plus haute antiquité, ce produit noble représente l'une des denrées alimentaires les plus appréciées par l'Homme, ceci grâce à ces propriétés nutritives et thérapeutiques.

Le miel est un produit naturel, pur, non modifié, possédant des propriétés favorables à la santé. L'abeille mellifère le produit à partir du nectar des fleurs, d'un peu de pollen et d'enzymes secrétés par ses glandes. Une fois élaborée il est stocké dans des alvéoles de cire, qui servira comme provision à la nourriture de la colonie.

Plus de 200 composés rentrent dans la composition du miel, les principaux sont : les hydrates de carbone, l'eau, les acides organiques, la matière azotée, les lipides, les sels minéraux, les enzymes, les vitamines, les pigments, les arômes, ... Cette composition est très complexe, elle est en fonction de la source florale utilisée par les abeilles, la période de la récolte et des conditions géo-climatiques des régions concernées (**CANINI et al. 2005**).

L'Algérie possède des capacités mellifères très abondantes et variées avec un climat favorable pour toute l'exploitation apicole. Actuellement, le miel est sujet à un certain nombre de spéculations quant à son origine et ses qualités physico-chimiques. En plus le consommateur Algérien est confronté à la cherté de ce produit et n'arrive pas à faire la différence entre un produit authentique et un autre falsifié et cela, à cause de l'absence de structures officiels qui contrôlent les qualités des produits locaux (**NAIR, 2014**).

C'est dans ce cadre, que s'inscrit notre travail qui a pour objectif principal les analyses physicochimiques de quelques types de miels de la Wilaya de Tizi-Ouzou.

A cet effet, nous allons en premier lieu présenter des données bibliographiques sur les produits de la ruche, le miel et réglementation relative du miel. En second lieu, dans la partie expérimentale on procédera à l'analyse physico-chimique de nos miels. Les résultats obtenus seront discutés et interprétés et nous terminerons par une conclusion.

*Synthèse
bibliographique*

Chapitre I
Généralités sur les produits
de la ruche

L'apiculture est un art autant qu'une science d'élevage et des soins à donner aux abeilles en vue d'obtenir de leur travail dirigé, le miel, la cire, le pollen et la gelée royale. Elle permet aussi de développer la production de l'arboriculture fruitière par la pollinisation des fleurs.

1. Production du miel

1.1. Dans le monde

Selon les statistiques publiées par la FAO en 2015, la production mondiale annuelle de miel est à l'ordre de 1,1 million de tonnes. Elle peut fluctuer sensiblement d'une année à l'autre et les données recueillies sont inégalement fiables suivant les pays, la Chine est le 1^{ère} pays producteur de miel (217 000 tonnes), viennent ensuite les Etats-Unis (87 000 tonnes), le Mexique (56 000 tonnes), la Russie (48 000 tonnes), le Canada (32 000 tonnes), la France (32 000 tonnes), la Hongrie (14 000 tonnes) et l'Italie (10 000 tonnes).

1.2. En Algérie

L'élevage des abeilles constitue une activité ancestrale pratiquée traditionnellement depuis très longtemps par la population rurale, en assurant ainsi leur besoin d'autoconsommation en miel.

Le nombre de ruches en Algérie est estimé à 464282 ruches, alors que le nombre des ruches traditionnelles serait de l'ordre de 100704 ruches (FAO, 2015).

1.3. Dans la wilaya de Tizi-Ouzou

L'activité apicole dans la wilaya de Tizi-Ouzou ces 15 dernières années a enregistré un essor, où le nombre des ruches pleines est passé de 55 000 unités en 2000 à 104 370 unités en 2015. La production de miel est passée de 190qx en 2000 à 2 980qx durant la campagne agricole 2014/2015, soit une augmentation de 1568%. Quatre communes de la wilaya sont classées comme meilleures productrices de miel, il s'agit d'Azazga (179,4qx), d'Illoula (133,15qx), de Mekla (120qx) et Sidi Naamane (105qx) (DSA, 2015).

2. Présentation des produits alimentaires apicoles

Outre son rôle fondamental dans la reproduction sexuée des plantes mellitophiles *via* la pollinisation et donc dans la biodiversité, l'abeille produit de nombreuses substances. La plupart d'entre elles se consomment en tant que complément alimentaire, thérapeutique, diététique ou comme simple denrée

alimentaire. Ainsi, le miel, le pollen, la gelée royale, la propolis et la cire produits par *Apis mellifera* sont récoltés avec soin par l'apiculteur afin de préserver leurs qualités gustatives et thérapeutiques (AMIGOU, 2016).

2.1. Gelée royale

La gelée royale est la substance la plus élaborée de la ruche. Comme son nom l'indique, elle est, entre autre, destinée à l'alimentation des reines (Figure 1). Fabriquée en très faible quantité par la colonie, elle demande un savoir-faire particulier à l'apiculteur pour la recueillir. Il s'agit d'une sécrétion crémeuse, blanchâtre à jaunâtre, à l'odeur discrètement piquante et au goût acide dû à son pH avoisinant 3-4. Elle est consommée comme complément alimentaire mais est également utilisée en cosmétique et dans l'industrie pharmaceutique (AMIGOU, 2016).



Figure 1 : Jeunes larves de reine flottant dans de la gelée.

2.1.1. Origine

La gelée royale est sécrétée par les glandes hyopharyngiennes et mandibulaires des jeunes abeilles nourrices, au stade où ces glandes sont les plus développées. Elle est fabriquée à partir des protéines et des nutriments du pollen qu'elles ont ingérés (GHARBI, 2011 ; NICOLAY, 2014).

La gelée royale est constituée de 2 phases : la blanche et la claire (Figure 2). La gelée royale destinée aux larves de futures reines est différente de celle destinée aux larves d'ouvrières ou de mâles. Les larves de futures reines sont celles recevant le plus de phase blanche. Ensuite, la proportion de phase blanche diminue légèrement pour les larves royales et fortement pour les autres (GHARBI, 2011).

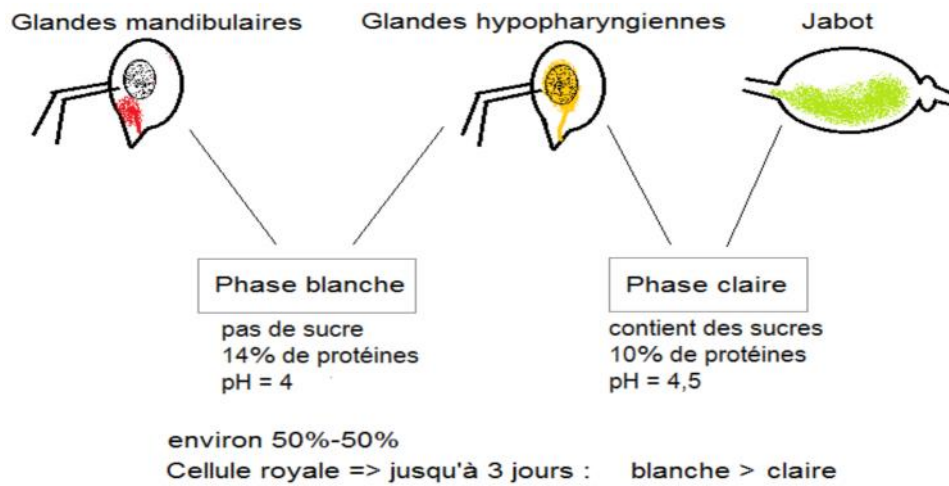


Figure 2 : Constitution et production de la gelée royale (GHARBI, 2011).

2.1.2. Composition

La gelée royale est en quelque sorte du pollen digéré, sa composition est donc proche de celle du pollen. D'après les données de **GUILLO-LEGENDRE (2010)** la gelée royale est composée en moyenne de 66% d'eau, 15% de glucides, 13% de protides, 5% de lipides et 2% divers (Figure 3).

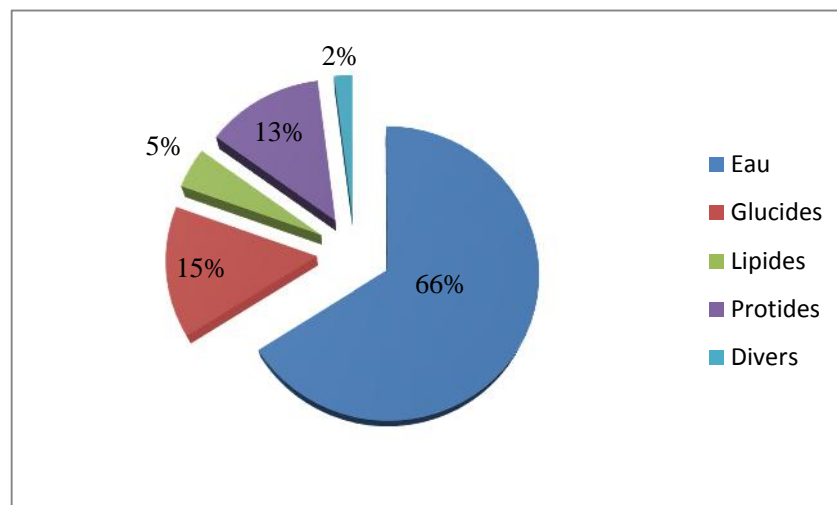


Figure 3 : Composition chimique de la gelée royale (GUILLO-LEGENDRE, 2010).

2.1.3. Récolte de la gelée royale

Seules les cellules royales contiennent une quantité suffisamment importante pour permettre la récolte de gelée royale. Il est donc intéressant d'avoir plusieurs cellules royales dans la ruche pour avoir une récolte intéressante.

La seule manière d'obtenir un nombre important de cellule royale est d'enlever la reine de la ruche et d'offrir aux abeilles des jeunes larves dans des cadres spéciaux pour inciter l'élevage royal (NICOLAY, 2014)

Lorsque ces cellules ont environ 2,5 jours, elles sont retirées de la ruche. Les larves sont retirées des cellules et la gelée royale peut être récoltée. Pour ce faire, une spatule ou une pompe à vide peuvent être utilisées pour aspirer la gelée. Dans les grosses exploitations, les cellules sont centrifugées. La gelée est ensuite filtrée pour retirer les larves.

Dès sa récolte, la gelée royale doit être conservée à des températures comprises entre 1 et 5°C dans des pots aseptiques en verre et à l'abri de la lumière. Dans ces conditions, la gelée royale peut être conservée pendant 1 an

2.1.4. Utilisation de la gelée royale

La gelée royale augmente la concentration mentale et donne de bons résultats dans les phénomènes de démence, elle stimule la formation osseuse et la minéralisation de la matrice osseuse et elle est utile dans les cas d'ostéopénie, d'ostéoporose et de fractures.

La gelée royale est un bon complément alimentaire pour les femmes ménopausées et elle favorise l'apparition et le maintien de la grossesse chez les femmes confrontées à l'infertilité. C'est un cardiotonique puissant, avec des effets bénéfiques sur le muscle du cœur et les vaisseaux sanguins, elle est particulièrement efficace dans l'amélioration de la résistance aux efforts. La gelée royale a été utilisée aussi avec succès dans les traitements cosmétiques (**STRANT, 2014**).

2.2. Pollen

Comme son étymologie grecque (*palé* qui signifie farine, poussière), le pollen se présente sous la forme d'une fine poussière dont la couleur varie selon la plante d'origine, blanchâtre, jaune, verte, rouge ou marron (**AMIGOU, 2016**).

Le pollen, petits éléments sphérique ou ovoïdes de tailles oscillant entre 20 et 40 microns sont contenus dans les sacs polliniques des anthères de la fleur. Il sert à féconder la partie femelle de la fleur (**BLANC, 2010**).

2.2.1. Origine

L'appareil sexuel de la fleur comprend une ou plusieurs étamines, où se trouvent les grains de pollen (Figure 4). Les grains de pollen représentent les gamètes mâles. Leur formation commence dans les cellules mères des anthères. L'anthère s'ouvre lorsque les grains de pollen sont mûrs (**ADAM, 2011**).

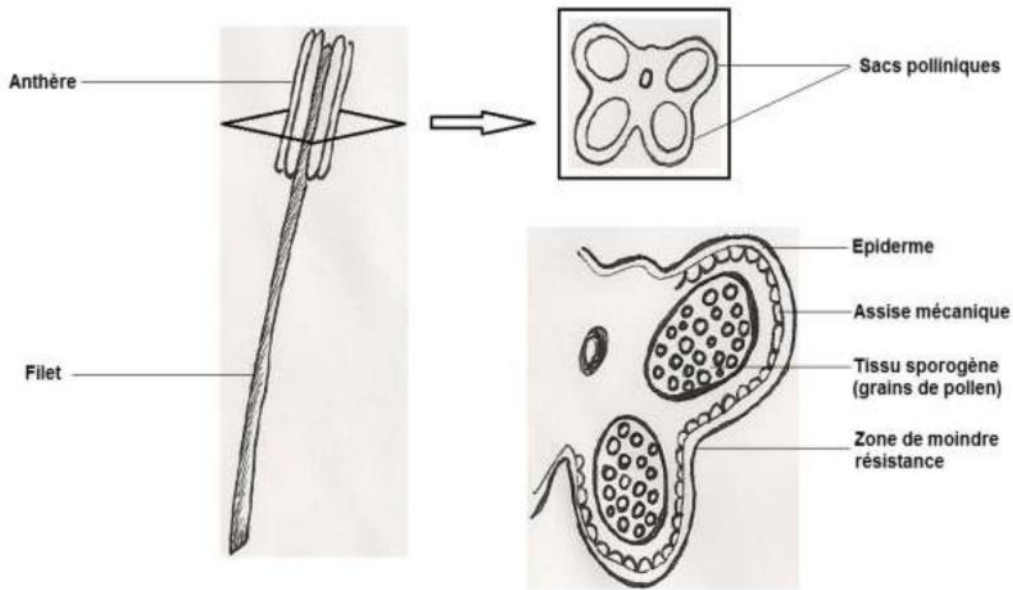


Figure 4 : Composition d'un grain de pollen (GHARBI, 2011).

Les grains de pollen sont constitués de deux noyaux (un noyau végétatif et un noyau reproducteur) baignant dans du cytoplasme enveloppé d'une membrane (Figure 5). Cette membrane se différencie en deux couches : l'intine, de nature pecto-cellulosique et l'exine, enveloppe souvent ornée d'aspérités et formée majoritairement de sporopollénine, lipide qui lui confère sa résistance. Cette structure anatomique est commune aux grains de pollen de toutes les espèces et ce malgré des différences morphologiques spécifiques (GHARBI, 2011 ; ADAM, 2011).

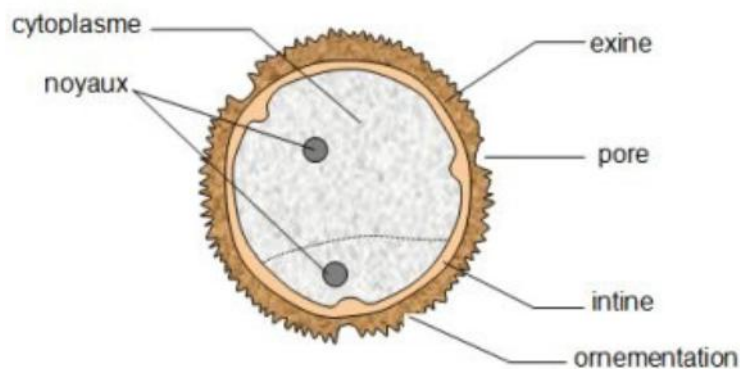


Figure 5 : Anatomie d'un grain de pollen (AMIGOU, 2016).

2.2.2. Composition

La composition du pollen varie fortement en fonction de l'origine florale. Cette diversité est recherchée par les abeilles pour assurer un équilibre dans leur alimentation.

Après l'observation de plusieurs études **NICOLAY (2014)** a pu synthétiser la composition du pollen par le graphique suivant (Figure 6).

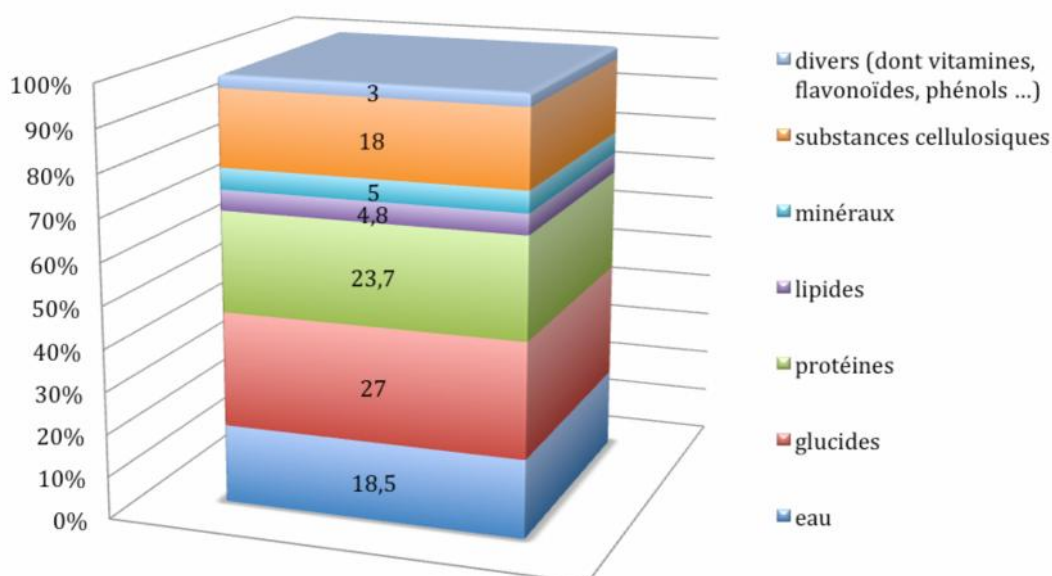


Figure 6 : Composition simplifiée du pollen d'abeille (**NICOLAY, 2014**).

2.2.3. Récolte du pollen

Les pelotes de pollen sont des agglomérats de grains de pollens butinés que les abeilles transportent entre leurs pattes arrières jusqu'à la ruche. A l'aide de trappes placées à l'entrée de la ruche, ne laissant passer que le corps des abeilles (Figure 7), les apiculteurs prélèvent les pollens qui sont ensuite séchés et triés.

Les trappes à pollen ne peuvent être placées sur les ruches que pour une courte période, car il est essentiel que la colonie puisse apporter un volume suffisant de pollen pour le développement des abeilles (**NICOLA, 2010**).



Figure 7 : Pollen et la trappe à pollen.

2.2.4. Utilisation du pollen

Seule source de protéines des abeilles, le pollen est consommé sous forme de pain d'abeille par les larves d'ouvrières et les mâles ainsi que par les jeunes abeilles. Il est indispensable à la survie de la colonie puisqu'il est nécessaire au bon fonctionnement des glandes hyopharyngiennes fabriquant de la gelée royale (**BRUNEAU, 2011**).

Le pollen est un antiallergique, un antibactérien et un anti-inflammatoire. Il améliore la fonction thyroïdienne (contient des acides aminés nécessaires à la synthèse des hormones thyroïdiennes), protège des effets négatifs de la chimiothérapie et de la radiothérapie, régule le poids corporel, baisse le cholestérol et les triglycérides, aide à l'alimentation des muscles et du foie ; c'est un cardio-protecteur, il restaure la flore bactérienne utile et régule la digestion, équilibre le système nerveux, améliore la structure de la peau, stimule et accélère la croissance ; c'est un antioxydant. Il prévient le risque de cancer du côlon, du sein et de la prostate; c'est un immunostimulant et un énergisant; il a une action tonico-vasculaire; il améliore la fonction de la prostate et combat l'anémie (**GIRARD, 2005; STRANT, 2014**).

2.3. Propolis

D'après DONADIEU(2008), la propolis désigne toute une série de substances résineuses, gommeuses et balsamiques, de consistance visqueuse, recueillies par les abeilles sur certaines parties de végétaux (essentiellement les bourgeons et les écorces de certains), substances qu'elles rapportent à la ruche et qu'elles modifient vraisemblablement en partie par l'apport de certaines de leurs propres sécrétions (cire et sécrétions salivaires principalement).

Selon **PROST (2005)**, la propolis est une substance essentielle à la vie de la ruche que les abeilles utilisent pour tapisser l'intérieur de leur nid afin de le renforcer et de le calorifuger.

2.3.1. Origine

La propolis est formée à partir d'une résine que les abeilles prélèvent sur les bourgeons et l'écorce de certains arbres comme le peuplier mais également le bouleau, le chêne, l'orme, l'aulne, le pin, le sapin et le marronnier (**GHARBI, 2011 ; ADAM, 2011**).

La butineuse la détecte grâce à ses antennes puis détache à l'aide de ses mandibules : elle décolle les fragments de résine puis elle redresse la tête et recule afin d'étirer la substance jusqu'à ce qu'elle devienne un mince filament et qu'elle rompt (RAVAZZI, 2003 ; DONADIEU, 2008). Elle emmagasine alors les gouttelettes formées dans ses corbeilles pour les ramener à la ruche (BRUNEAU, 2011). La propolis étant une substance très visqueuse (Figure 8), sa récolte ainsi que son extraction des corbeilles sont lentes et difficiles lors du retour à la ruche (RAVAZZI, 2003).



Figure 8 : Propolis (STRANT, 2014).

2.3.2. Composition

La propolis recueillie dans la ruche est constitué globalement de : 55% de résines et baumes, 30% d'huiles essentielles, 7% de cire, 5% de pollen et 3% matières divers comme est mentionné dans la figure suivante :

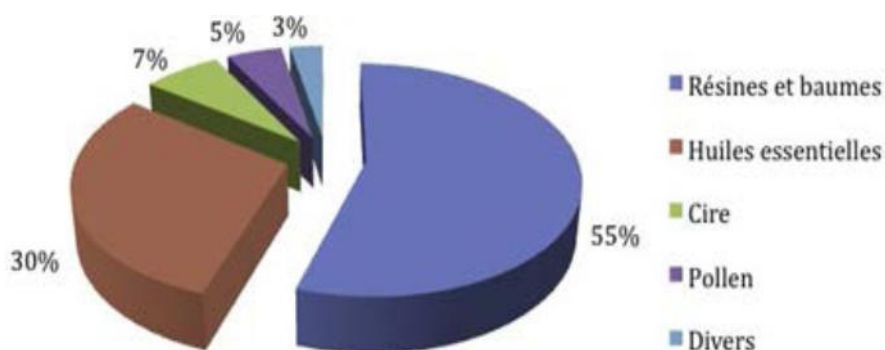


Figure 9 : Composition chimique de la propolis (GUILLO-LEGENDRE, 2010).

2.3.3. Récolte de la propolis

La propolis garnit les cadres et les parois de la ruche. Il est possible d'effectuer un raclage et un grattage de ces parties mais la propolis obtenue contient alors de nombreuses impuretés (cire, bois, fragments d'abeilles, sable...) ce qui rend sa qualité médiocre.

Une méthode permet d'obtenir une propolis de très bonne qualité. Il suffit de placer une grille en métal ou en plastique sur la dernière hausse. La propolis servant à boucher les interstices du nid va être produite et déposée par les ouvrières entre les mailles de la grille. Une fois recouverte, la grille doit être placée au congélateur. La propolis devient cassante et se détache facilement (**PROST, 2005 ; DONADIEU, 2008**).

2.3.4. Utilisation de la propolis

Comme son étymologie grecque l'indique (« *pro* », devant et « *polis* », cité), la propolis contribue à la protection de la ruche.

L'abeille en tapissant l'intérieur de la ruche avec un mélange de cire et de propolis consolide les bâtisses de cire. Elle l'utilise également pour colmater les trous et les fissures afin d'obtenir une bonne isolation thermique. La propolis sert donc de ciment et de mastic.

Grace à ses propriétés antiseptiques, la propolis crée de plus, un environnement défavorable pour le développement de micro-organismes. Les ouvrières déposent même une mince couche de propolis à l'intérieur des alvéoles avant de déposer le nectar, le pollen ou avant la ponte de la reine (**GHARBI, 2011**).

De plus, lorsqu'un intrus pénètre dans la ruche et y meurt et lorsque celui-ci est trop volumineux pour être déplacé à l'extérieur, les ouvrières enveloppent le cadavre d'un mélange de cire et de la propolis pour éviter sa décomposition putride (**DONADIEU, 2008**).

La propolis est utilisée dans les atteintes respiratoires, ORL, de la région buccale ou dermatologiques grâce à ses actions anti-inflammatoire, anesthésiante, analgésique, immuno-stimulatrice et cicatrisante. Elle trouve aussi une application en médecine vétérinaire dans le traitement des plaies infectées ou dans les cas de fièvre aphteuse (**BLANC, 2010**).

2.4. Cire

La cire d'abeille est un mélange complexe d'hydrocarbures, de sucre et de lipides ou graisses. C'est une cire non cristalline, chimiquement inerte et imperméable. Au cours de son évolution, l'abeille mellifère est devenue une figure proue des insectes sociaux, parce qu'elle produit de la cire (**LEVEN *et al.* 2005**).

2.4.1. Origine

Les ouvrières possèdent huit glandes cirières situées sur la partie interne des sternites 4, 5, 6 et 7^{ème} segments de l'abdomen. Celles-ci vont produire une substance

grasse qui va se solidifier en lamelles fines transparentes qui vont être détachées par l'insecte grâce à ses mandibules. Cette cire va être triturée, malaxée, mélangée avec d'autres sécrétions et va être appliquée sur les côtés des rayons en construction au contact du miel, pollen et propolis, elle va se colorer et perdre sa couleur blanche initiale (BLANC, 2010).

2.4.2. Composition

La cire est en réalité une graisse, qui peut être consommée, mais elle ne présente aucun intérêt nutritif. Elle est composée principalement des hydrocarbures, d'esters, d'acides et d'alcools (Figure 10).

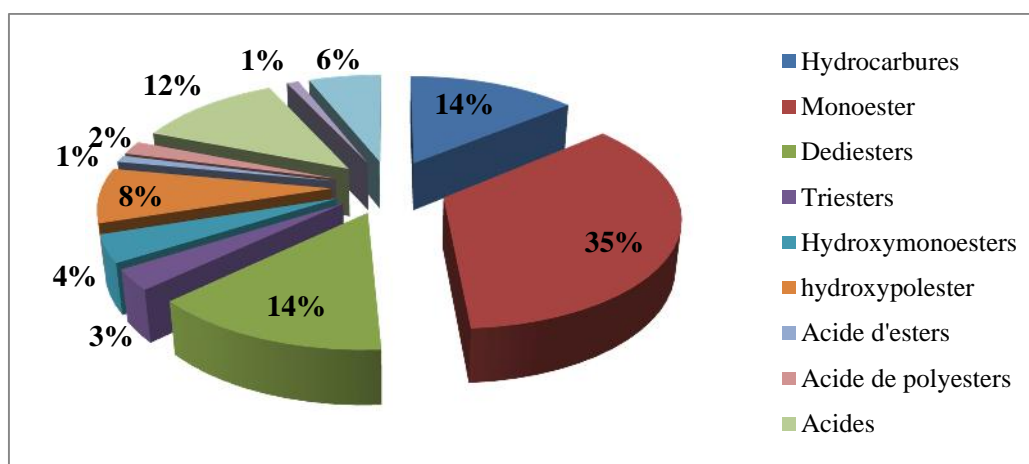


Figure 10 : Composition chimique de la cire (BOUADJILA et ELIAS, 2009).

2.4.3. Récolte de la cire

Selon NICOLAY (2014), la récolte de la cire se fait à partir des opercules, lors de l'extraction du miel, ou directement avec les cadres de la ruche après l'extraction du miel. Les opercules et les cadres sont tout simplement chauffés puis filtrés pour n'en retirer que la cire qui est alors refroidie.

2.4.4. Utilisation de la cire

En plus de la production de la cire gaufrée, elle s'utilise aussi comme gomme qui détartre, nettoie et blanchisse les dents, en particulière chez les fumeurs. Elle stimule la sécrétion salivaire et le réflexe gastrique, renforçant les gencives.

La mastication de la cire stimule les sécrétions de la muqueuse de l'estomac et a montré de bons résultats dans des cas d'anorexie et d'hypoacidité gastrique. La cire peut être utilisée en application externe sous forme de crème qui a une action désinfectante, cicatrisante et nourrissante (STRANT, 2014).

2.5. Venin

Le venin est un produit biologique de l'abeille qui n'est pas récolté sur les plantes comme le miel, le pollen et la propolis.

2.5.1. Origine

A la naissance, l'abeille ne possède ni venin ni réflexe de piqûre. Ce n'est que durant la première semaine de vie post-larvaire que les glandes se mettent à sécréter le venin, lequel va mûrir dans le réservoir pendant quelques semaines.

2.5.2. Composition

Selon **STRANT (2014)**, le venin d'abeilles est un mélange complexe d'enzymes (phosphatase), de protéines, de peptides et d'acides aminés (histamine), d'acides organiques et de substances volatiles, comme la montre la figure 11.

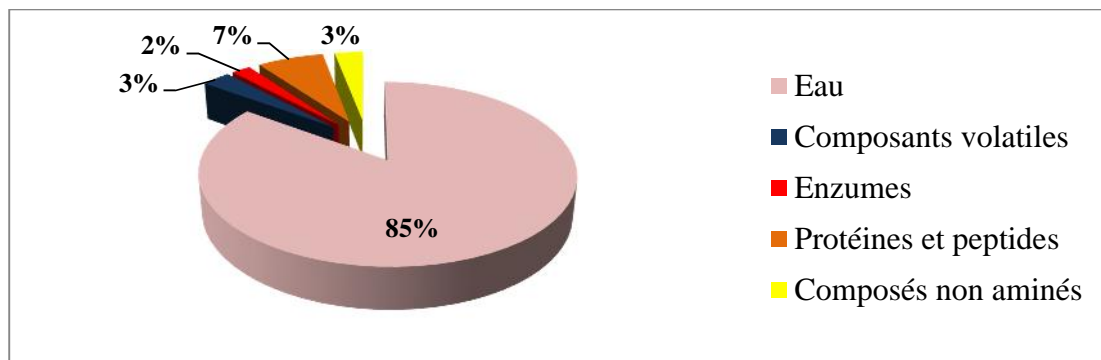


Figure11 : Composition chimique de venin (**S.R.A.B.E, 2011**).

2.5.3. Utilisation du venin

Le venin est bactéricide, bactériostatique, antifongique et antibiotique, allergisant ... ; Son action anti-inflammatoire est la base de la « venom thérapie ». Selon la tradition médicale, le venin soulage les douleurs rhumatismales, arthrosiques. Son usage pour traiter les affections neurologiques telles que la sclérose en plaque, reste très controversé (**FAYET, 2012 ; STRANT, 2014**).

Chapitre II
Le miel

Parmi les produits de la ruche, on trouve aussi le miel qui est un sucre simple entièrement naturel, directement assimilable par l'organisme. C'est un produit «vivant» comme les fruits, qui contient en plus des sucres, des vitamines, des oligo-éléments, des diastases et des enzymes, ce qui en fait un aliment.

1. Définition du miel

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

2. Classification des miels

La classification des miels est basée sur l'origine botanique et le mode de récolte.

2.1. Classification du miel d'après leur origine botanique

L'abeille butineuse fabrique le miel à partir de deux sources principales : le nectar et le miellat. La récolte de ces sécrétions est appelée « miellée ».

2.1.1. Source nectar

Le nectar est en général la source principale des butineuses pour la fabrication du miel. Il est produit par les plantes nectarifères, au niveau de tissus glandulaires spécialisés appelés nectaires (Figure 12). La plupart des nectaires sont situés dans les fleurs, sur le réceptacle floral (il s'agit de nectaires « floraux »), mais certains se situent sur d'autres parties vivantes de la plante, ils sont alors appelés nectaires « extra-floraux », comme par exemple à la base des feuilles du laurier rose ou sur les pétioles chez le cerisier. Les nectaires produisent le nectar à partir de la sève brute ou élaborée afin d'attirer les insectes pollinisateurs destinés à provoquer la fécondation de la fleur (BRUNEAU, 2011 ; GHARBI, 2011).

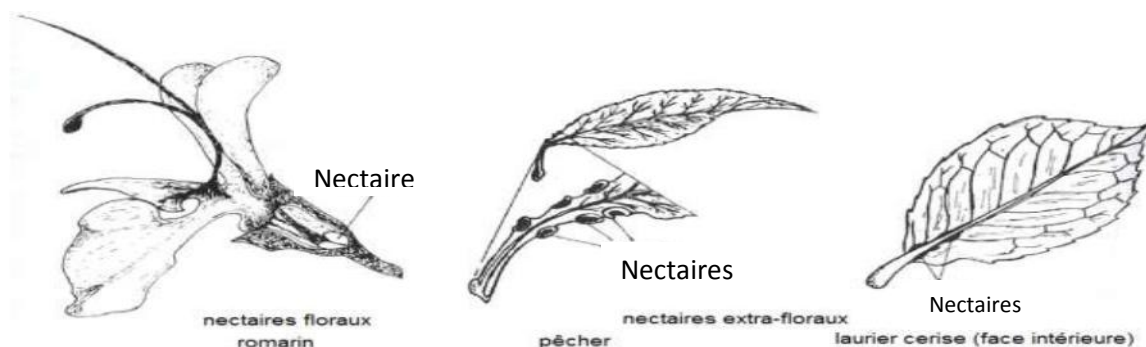


Figure 12 : Exemple de nectaires (GHARBI, 2011).

La sécrétion de nectar dépend des conditions climatiques, du moment de la journée et du moment par rapport à la fécondation florale. Le nectar est produit en quantités importantes principalement au cours des premières heures de la matinée et en fin de journée et lorsque les pluies sont abondantes, les nuits chaudes et les journées ensoleillées. Toutefois, la sécrétion cesse en cas de fécondation puisque la pollinisation par les insectes attirés par le nectar devient inutile (**BIRI, 2002 ; GHARBI, 2011**).

Le nectar est une solution aqueuse et acide dont la composition varie en fonction de l'espèce florale et des conditions climatiques. Elle contient entre 40 et 70% d'eau, des sucres (qui représentent entre 90 et 99% de la matière sèche) ainsi que des traces aminés, de minéraux, d'hormones végétales, de pigments et de vitamines (**LEQUET, 2010**).

NAIR (2014) rappelle que les miels peuvent être divisés en deux groupes ; miels mono-floraux et miels multi-floraux :

a. Miels mono-floraux

Un miel uni florale est un miel récolté par les abeilles sur une espèce végétale unique de tels miels sont exceptionnels, car il est rare que l'abeille ne butine qu'une seul espèce mellifère. On peut donc considérer que ces miels uni-floraux naturels, sont des miels provenant d'une plante déterminée mais non à 100%.

b. Miels multi-floraux

Miels donnés par plusieurs espèces végétales ou sans origine florale précise, il peut y avoir la dominance d'un pollen accompagné par d'autres, en petites quantités ou bien il peut présenter une mosaïque de pollens.

2.1.2. Source miellat

Il s'agit des excréments d'insectes suceurs parasites des végétaux (pucerons, cochenilles, cicadelles) qui se nourrissent de sève élaborée (Figure 13). Cette sève est digérée puis excrétée par les parasites sous forme de gouttelettes sirupeuses récoltées par les butineuses (**GHARBI, 2011**).

Malgré une probable sous-estimation de la récolte de cette source par les abeilles en raison de sa difficulté d'observation par les apiculteurs, elle reste moins importante que la source nectar, car les abeilles délaissent le miellat au profit du nectar lorsque celui-ci est abondant. La récolte de miellat étant dépendante des conditions climatiques, elle peut toutefois être importante, notamment par temps sec (**BRUNEAU, 2011 ; GHARBI, 2011**).

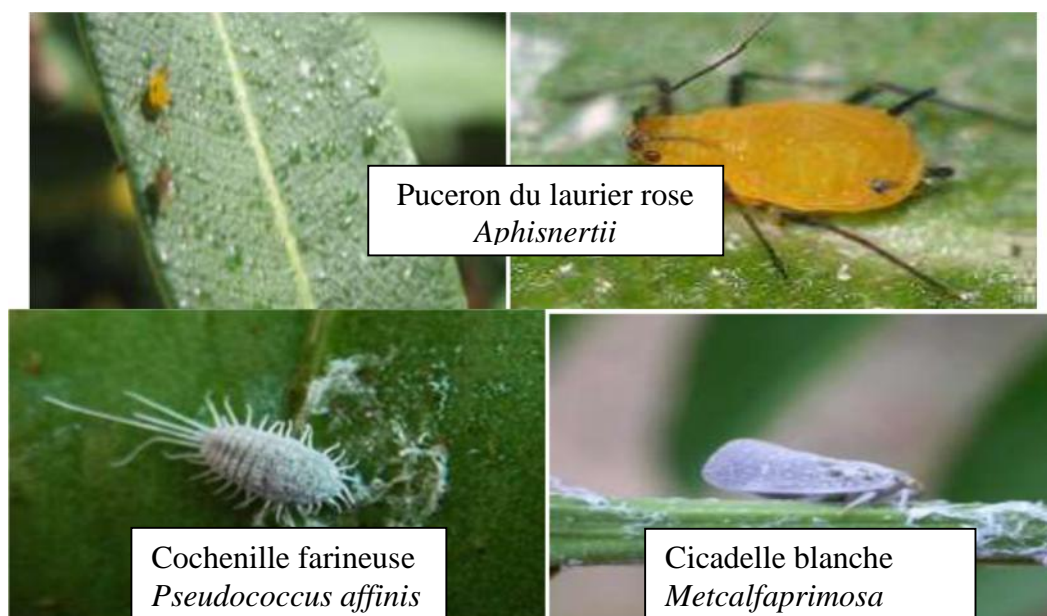


Figure 13 : Puceron, cochenille et cicadelle producteurs de miellat (GHARBI, 2011).

La composition du miellat est plus proche de celle de la sève végétale que celle du nectar : il est plus riche en azote, en acides organiques et en minéraux. On y trouve également plus de sucres complexes (qui ont été synthétisés dans le tube digestif des insectes suceurs) tels que le mélizitose et l'erlose (BRUNEAU, 2011).

2.2. Classification de miels selon le mode de récolte

BOGDANOV *et al.* (1995) ont distingué différentes sortes de miel :

a. Miel en rayon

C'est un miel emmagasiné par les abeilles dans des alvéoles operculées de rayons fraîchement construits par elles-mêmes ;

b. Miel égoutté

Miel obtenu par égouttage des rayons désoperculés ne contenant pas de couvain (ensemble des œufs et des jeunes larves) ;

c. Miel centrifugé

Miel récupéré après centrifugation des rayons désoperculés ne contenant pas de couvain ;

d. Miel pressé

Miel obtenu par pressage des rayons avec ou sans chauffage modéré de 45°C au maximum ;

e. Miel jeune (non mûr)

C'est le produit retiré des alvéoles non encore operculées, sa teneur en eau est généralement supérieur à celle du miel parvenu à maturité (plus de 20%).

3. Fabrication du miel par les abeilles

Les abeilles appartiennent à l'ordre des Hyménoptères qui regroupent 20000 espèces d'abeilles. Toutes collectent du nectar et du pollen, s'en nourrissent et participent sans relâche à la pollinisation des plantes et au maintien des équilibres naturels. C'est l'abeille mellifère et ses races que l'on retrouve un peu partout à travers le monde, car c'est la plus intéressante à élever, c'est elle qui assure les meilleurs rendements. De nombreux rôles sont définis à l'intérieur de la ruche. Chaque abeille accomplira au cours de sa vie différentes fonctions, elle sera nourricière, gardienne, butineuse...

(**CHOUIA, 2013**).

Une butineuse effectue entre 20 et 50 voyages par jour, chacun demandant environ 15 minutes. Le rayon d'action moyen se situe entre 500 mètres et 2 kilomètres, d'où l'importance, en plus des conditions climatiques et de la nature du sol, de la végétation des alentours du rucher. Les abeilles butineuses ajoutent de la salive au nectar ou au miellat qu'elles recueillent, ce qui le rend fluide et surtout l'enrichit en enzymes, catalyseurs biochimiques à l'origine de la transformation des sucres dans le miel. Elles remplissent leur jabot puis transportent miellat ou nectar jusqu'à leur ruche. Là, elles distribuent aux ouvrières d'intérieur et aux mâles. Miellat et nectar passent à plusieurs reprises d'une abeille à une autre (phénomène de la trophallaxie) en subissant chaque fois une addition de salive qui transforme les sucres.

Lors de ces échanges, la teneur en eau s'abaisse en même temps que le liquide s'enrichit des sucs gastriques et de substances salivaires : invertase, diastase et glucoxydase. Simultanément d'autres sucres sont synthétisés (**CARTEL, 2006 ; ALVAREZ, 2010**). Cette opération dure 15 à 20mn.

La transformation biochimique du saccharose en un mélange de glucose et de fructose sous l'action d'une enzyme, l'invertase s'exprime par l'équation suivante :



Saccharose Eau Glucose(Dextrose) Fructose (Lévulose)

Le liquide sucré est ensuite déposé dans l'alvéole qui sera operculée par une couche de cire afin d'assurer sa conservation. La concentration en eau est encore de 50% et va diminuer progressivement par évaporation grâce la chaleur régnant dans la ruche (34 à 35°C) et à la ventilation assurée par les ventileuses qui provoque un puissant mouvement rapide de leurs ailes (**ADAM, 2007 ; IRLANDE, 2010**).

Le miel sera concentré (18% d'eau et 80% de glucose et fructose), puis protégé par l'opercule de cire afin qu'il se conserve parfaitement (PROST, 2005 ; ADAM, 2007).

4. Composition du miel

A l'heure actuelle, tous les constituants du miel n'ont pas encore été identifiés. La composition des miels varie d'une ruche à l'autre, du fait de la grande variété de plantes pouvant être récoltées par les butineuses, de la nature du sol, de la race d'abeille, de l'état physiologique de la colonie, des facteurs météorologiques, ainsi que des étapes et des conditions de la récolte (AMIGOU, 2016). Il existe donc une multitude de miels de consistance, de composition et de goût différents.

D'une manière générale, le miel est composé essentiellement de glucides, il contient en moindre quantité de l'eau, des protéines ou acides aminés et des minéraux (Figure 14). Des molécules supplémentaires sont détectées en fonction de l'origine du miel (NICOLAY, 2014).

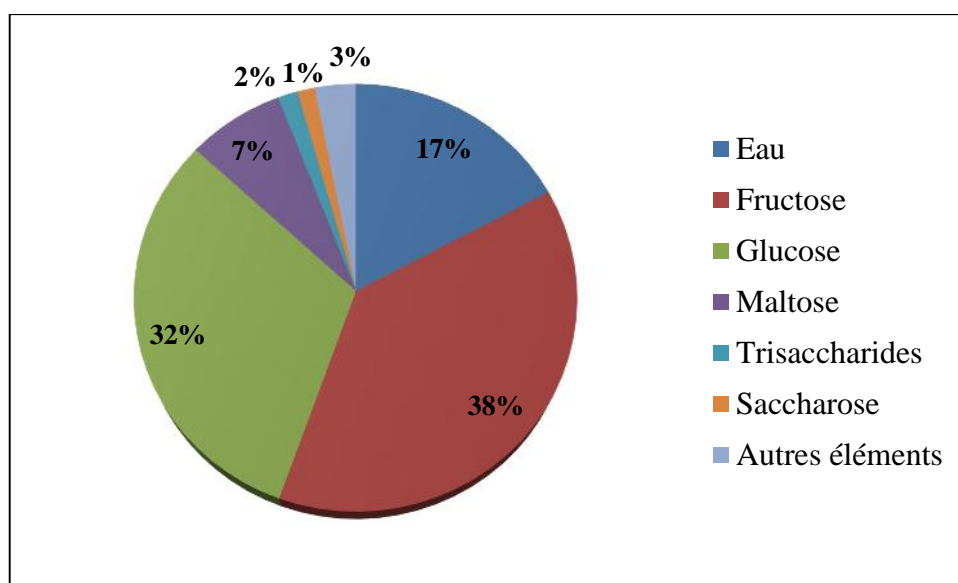


Figure 14 : Composition moyenne d'un miel (GHARBI, 2011).

4.1. Teneur en eau

C'est le critère le plus important car il garantit la conservation du miel et conditionne sa cristallisation (les miels trop liquides ou trop visqueux cristallisent plus lentement) ou sa fermentation (le risque de fermentation est proportionnel au taux d'humidité du miel) (LEQUET, 2010). Dans l'idéal, la teneur en eau du miel doit être située en dessous de 17,5% (KAST et RITTER, 2014). Les miels de bruyère en particulier sont très riches en eau et peuvent en contenir jusqu'à 23% (CODEX, 2001).

Les abeilles ferment avec un opercule les alvéoles remplies de miel quand la teneur en eau avoisine les 17 % (**HOYET, 2005**).

La teneur en eau du miel varie en fonction de plusieurs facteurs : l'origine florale du nectar, la saison, l'importance de miellée, la force des colonies d'abeilles, des conditions hygrométriques et du moment auquel l'apiculteur fait la récolte (**BOUAJELA et ELIA, 2009**).

La teneur en eau peut être déterminée de manière plus précise à l'aide d'un réfractomètre. Le miel doit être mesuré à plusieurs endroits du rayon. En outre, il faut tenir compte du fait que seul le miel entièrement liquéfié et exempt de sucre cristallisé fournit une mesure correcte, et que les valeurs mesurées doivent être adaptées à la température conformément au mode d'emploi du réfractomètre (**KAST et RITTER, 2014**).

4.2. Teneur en sucres (glucides)

Les sucres sont les principaux constituants du miel. Ils représentent une moyenne de 79,7%. Les principaux sont les monosaccharides hexoses : fructose (38%) et glucose (31%). 25 autres sucres différents ont été détectés, mais en quantité plus faible. Les principaux oligosaccharides sont des disaccharides : saccharose, maltose, turanose, erlose,... (**NICOLAY, 2014**).

4.3. Acides

Les miels contiennent des acides organiques (dont certains sont volatiles), ainsi que des lactones. Leur provenance est diverse : certains sont issus du nectar directement, d'autre sont le fruit des réactions enzymatiques et de fermentations.

Les acides identifiés dans le miel sont : l'acide gluconique (constituant acide majoritaire, issu du glucose), les acides butyriques, l'acide acétique, l'acide formique, l'acide lactique, l'acide succinique, l'acide proglutamique, l'acide malique et l'acide citrique (**BOGDANOV, 2006**).

4.4. Lipides

Le miel est pauvre en lipides : ceux qu'on y trouve sont probablement des microparticules de cire qui échappent à la filtration (**HUCHET et al. 1996**). Principalement l'acide palmitique et oléique et très peu d'acide l'aunique myristoleique, stéarique et linoléique (**CHAUVIN, 1987**).

4.5. Protéines et enzymes et acides aminés

Les protéines sont présentes en faible quantité (1,7 gramme par kilogramme de miel, soit une teneur de 0,26%). Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de

globulines et de nucléoprotéines qui proviennent soit de la plante, soit de l'abeille (**HUCHET *et al.* 1996**).

De nombreuses enzymes se retrouvent dans le miel : l'invertase qui provoque la scission du saccharose en fructose et en glucose, la diastase, la glucosidase et la glucose-oxydase capable de transformer le glucose en acide gluconique, la catalase et la phosphatase, l'invertase et l'amylase sont importantes pour l'appréciation du miel et sont employés comme indicateurs de la fraîcheur de miel (**HUCHET *et al.* 1996 ; BOGDANOV *et al.* 2004**).

4.6. Matières minérales

Les matières minérales ou cendres représentent une teneur inférieure à 1%, elle est en général de l'ordre de 0,1%. Les miels foncés en contiennent plus que les miels clairs et les miels de fleurs contiennent 0,1g à 0,35g de sels minéraux et d'oligo-éléments pour 100g de miel, tandis que les miels de miellat contiennent jusqu'à 1g /100g de miel (**HUCHET *et al.* 1996 ; BOGDANOV *et al.* 2004**).

Selon **BOGDANOV *et al.* (2004)**, la substance minérale principale est le potassium (0,2-1,5mg/kg), on retrouve également du calcium (40-300mg/kg), du sodium (16-170mg /kg, du magnésium (7-130 mg/kg), du cuivre (0,2-6mg/kg), du chlore, du magnésium (7-130mg/kg) et une trentaine d'oligo-éléments.

4.7. Vitamines

Le miel est très pauvre en vitamines, il s'agit essentiellement de vitamines solubles dans l'eau : la thiamine, la riboflavine, l'acide nicotinique, nicotinamide, l'acide pantothénique qui est apporté par le pollen, l'acide ascorbique et accessoirement la vitamine A, D, K (**DONADIEU, 2004 ; PROST, 2005**).

4.8. Hydroxy-méthyl-furfural (HMF)

L'hydroxyméthylfurfural ou HMF est un produit de dégradation du fructose (un des principaux sucres du miel) qui se forme lentement et naturellement durant le stockage du miel, et beaucoup plus rapidement lorsque le miel est chauffé. La quantité d'HMF présente dans le miel indique à quel point le miel a été réchauffé : plus la valeur du HMF est élevée, plus basse est la qualité du miel.

Quelque pays fixent une limite HMF pour le miel importé (parfois 40mg par kg) et le miel dont la teneur en HMF sera supérieure à cette limite ne sera pas accepté (**NICOLA, 2010**).

4.9. Substances odorantes

Plus de 50 substances aromatiques ont été décelées. Elles sont également en correspondance avec les plantes butinées. L'analyse de ces émissions odorantes reste compliquée car les arômes sont instables dans le temps. On y retrouve principalement des alcools, cétones, acides, aldéhydes et quinones (**GHARBI, 2011**).

4.10. Polluants

Les polluants sont de très bons indicateurs du niveau de pollution de l'environnement de la ruche. On peut retrouver dans les miels des résidus de médicaments comme des antibiotiques issus des traitements curatifs ou préventifs des colonies. Certains métaux lourds peuvent également polluer le miel, c'est par exemple le cas du plomb et du cadmium (**APIMONDIA, 2001**).

4.11. Constituants divers

Les caroténoïdes et les flavonoïdes sont principalement responsables de la coloration du miel. Les flavonoïdes, qui appartiennent aux groupes des polyphénols, possèdent des propriétés antioxydants très intéressantes, car ils participent à la neutralisation des radicaux libres. La quantité et le type de flavonoïdes varient selon la source florale. En règle générale, plus les miels sont foncés, plus ils en sont riches (**LAKHDARI et al. 2014**).

Le miel contient aussi des grains de pollen qui trahissent son origine botanique et géographique. Chaque miel peut être déterminé par sa composition pollinique, c'est un outil très utilisé dans les services de la répression des fraudes (**PROST, 2005**).

5. Caractéristiques du miel

5.1. Propriétés physiques

Les caractéristiques physico-chimiques dépendent de l'origine de la plante, et sa composition en sucres.

5.1.1. Densité

La densité, c'est-à-dire le rapport de la masse d'un miel avec le même volume d'eau, se détermine au pèse sirop ou au densimètre. La valeur moyenne de la densité du miel est de 1,4225 à 20°C (**ROSSANT, 2011**).

Selon **PROST (1987)**, la densité de miel à 20°C est comprise entre 1,39 et 1,44, il ajoute qu'un miel récolté trop tôt ou extrait dans un endroit humide contient trop d'eau.

5.1.2. Viscosité

La viscosité d'un miel est une notion très importante car elle joue un rôle fondamental dans le pouvoir d'écoulement (JEANNE, 1991 ; ROSSANT, 2011). Elle dépend de sa teneur en eau, de sa composition chimique et de sa température (HUCHET *et al.* 1996).

Elle s'exprime en Poise et se mesure au moyen d'un viscosimètre (PROST, 2005).

5.1.3. Hygroscopicité

Le miel tend à absorber l'humidité de l'air et, si on le laisse trop longtemps dans une atmosphère humide, cette absorption peut être considérable. Un miel normal, contenant 18% d'eau, peut atteindre, au bout de trois mois, une hygrométrie de 55%, son poids augmente de 84% (EMMANUELLE *et al.* 1996).

Pour une bonne conservation du miel, le degré hygroscopique optimum ne doit pas dépasser 60% d'humidité. Les propriétés hygroscopiques du miel sont dues essentiellement au fructose, car il est plus hygroscopique.

5.1.4. Conductibilité électrique

La conductivité électrique est la propriété d'un corps à permettre le passage de courant électrique (GONNET, 1982). Elle est intéressante, car elle permet de distinguer aisément les miels de miellat de ceux des fleurs, les premiers ayant une conductibilité bien plus élevée que les seconds (EMMANUELLE *et al.* 1996). Cette mesure dépend de la teneur en minéraux et l'acidité du miel ; plus elles sont élevées plus la conductivité correspondante est importante.

Elle est exprimée en Siemens par centimètre (S/cm). Les miels ont une conductivité variable selon l'origine florale, la conductivité des miels de miellat doit être supérieure à 800 μ S/cm et elle doit être inférieure à 800 μ S/cm pour la majorité des autres miels (BOGDANOV *et* BLUMER., 2001).

5.1.5. pH

Le pH ou potentiel d'hydrogène ou indice de Sorensen est défini comme le cologarithme de concentration en ions H dans une solution. Pour le miel, est un indice de la « réactivité acide » du produit (LOUVEAUX, 1985 ; VANHANEN *et al.* 2011).

Les miels de nectar ont un faible pH (de 3,3 à 4,5) tandis que les miels de miellat ont un pH plus élevé (PESENTI *et al.* 2008).

5.1.6. Cristallisation

La cristallisation du miel est un processus naturel et inévitable sauf pour certains qui restent liquides plusieurs années (acacia par exemple). Pour tous les autres, la température à laquelle la cristallisation se produit le plus rapidement se situe entre 16 et 20°C. Si la température est plus élevée, le miel cristallise moins rapidement, et à basse température (au-dessous de 4°C) la cristallisation est plus lente aussi.

La cristallisation du miel dépend de différents facteurs : plus la teneur en glucose est élevée, plus la cristallisation du miel sera rapide, les miels avec plus de 28% de glucose cristallisent très rapidement. Le miel de miellat avec une teneur en mélzitose de plus de 10% se transforme en miel dit « miel-ciment ou miel-béton » (HUMMEL et FELTIN, 2014).

La croissance de ces cristaux aboutit à la formation de deux phases : une phase solide constituée de glucose cristallisé et une phase liquide enrichie en eau.

5.1.7. Coloration

La coloration constitue un critère de classification notamment d'un point de vue commercial, plus le miel est clair, moins il est riche en minéraux et inversement (BLANC, 2010). Elle va du blanc au noir, elle s'apprécie au moyen d'un colorimètre ou d'un comparateur visuel.

La coloration varie selon l'espèce butinée, la rapidité de la sécrétion (miel est clair si la sécrétion est rapide), la teneur en matière minérale, le chauffage et le vieillissement l'accentue (PROST, 2005).

5.2. Propriétés chimiques

5.2.1. Acidité

L'acidité est un critère de qualité important durant l'extraction et le stockage, en raison de son influence sur la texture et la stabilité du miel. Cette acidité provient d'acides organiques dont certains sont libre et d'autres combinés sous forme de lactones. Certains de ces acides proviennent du nectar ou du miellat mais leur origine principale provient des sécrétions salivaires de l'abeille ; le principal acide dérive du glucose sous forme d'acide gluconique. Sa formation s'accompagne de dégagement d'eau oxygénée (BOGDANOV *et al.* 2004 ; GOMES *et al.* 2010).

Le miel est acide, dont son pH oscille en moyenne entre 3,5 et 6, en fonction de leur acidité naturelle les miels sont plus fragiles que d'autres. Tous les miels dont le pH < 4 se dégradent plus vite que les autres (ROSSANT, 2011).

5.2.2. Indice de réfraction

L'indice de réfraction est couramment utilisé par les techniciens qui se servent de réfractomètre de petite taille, très pratique. L'indice permet de calculer une variable très importante, la teneur en eau, bien plus rapidement que les autres méthodes (EMMANUELLE *et al.* 1996).

5.2. 3. Hydroxy-Méthyl-Furfural (HMF)

L'Hydroxy-Méthyl-Furfural une molécule dérivée de la déshydratation des hexoses monosaccharides principalement le fructose. La teneur en HMF est une caractéristique de la fraîcheur d'un miel, plus il vieillit plus la teneur est importante (BOUADJELA et ELIAS., 2009).

5.2.4. Teneur en cendres

Les cendres représentent le résidu minéral du miel après incinération. La détermination des cendres offre la possibilité de connaître la teneur en matière minérale globale du miel (SILVA *et al.* 2009).

Les cendres sont déterminées par le contenu de substance minérale du miel. Ce contenu dépend fondamentalement et quantitativement aux caractéristiques du sol et du climat de la région du miel (VANHANEN *et al.* 2011 ; TERRAB *et al.* 2004).

6. Propriétés biologiques

Le miel est non seulement un aliment, mais on peut le considérer comme un médicament car il possède maintes propriétés biologiques (nutritionnelles et antibactérienne, antioxydant et thérapeutique)

6.1. Propriétés thérapeutique

Depuis des millénaires déjà, le miel a été utilisé dans la médecine populaire dans de nombreux domaines et Aristote le recommandait pour soulager divers maux (BOGDANOV et BLUMER, 2001 ; PAULUS *et al.*, 2012).

Le miel est non seulement considéré comme une substance sucrée, savoureuse, mais également comme une partie de la médecine traditionnelle. Il a été rapporté qu'il est efficace contre les désordres gastro-intestinaux, la guérison des blessures et des brûlures, et pour produire une protection gastrique contre les lésions gastriques aiguës et chroniques (GOMEZ –CARAVACA *et al.*, 2006).

Les propriétés cicatrisantes du miel tiennent à ses caractéristiques physiques, chimiques et enzymatiques. Le miel, par sa saturation en sucres entretient une pression osmotique trop élevée pour inhiber la croissance des microbes (CANDIRACCI *et al.*, 2012).

Cette action est à la base du traitement des plaies par le miel. Ainsi, cette pression entraîne une résorption de l'œdème péri lésionnel et un appel local de macrophage qui favoriseraient le nettoyage des plaies. Il y a en plus une augmentation secondaire des fibroblastes producteurs de collagène qui favoriserait une cicatrice de bonne qualité (ATTIPOU *et al.*, 1998).

6.2. Propriétés nutritionnelles

Le miel est un aliment glucidique à haute valeur énergétique (320 calories par 100 grammes de miel) assimilable par l'organisme par sa haute teneur en glucose et fructose (GONNET, 1982).

D'autre part, le miel est source de différentes matières minérales comme le calcium, le magnésium, le soufre et phosphore qui sont utiles au métabolisme. Différentes études ont révélé l'action bénéfique des sucres des miels, favorisant l'assimilation et la fixation par l'organisme des sels et notamment du calcium (CHAUVIN, 1987).

De par sa richesse en éléments biologiques, le miel intensifie les capacités du système immunitaire. Le miel contribue aussi à l'élévation du taux d'hémoglobine dans le sang. Ainsi, il peut être introduit dans certains régimes alimentaires. Par conséquent, il est adapté aux personnes âgées, les sportifs et les enfants. Mais il n'est pas un aliment complet car il est pauvre en protéides, lipides et vitamines (GONNET, 1982).

7. Technologie du miel

La technologie du miel comporte les différentes étapes : la récolte, désoperculation, extraction et filtration puis maturation (PROST, 2005 ; GHARBI, 2011) :

7.1. Récolte

On procède à la récolte du miel à la fin des grandes miellées (lorsque les apports de nectar ont cessé ou se sont ralentis), dès que les $\frac{3}{4}$ des alvéoles sont operculés et la teneur en eau du miel atteint les 18%, afin d'éviter le phénomène de fermentation



Figure 15 : Cadre de miel operculé (RITTER *et al.* , 2014).

La récolte de miel commence avec la pose des hausses sur le corps principal, les hausses constituent un second corps de ruche où les abeilles emmagasinent le surplus du miel, le moment de déposer les hausses varie en fonction de la situation géographique et du climat (il est important pour éviter d'entraîner une mortalité larvaire en cas de pose prématurée ou l'essaimage, par manque de place dans la ruche si la pose est tardive).

Les cadres de miel doivent être prélevés très tôt le matin pendant une journée ensoleillée, ce qui permet d'éviter l'augmentation du taux d'humidité du miel et les risques dus à la présence des butineuses dans la ruche.

7.2. Désoperculation

Les cadres retirés sont ramenés à la miellerie pour être désoperculés : la fine pellicule de cire qui obstrue les alvéoles est retirée manuellement à l'aide d'un couteau ou d'une griffe ou bien mécaniquement grâce à des chaînes d'extraction.

7.3. Extraction

Les cadres désoperculés sont ensuite placés dans un extracteur pour être centrifugés, ce qui permet de projeter le miel sur les parois de l'extracteur, sans abîmer les rayons. Le miel s'écoule le long des parois et est alors récupéré par l'apiculteur au niveau d'une vanne d'ouverture située au bas de l'extracteur.

7.4. Filtration

Le miel ainsi récupéré doit ensuite être filtré pour le débarrasser de ses impuretés (cire, pollen, abeilles). Plusieurs filtration sont possibles (grilles ou filtres rotatifs pour les grosses exploitations), le principe étant toujours le même : les mailles fines du filtre laissent couler le miel en retenant les résidus indésirables.

7.5. Maturation

La dernière étape avant la consommation du miel est la maturation. Le miel est stocké dans un maturateur (récipient en acier inoxydable) pendant trois à cinq jours afin que les plus petites impuretés restantes remontent à la surface pour former une écume qui sera retirée. Le miel est alors prêt à être conditionné pour être commercialisé.

7.6. Conservation

Le miel est un produit périssable qui subit au cours du temps un certain nombre de modifications aboutissant inévitablement à la perte de ses qualités essentielles. La rapidité de la dégradation dépend de la composition du produit ainsi que des conditions de sa conservation. Ainsi, étant très hygroscopique, le miel confiné en atmosphère humide absorbe l'eau rapidement.

Il convient donc de garder le miel 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 (**RANOELIARIVAO, 2011**).

Après maturation le miel peut-être soutiré et mis en pots ou en seaux hermétiquement fermés à une température de 10°C à 40°C.

Chapitre III
Réglementation relative du
miel

En Algérie, il n'existe aucune législation concernant les miels produits par les apiculteurs. Les miels se vendent dans des bouteilles en verres sans aucun étiquetage et le consommateur achète le miel par tradition en tenant compte essentiellement de l'origine géographique, donc ces miels ne sont pas soumis à une analyse physico-chimique ou l'origine botanique (AMRI, 2006). L'Algérie suit les normes françaises, la France se rapportant à l'union européenne (BOUADJELA et ELIAS., 2009).

1. Qualité du miel

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

2. Caractéristiques de la composition du miel

Selon CODEX ALIMENTARIUS(2001), les caractéristiques de la composition des miels est comme suit :

a. Teneur en eau

Les miels en général ne doivent pas contenir plus de 20%d'eau et les miels de bruyère pas plus de 23%.

b. Teneur en sucres

- Teneur en fructose et en glucose (somme des deux)

Miels en général : pas moins de 60g/100g

Miels de miellat, seul ou en mélange avec le miel de nectar : pas moins de 45g/100g

- Teneur en saccharose

Miel en général : pas plus de 5g/100g

Miel de miellat, seul ou mélange avec de miel de nectar, miels d'acacia, de lavande : pas plus de 10g/100g

c. Teneur en matières insolubles dans l'eau

Miel en général : pas plus de 0,1g/100g

Miel pressé : pas plus de 0,5g/100g

d. Teneur en matières minérales (cendres)

Miel en général : pas plus de 0,6 g/100g

Miel de miellat ou mélange de miellat et de miel de nectar ou de châtaigner : 1,2 g/100g

e. Conductivité électrique

Miel en générale : pas plus de 0,8mS/cm

Miel de miellat ou mélange de miellat et de miel de nectar ou de châtaigner : 1,2mS/cm

f. Acidité

L'acidité du miel de doit pas dépasser 50 milliéquivalents d'acide par 100g.

g. Indice diastasique

Il ne doit pas être inférieur à 8 unités de Schade, et dans le cas des miels dont la teneur naturelle en enzymes est basse, il ne doit pas être inférieur à 3 unités de Schade.

h. Teneur en HMF

La teneur en HMF du miel après le traitement et/ou le mélange ne doit pas dépasser 80mg/kg.

3. Hygiène

Les mesures suivantes relatives à l'hygiène de ce produit sont réglementées dans des notices de la commission du Codex pour l'hygiène des denrées alimentaires.

- Lors de la fabrication et de la manipulation des produits concernés par les dispositions de la présente norme, il est recommandé de procéder conformément aux prescriptions correspondantes (Principes généraux en matière d'hygiène des denrées alimentaires (CAC/RCP 1-1969, Rev 3-1997), élaborés par la Commission du Codex Alimentarius), de même que conformément à d'autres recommandations pour la pratique, également élaborées par la Commission du Codex Alimentarius.
- Dans la mesure du possible lors d'une bonne pratique de fabrication, le miel vendu (en tant que tel) au consommateur ne doit pas contenir de composants organiques ou inorganiques tels que des insectes, parties d'insectes, couvain ou grains de sable.
- Lors du contrôle du produit effectué avec une méthode d'analyse et d'échantillonnage appropriée, celui-ci ne doit pas contenir de microorganismes, de parasites et de substances provenant de microorganismes et de plantes susceptibles de menacer la santé de l'homme.

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

Aucun traitement chimique ou biochimique ne doit être utilisé pour influencer la cristallisation du miel (**CODEX ALIMENTARUIS, 2001**).

4. Emballage du miel

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 (**SCHWEITZER, 2004**).

Pour les emballages de consommation, les pots en verre, mais aussi ceux en plastique (qualité alimentaire) et en fer blanc conviennent. Quant aux boîtes en paraffine, elles ne sont étanches ni à l'eau ni à l'air et sont en conséquence inutilisables pour le stockage du miel. Selon la loi sur les denrées alimentaires, elles sont même interdites (car la paraffine contient des substances toxiques qui peuvent migrer dans le miel) et ne pourront plus être utilisées une fois la période de transition est écoulée (**BOGDANOV et al., 1999**).

D'après PROST (2005), le verre est le meilleur emballage pour le miel, mais son poids, sa fragilité et transparence rend visible les trainées blanches, causées par les bulles d'air, dans le miel cristallisé lui font préférer le carton ou la matière plastique.

5. Etiquetage

Tout produit destiné à la vente doit être étiqueté. L'étiquetage des produits alimentaires vise à garantir que les consommateurs disposent d'une information complète sur le contenu et la composition de ces produits, afin de protéger leur santé et leurs intérêts (**BOUFENARA, 2009**).

Dans le cas de miel, les dispositions spécifiques de la norme Codex pour l'étiquetage s'appliquent :

5.1. Nom du produit

Outre la simple application de la loi et du présent cahier des charges, l'étiquetage devra comporter pour les miels :

- L'origine florale pour les mono-floraux ;
- L'appellation de formation végétale pour les multi-floraux, afin de bien qualifier le produit, et conformément à la réglementation ;

- Le nom du pays d'origine où le miel a été produit doit être mentionnée obligatoirement tout le long de circuit de commercialisation ;
- Le miel peut être désigné en fonction de la méthode d'extraction du rayon ;
- l'étiquetage du traitement par filtration fine, qui élimine le pollen, élément caractéristique du miel, a été rendu obligatoire. La dénomination de vente doit être complétée par le terme « filtré ».

5.2. Etiquetage des récipients non destinés à la vente au détail

Les renseignements requis sur l'étiquetage, tels qu'ils sont spécifiés dans la norme générale pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées, doivent figurer soit sur le récipient, soit sur les documents d'accompagnement. Toutefois, le nom du produit, l'identification du lot, ainsi que le nom et l'adresse du producteur, du transformateur ou de l'emballleur doivent figurer sur le récipient.

6. Généralités sur les labels et certificats

6.1. Qualité

La qualité est définie par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) comme un ensemble de propriétés et de caractéristiques d'un produit ou d'un service qui lui confère l'aptitude à satisfaire les besoins exprimés ou implicites des consommateurs.

Cette définition s'applique aux produits alimentaires et aux produits culinaires mais ne peut être atteinte que par la mise en place d'actions volontaires par les professionnels qui seront en mesure de garantir que tel produit satisfait aux exigences préétablie.

6.2. Différents signes de qualité des produits alimentaires

La réglementation française distingue quatre signes de qualité :

- Les Appellation d'Origine Protégée (AOP) ;
- Les labels agricoles ;
- Les produits de l'agriculture biologique ;
- La certification de conformité des produits.

6.3. Labels agricoles

Le label est une marque collective qui atteste que le produit possède un ensemble de caractéristiques fixé par un règlement qui garantit un niveau de qualité supérieur, le distinguant des produits similaires.

Le label est délivré par un organisme indépendant et contrôlé par la commission nationale des labels et des certifications des produits agricoles alimentaires. Il est attribué sur la base d'un dossier technique, qui comprend le règlement et l'étiquetage informatif.

Le label engage toute la filière à gérer la qualité à tout niveau pour que le produit se distingue de produits similaires par une qualité supérieure et appose un signe distinctif sur l'étiquette du produit.

6.4.Objectifs des labels

Dans le secteur de l'alimentation, le terme « label » est réservé aux produits alimentaires bénéficiant d'un signe officiel de qualité. Ils sont généralement destinés à identifier un produit par rapport à un autre. Certains attestent d'une caractéristique particulière (qualité, mode de fabrication, origine...).

Ces labels et autres signes sont destinés à mettre en confiance l'usage dans l'utilisation d'un produit qui est désigné comme étant de qualité supérieure. Ils sont aussi parfois apposés de manière abusive et non conforme dans un souci marketing. Selon Institut Algérien de Normalisation (**IANOR**) pas plus d'une trentaine de produits mis sur le marché national sont certifiés conformes aux normes.

Les laboratoires de contrôle et d'évaluation de la conformité ne sont pas accrédités. Ils ont les équipements, les hommes, mais ils n'ont pas l'organisation qu'il faut. Ils ne sont pas encore reconnus en tant qu'organisme pour délivrer un document reconnu sur le plan international.

Le consommateur a le droit de connaître la fiche technique de chaque produit. De savoir si le produit consommé est passé par des tests et des essais. Connaître s'il n'est pas nocif pour la santé ou l'environnement. Ce sont ses aspects là, qui existent en réalité, mais qui ne sont pas formalisés ni mis en organisation.

L'absence de label remet en cause la traçabilité des produits de terroir et les confronte à une concurrence déloyale et à la contrefaçon.

Le projet de labellisation des miels algériens est en cours de réalisation. Les apiculteurs n'ont jamais cessé d'exprimer leur souhait de voir leur produit sur les étals des marchés extérieurs car le miel algérien a tous les atouts pour être consommé et connu à l'international sous un label algérien.

7. Fraudes, analyses et contrôles

7.1. 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 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 (COTTE et al., 2003).

MEGHERBI *et al.*, (2006) ont mentionnées trois principaux types de fraudes :

- La fraude consistant à ajout au miel du saccharose est peu courante car facilement détectable du fait de la faible teneur en 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 repérable, notamment par analyse microscopique.

7.2. Fraudes par non-conformité

C'est les types de fraudes qui peuvent désigner :

- Une fausse indication d'origine botanique, en général non intentionnelle. Les analyses polliniques, physico-chimiques et organoleptiques permettent de détecter facilement ces « fraudes » et de reclasser le produit dans la bonne catégorie.
- Un mélange intentionnel de miels (un miel d'acacia de Hongrie présenté à un concours en tant que miel d'acacia Français, par exemple), facilement détectable par l'analyse pollinique.
- Non-conformité de l'année (un miel de 2009 présenté comme un miel de 2010 par exemple). La fraude est détectable par analyse de teneur en HMF, des activités enzymatiques (amylase et invertase).

7.3. Fraudes par contamination

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

- Des résidus de métaux lourds,
- Des résidus de pesticides,
- Des résidus d'acaricides, de fongicides et d'antibiotiques,
- Des spores de *Clostridium botulinum*,
- Des molécules toxiques.

8. Moyens de détection des fraudes

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

- **Acidité libre** : permet de juger le vieillissement du miel.
- **Dosage de l'amylase (enzyme)** : détection d'une chauffe trop importante du miel.
- **Teneur en cendre** : méthode ancienne pour détecter un ajout dans le miel (farine, sucre.....) pour ajouter du poids dans ce dernier. Aujourd'hui cette analyse n'est plus nécessaire car on détecte facilement de tels ajouts avec les autres analyses.
- **Matière insoluble** : méthode ancienne qui détecte l'ajout du poids dans le miel, mais actuellement elle n'est pas utile parce que il y a des analyses plus fiables que celle-ci.
- **Humidité** : analyse très importante qui permet d'évaluer les conditions de stockage, les risques de fermentation et le comportement de cristallisation.
- **HMF** (résulte de la dégradation des sucres) : permet de juger du traitement thermique du miel et éventuellement de son vieillissement.
- **Sucres** (glucose, fructose et saccharose) : permettent de détecter l'ajout de sirop (BARTHOLOMEUS *et al.*, 2010).

Partie expérimentale

Matériels et Méthodes

1. Objectif de l'expérimentation

Notre travail a porté sur une étude physico-chimique de quelques échantillons de miels provenant de différentes régions de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Les analyses portent sur l'évaluation de quelques paramètres physico-chimiques tels que la teneur en eau, la densité et l'HMF qui sont des indicateurs de qualité, d'autres comme la conductibilité électrique, le pH, l'acidité libre et les cendres qui constituent un moyen déterminant de l'origine florale.

L'analyse des sucres réducteurs (Fructose, Glucose) permet de détecter d'éventuelles fraudes comme le nourrissage massif pendant la miellée ainsi que la détermination du rapport : Fructose / Glucose (F/G) et glucose / teneur en eau (G/E), susceptibles de fournir des informations sur la cristallisation du miel qui joue un rôle important dans la technologie et la commercialisation du produit.

2. Echantillons de miels

Le travail a été réalisé sur 23 échantillons de miel récoltés en 2015. Ils sont issus de différentes régions de la wilaya de Tizi-Ouzou (Figure 16). Trois échantillons ont été acheté et 20 ont été offerts par les apicultures.

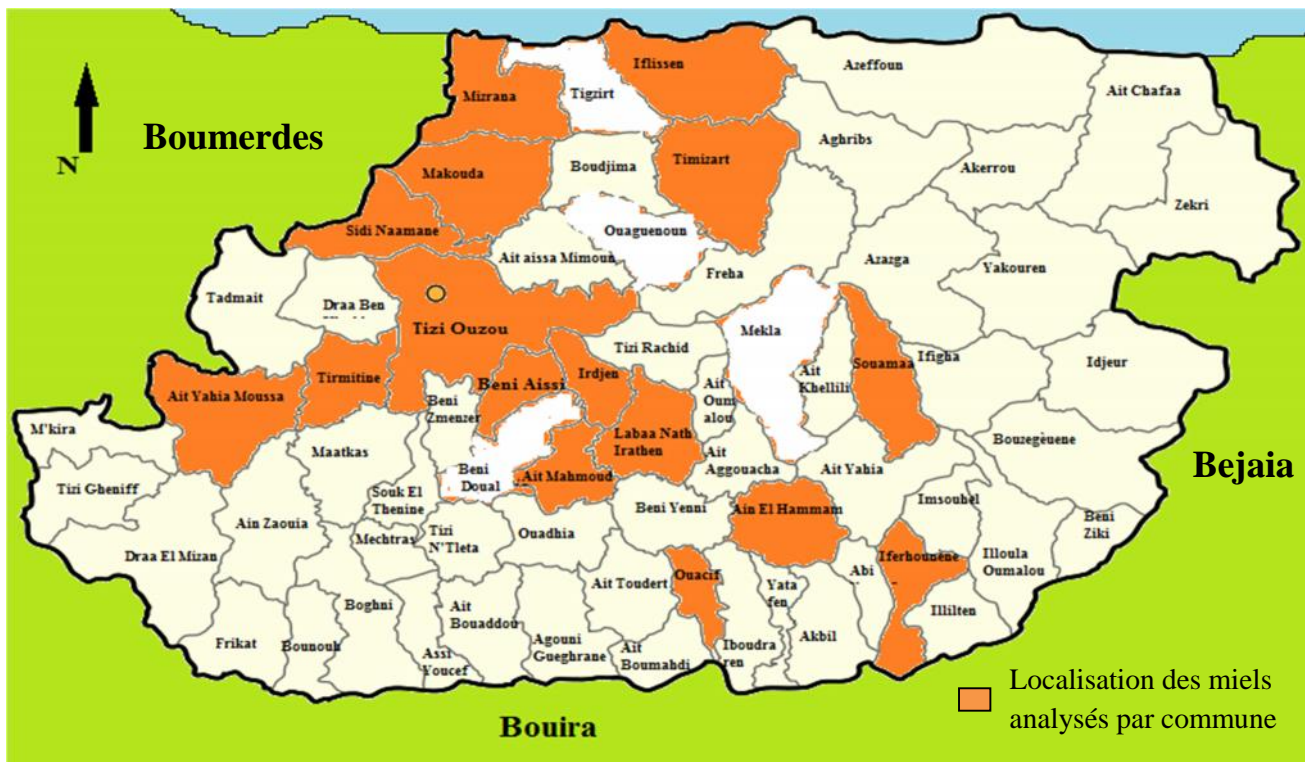


Figure 16 : Situation géographique des ruchers.

La figure 17 montre les différents échantillons de miels à analyser. Il apparaît que

leurs couleurs ainsi que leurs consistances sont variables selon leurs origines.



Figure 17 : Echantillons de miel analysés (original, 2016).

L'identification de nos échantillons est faite selon un code (de 1 jusqu'à 23) désignant leurs origines géographiques (Tableau 1). Les échantillons sont conditionnés dans des bocaux en verre fermés hermétiquement, à l'abri de la lumière et dans un endroit sec.

Tableau 1 : Identification des miels analysés.

N°	Régions
1	Ait mahmoud (village Aitkhelfoun)
2	Beni Aissi (village Ighilbouzrou)
3	Larbaa Nait Irathen (village Tablabat)
4	Souamaa (village Ait zellal)
5	Ait Yahia Moussa (Oued ksari)
6	Tirmitine (village Tagroudja)
7	Larbaa Nait Irathen (village Taguemount Bouadfel)
8	Tirmitine (village Berkana)
9	Mizrana
10	Irdjen (Tamazirt)
11	Timizart (Ait moussa)
12	Tizi-Ouzou (Ihasnaouen)
13	Makouda (Ait Fares)
14	Makouda (Attouche)
15	Iflissan
16	Ouacifs
17	Timizart (Ait Moussa)
18	Tiziouzou (Bastos)
19	Sidi Naaman
20	Oued Aissi
21	Tirmitine (village Berkana).
22	Ifarhounen
23	Ain Elhammam

3. Matériels d'analyse des miels

Le matériel utilisé durant toute l'expérimentation est résumé dans la liste ci-dessous :

- Four à moufle,
- Spectrophotomètre,
- Spectrophotomètre opérant sur un intervalle de longueur d'onde incluant 284 et 336nm,

- Réfractomètre portable (RHB-90ATC) à thermomètre incorporé à 20°C,
- pH mètre,
- Bain marie à 40°C,
- Balance analytique,
- Agitateur magnétique,
- Mélangeur vortex,
- Micropipette,
- Bécher de 80ml et de 25ml,
- Fioles jaugées de 250 ml,
- Eprouvette de volume connu,
- Burette,
- Tubes à vis,
- Creusets,
- Portes tubes (portoirs),
- Spatule,
- Cellules de 1cm en quartz,
- Fructose en poudre,
- Glucose en poudre,
- Eau distillée,
- Deux solutions tampon : pH7, pH4
- Solution de 0,1N,
- Solution de réactif au 3,5-DNS,
- Solution à doser (miel),
- Filtre à papier.

4. Méthodes analytiques

4.1. Protocole expérimentale

Le protocole expérimental est résumé dans le schéma ci-dessous.

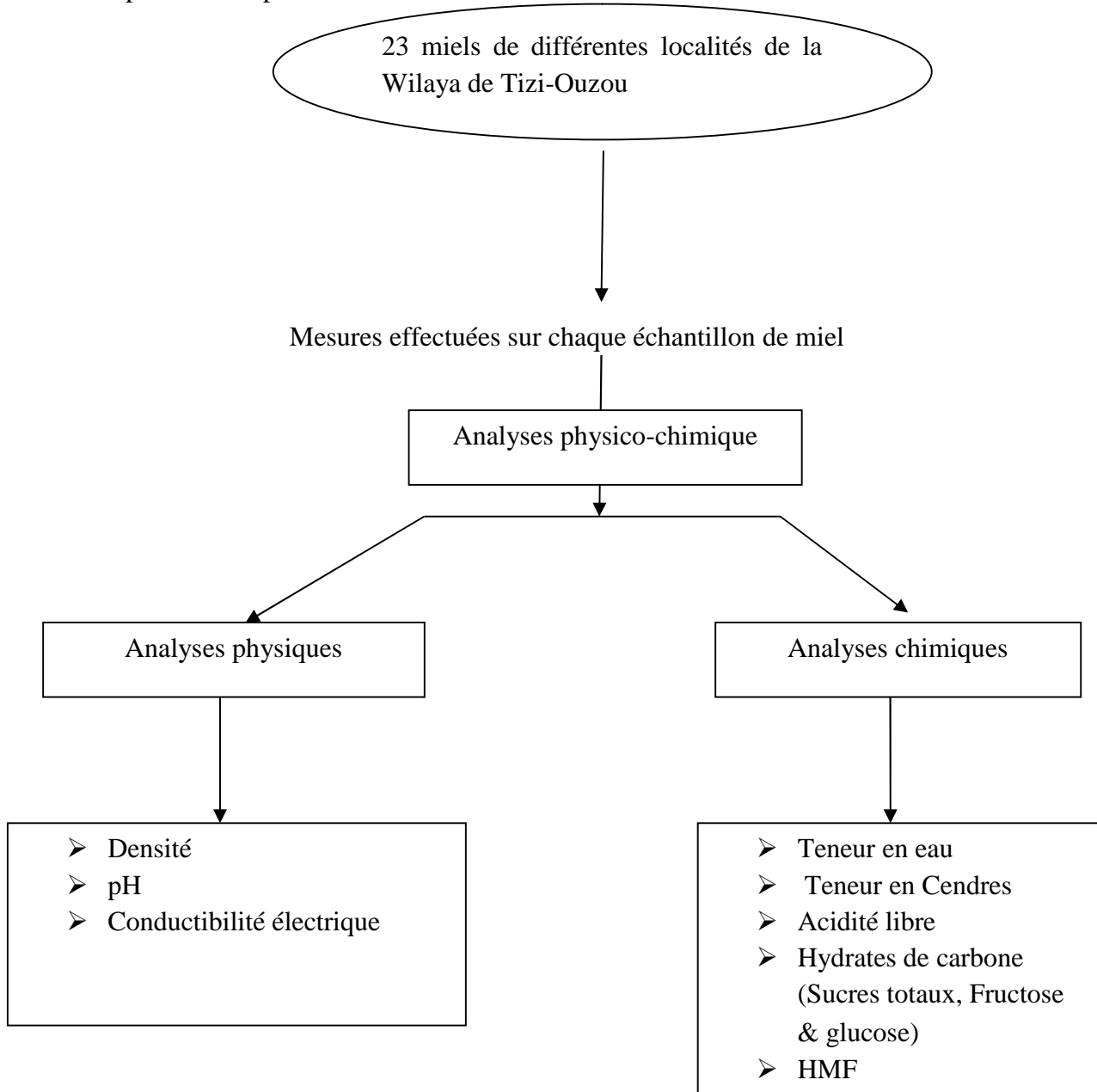


Figure 18 : Schéma du protocole expérimental.

4.2. Analyses physico-chimiques

Les analyses physicochimiques ont été effectuées sur les échantillons de miels en vue de connaître leurs caractéristiques afin de les comparer aux valeurs normatives exigées par la législation.

4.2.1. Analyses physiques

4.2.1.1. Détermination de la densité

C'est le rapport de masse d'un volume de miel et la masse d'un même volume d'eau distillée.

a) Mode opératoire

A l'aide d'une éprouvette du volume connu, on pèse 5ml de volume de miel homogène et le même volume d'eau distillée.

b) Expression des résultats

La densité du miel est calculée par le rapport suivant : $d = m / m'$

m : masse volumique de miel en gramme ;

m' : masse volumique d'eau distillée en gramme ;

d : nombre décimal de 2 à 3 chiffres après la virgule.

4.2.1.2. Détermination du pH

Le pH ou «potentiel d'hydrogène» est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu, il représente la concentration des ions H⁺ d'une solution et il est mesuré à l'aide d'un pH mètre.

a) Mode opératoire

Nous pesons 10g de miel dans un bécher nous lui ajoutons 75ml d'eau distillée et bien agiter pour homogénéiser le contenu pour ne pas avoir de cristaux.

Déposer le bécher sur une plaque agitatrice, nous plongeons la pointe de l'électrode du pH-mètre (Figure 19) dans la solution et la valeur du pH s'affiche.

Nous procédons à l'étalonnage du pH-mètre avant son utilisation à l'aide des solutions tampons du commerce (tampon de pH 7 et tampon de pH 4).



Figure 19 : pH mètre utilisé (originale, 2016).

b) Expression des résultats

La valeur du pH est directement lue sur l'écran de l'appareil.

4.2.1.3. Détermination de la conductibilité électrique

C'est la mesure à 20°C de la conductibilité électrique d'une solution aqueuse de miel à l'aide d'un conductimètre à électrode.

a) Mode opératoire

On dissout 6gr du miel dans quelques millilitres d'eau distillée et nous complétons à 25ml dans un bécher de 80ml, il faut bien homogénéiser la solution que nous versons par suite dans un bécher de 25ml puis nous plongeons l'électrode du conductimètre (Figure 20) dans la solution du miel, lorsque la température est à 20°C ± 0,5°C, à ce moment, la lecture de la valeur de la conductibilité sera faite.

NB : Le conductimètre est étalonnée avec de l'eau distillée.



Figure 20 : Conductimètre électrique utilisé (originale, 2016).

b) Expression des résultats

La valeur de la conductibilité électrique est donnée directement sur le conductimètre en m. Siemens par cm.

4.2.2. Analyses chimiques

4.2.2.1. Détermination de la teneur en eau

C'est la mesure optique de l'indice de réfraction qui varie en fonction de la concentration en matière sèche du produit à analyser et de la température.

a) Mode opératoire

A l'aide d'une spatule, nous déposons une goutte de miel sur le prisme du réfractomètre (Figure 21) et répartie en couche mince. Le miel à analyser doit être homogénéisé et parfaitement liquide. Si le miel se présente à l'état cristallisé, il sera nécessaire de le refondre dans un flacon hermétiquement fermé, en étuve ou en bain Marie à moins de 50°C.



Figure 21 : Réfractomètre RHB-90ATC (originale, 2016).

b) Expression des résultats

La lecture de la teneur en eau est effectuée à 20°C à travers l'oculaire du réfractomètre.

4.2.2.2. Détermination de l'acidité libre

L'acidité libre est définie comme étant l'acidité titrable par l'hydroxyde de sodium jusqu'à un pH du point équivalent soit pH_E (point de neutralisation de tous les acides libres).

a) Mode opératoire

10g de miel sont dissouts dans 75ml d'eau distillée dans un Bécher que nous plaçons sur un agitateur magnétique, son pH sera noté à l'aide du pH mètre.

Puis nous procédons au dosage de l'hydroxyde de sodium à 0,1N à l'aide d'une burette, jusqu'à l'obtention d'un pH égal à 8,3. On arrête et on note le volume de NaOH utilisé.

b) Expression des résultats

L'acidité libre est exprimée en milliéquivalents d'hydroxyde de sodium nécessaire pour porter à pH_E , 1000 grammes de miel.

$$AL = V * M$$

AL : Acidité libre exprimé en milliéquivalents d'acides libre par kg de miel,

V : nombre de ml de NaOH 0,1N utilisées pour neutraliser 10 g de miel,

M : masse de miel (10g).

4.2.2.3. Détermination de la teneur en cendres

Les cendres sont obtenues après carbonisation du miel avec précaution dans un four à moufle.

a) Mode opératoire

A l'aide d'une balance analytique, une masse M_0 de miel de 5g est pesée dans un creuset dont on connaît préalablement le poids, le tout est chauffé dans un four à moufle (Figure 22) réglé à 200°C pour assurer la carbonisation, puis augmenter la température à 550°C jusqu'à l'obtention d'une cendre blanche pendant 5 heures.



Figure22 : Four à moufle utilisé (originale, 2016).

b) Expression des résultats

La teneur en cendre est calculée selon la formule suivante : (pour 100g de miel)

$$W = \frac{M_1 - M_2}{M_0} \times 100$$

W : teneur en cendres en gramme,

M_1 : masse de creuset avec les cendres en gramme,

M_2 : masse de creuset vide en gramme,

M_0 : masse initiale de miel (5g).

4.2.2.4. Hydrates de carbone

4.2.2.4.1. Détermination de la teneur en sucres totaux

La teneur en glucides totaux peut se calculer à l'aide d'un réfractomètre portable, en déposant d'une goutte de miel sur la zone d'analyse du réfractomètre, puis fermer délicatement le capot.

Le miel va se déployer sur toute la zone d'analyse, à travers l'oculaire du réfractomètre on peut lire la valeur de degré Brix (Figure 23) qui indique la quantité de sucre (en g) contenue dans 100 g de miel

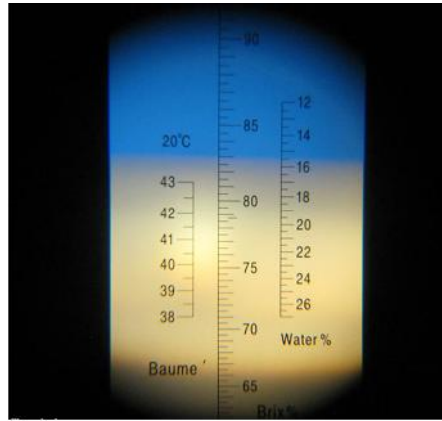


Figure 23 : Lecture de degré Brix sur le Refractomètre.

Nous avons procédé ensuite au dosage de fructose et du glucose.

4.2.2.4.2. Dosage du fructose

La méthode que nous avons utilisée est la méthode au 3,5-dinitrosalicylate (3,5-DNS), c'est une méthode colorimétrique. Le 3,5-DNS réagit avec les sucres réducteurs en donnant un produit coloré quantifiable par spectrophotomètre à 540 nm.

a) Mode opératoire

- Dans une série des tubes à vis, on introduit 0 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 et 1ml de solution étalon de fructose et on complète à 1ml avec de l'eau distillée, puis nous ajoutons 2ml de la solution du réactif au 3,5-DNS.

Les tubes bouchés sont portés au bain-marie bouillant en même temps, exactement 5minutes, puis ils sont refroidis dans un bain-marie d'eau glacée.

On complète chaque tube à 10ml avec de l'eau distillée, puis on homogénéise et on laisse reposer 15minutes à température ambiante.

- Préparation des solutions des miels S (3essais S1 et S2, S3)

Le dosage est réalisé sur 0,5ml de la solution S (miel) à doser. Les tubes S sont traitées dans les mêmes conditions et en même temps que la gamme d'étalonnage.

NB : Dans le cas de l'obtention de valeurs de DO très grandes il est nécessaire de réaliser des dilutions.

- Préparation de la solution DNS

Solution A : 2 g de DNS dispersé dans 40 ml d'H₂O.

Solution B : 3,2 g NaOH dissous dans 30 ml H₂O.

Mélanger la solution A et B et on y ajoute 60 g de Tartrate double de Na et K.

La dissolution du mélange peut nécessiter un léger chauffage sur une plaque chauffante.

Après dissolution, le volume est ajusté à 100 ml avec d'H₂O distillée dans une fiole et bien couvert avec du papier aluminium.

➤ Solution d'étalonnage

Dissoudre 0,12 gr de fructose dans 200ml d'eau distillée.

Le tableau2 résume la méthode du dosage de fructose

Tableau 2 : Valeurs de la méthode du dosage du fructose.

Numéro des tubes	1	2	3	4	5	6	S1	S2	S3
Solution étalon de fructose (ml)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1			
Solution S (ml)							0,5	0,5	0,5
Eau distillée (ml)	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0	0,5	0,5	0,5
Réactif (ml)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Boucher les tubes, les porter 5minutes au bain-marie. Refroidir.									
Eau distillée (ml)	7	7	7	7	7	7	7	7	7

b) Expression des résultats

D'après l'équation de la courbe d'étalonnage (Figure 24), on obtient les concentrations des différents miels analysés.

L'équation s'exprime comme suit : $Y = 0,874.X$

Avec : Y : Absorbance (densité optique),

X : Concentration du fructose en g/l.

$$X = DO / 0,874$$

Nous avons effectué des dilutions de nos miels, donc la concentration du fructose sera calculée comme suit : $X = \text{valeur lue.} / \text{dilutions}$

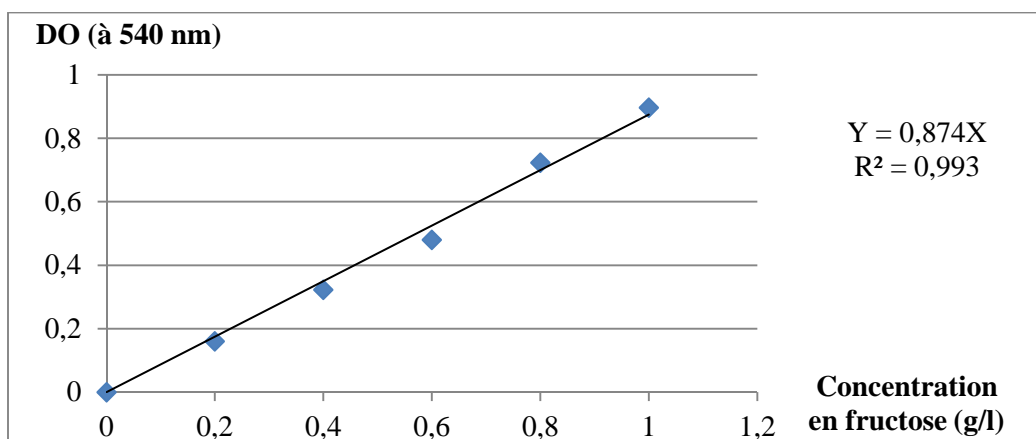


Figure 24 : Courbe d'étalonnage du fructose.

4.2.2.4.3. Dosage du glucose

La méthode utilisée est la méthode colorimétrique au 3,5-dinitrosalicylate (3,5-DNS).

Le 3,5-DNS réagit avec les sucres réducteurs en donnant un produit coloré quantifiable par spectrophotométrie à 530 nm.

a) Mode opératoire

Dans une série des tubes à vis, nous introduisons 0 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 et 1ml de solution étalon de glucose et nous complétons à 1ml avec de l'eau distillée, puis nous ajoutons 2 ml de la solution du réactif au 3,5-DNS.

Les tubes bouchés sont portés au bain-marie bouillant en même temps, exactement 5 minutes, puis ils sont refroidis dans un bain-marie d'eau glacée.

Nous complétons chaque tube à 10 ml avec de l'eau distillée, nous homogénéisons et puis nous les laissons reposer 15 minutes à température ambiante.

➤ Préparation des solutions des miels S (3essais S1 et S2, S3)

Le dosage est réalisé sur 0,5 ml de la solution S (miel) à doser. Les tubes S sont traitées dans les mêmes conditions et en même temps que la gamme d'étalonnage.

NB : Dans le cas de l'obtention de valeurs de DO très grandes il est nécessaire de réaliser des dilutions.

➤ Préparation de la solution DNS

Solution A : 2 g de DNS dispersé dans 40 ml d'H₂O.

Solution B : 3,2 g NaOH dissous dans 30 ml H₂O.

Mélanger la solution A et B et on y ajoute 60 g de Tartrate double de Na et K.

La dissolution du mélange peut nécessite un léger chauffage sur une plaque chauffante.

Après dissolution, le volume est ajusté à 100 ml avec d'H₂O distillée dans une fiole et bien couvert avec du papier aluminium.

➤ Solution d'étalonnage

Dissoudre 0,250 gr de glucose dans 250 ml d'eau distillée.

Le tableau 3 résume la méthode du dosage de glucose.

Tableau 3 : Valeurs de la méthode du dosage du glucose.

Numéro des tubes	1	2	3	4	5	6	S1	S2	S3
Solution étalon de glucose (ml)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1			
Solution S (ml)							0,5	0,5	0,5
Eau distillée (ml)	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5
Réactif (ml)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Boucher les tubes, les porter 5minutes au bain-marie. Refroidir.									
Eau distillée (ml)	7	7	7	7	7	7	7	7	7

b) Expression des résultats

D'après l'équation de la courbe d'étalonnage (Figure 25), on obtient les concentrations des différents miels analysés. L'équation s'exprime comme suit :

$$Y = 0,993 X$$

Avec Y : absorbance (densité optique DO)

X : concentration en g/l

$$X = DO/0,993$$

Puisque nous avons dilué nos échantillons la concentration du glucose sera donc :

$$X = \text{valeur lue. } 1/\text{dilution}$$

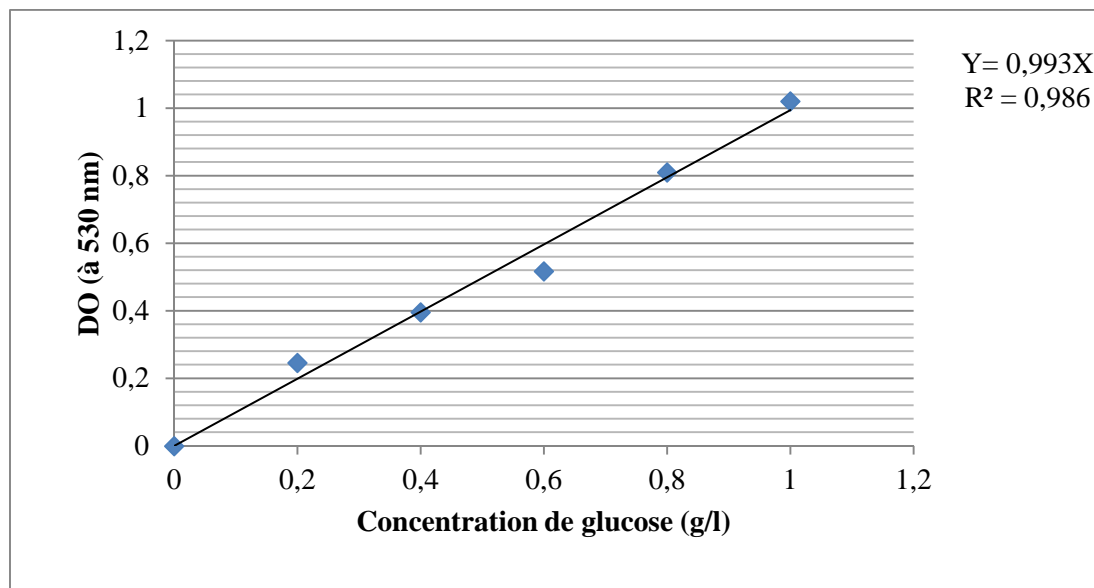


Figure 25 : Courbe d'étalonnage du glucose.

4.2.2.5. Hydroxy-Méthyl-Furfural (HMF)

La détermination de la teneur en HMF est basée sur la détermination de l'absorbance UV par l'UMT à 284nm. Dans le but d'éviter les interférences des autres composés à cette longueur on détermine la différence entre les absorbances d'une solution aqueuse claire de miel et la même solution après addition de bisulfite. La teneur en HMF est calculée après substitution de l'absorbance de base à 336nm. Cette méthode est basée sur le travail original de WHITE.

a) Matériel

– Les réactifs utilisés sont :

Solution Carrez I : Dissoudre 15g d'hexacyanoferrate de potassium. $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$ dans l'eau et compléter à 100ml.

Solution Carrez II : Diluer 30g d'acétate de Zinc $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ et compléter à 100ml. Solution de Bisulfite de sodium (0,2g /100g) : Dissoudre 0,2g de sulfate de

sodium et d'hydrogène NaHSO_3 (ou metabisulfite $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) dans l'eau et diluer à 100ml. Préparer une solution fraîche quotidiennement.

b) Mode opératoire

Peser approximativement 5g de miel dans un bécher de 50ml. Dissoudre dans 25ml d'eau et transférer cette quantité dans une fiole de 50ml. Ajouter 0,5ml de la solution de Carrez I et mélanger. Ajouter 0,5ml de la solution Carrez II et mélanger puis compléter jusqu'au trait avec de l'eau (une goutte d'éthanol peut être ajoutée pour éliminer la mousse). Filtrer la solution en utilisant un papier filtre en jetant la première dizaine de ml de filtrat. Pipeter 5ml dans deux tubes à essais. Dans le premier tube, on ajoute 5ml d'eau et on mélange (solution-échantillon). Dans le second tube, on ajoute 5ml de la solution bisulfite (0,2%) et on mélange (solution de référence).

La dilution de l'échantillon et de la référence est effectuée comme suit :

Ajouts au tube à essais	Solution échantillon	Solution de référence
Solution initiale de miel	5ml	5ml
Eau	5ml	0
Solution de bisulfate de sodium (0,2%)	0	5ml

On détermine l'absorbance de la solution-échantillon et celle de la référence à 284 et 336nm dans les cellules en quartz. Si la valeur de l'absorbance à 284nm dépasse la valeur d'environ 0,6, on dilue de la même façon la solution échantillon avec de l'eau et la solution de référence avec bisulfite de sodium. Ceci est dans le but d'obtenir une absorbance suffisamment faible pour la mesure photométrique. Si une dilution D est nécessaire elle est calculée par : $D = \text{Volume finale de la solution échantillon}$.

c) Expression des résultats

$$\text{HMF mg/kg} = [A_{284} - A_{336}] \times 149,7 \times 5 \times D/W$$

A_{284} : l'absorbance à 284nm,

A_{336} : l'absorbance à 366nm,

D : le facteur de dilution (Si la dilution est nécessaire),

W : le poids en grammes de l'échantillon de miel,

$$149,7 = \frac{126 \times 1000 \times 1000}{16830 \times 10 \times 5} = \text{Facteur}$$

126 : la masse moléculaire de HMF,

16830 : l'absorptivité molaire ϵ du HMF à $\lambda = 284\text{nm}$,

1000 : la conservation des grammes en milligrammes,

1000 : la conservation des grammes de miel en kilogramme,

10 : la conservation de 5 à 50ml,

5 : la masse théorique de l'échantillon de miel.

5. Analyse statistique

Les données enregistrées sont soumises :

- A une analyse descriptive, une analyse en composantes principales (ACP) et à une analyse factorielle puis à une classification ascendante hiérarchique (CAH) à l'aide d'un logiciel XLSTAT 2016.
- Au Microsoft Excel 2007, pour la présentation graphique des résultats obtenus.

Résultats et discussions

Notre travail a pour objectif l'analyse physicochimique de 23 échantillons de miels de la Wilaya de Tizi-Ouzou, dont le but de déterminer leurs qualités physiques et chimiques, la détection des fraudes, et la détermination de leurs origines botaniques.

1. Description des analyses physiques

Les résultats de l'analyse physique des différents miels (la densité, le pH et la conductivité électrique) sont présentés dans le tableau 4. Ils sont présentés par la moyenne \pm écartype pour chaque échantillon puis pour l'ensemble des 23 échantillons.

Tableau 4 : Caractéristiques des analyses physiques des miels (Moyenne \pm Ecartype).

N°échantillon	Densité	pH	Conductivité électrique (mS/cm)
1	1,4 \pm 0,03	4,44 \pm 0,11	1,77 \pm 0,16
2	1,36 \pm 0,08	4,04 \pm 0,12	0,9 \pm 0,27
3	1,31 \pm 0,04	3,8 \pm 0,04	1,11 \pm 0,13
4	1,4 \pm 0,11	4,26 \pm 0,09	1,24 \pm 0,03
5	1,29 \pm 0,01	3,87 \pm 0,05	0,91 \pm 0,25
6	1,51 \pm 0,10	3,89 \pm 0,13	0,89 \pm 0,27
7	1,36 \pm 0,08	4,07 \pm 0,05	1,39 \pm 0,01
8	1,32 \pm 0,14	3,81 \pm 0,08	1,03 \pm 0,03
9	1,17 \pm 0,21	3,78 \pm 0,21	0,72 \pm 0,10
10	1,45 \pm 0,07	3,91 \pm 0,08	0,88 \pm 0,23
11	1,37 \pm 0,16	3,75 \pm 0,08	0,36 \pm 0,02
12	1,45 \pm 0,18	3,66 \pm 0,17	0,6 \pm 0,01
13	1,01 \pm 0,18	3,49 \pm 0,11	0,39 \pm 0,03
14	1,36 \pm 0,03	3,5 \pm 0,07	0,29 \pm 0,04
15	1 \pm 0,51	3,82 \pm 0,12	0,76 \pm 0,18
16	1,34 \pm 0,23	4,05 \pm 0,04	0,94 \pm 0,08
17	1,41 \pm 0,16	3,49 \pm 0,03	0,28 \pm 0,03
18	1,4 \pm 0,23	3,33 \pm 0,30	0,45 \pm 0,12
19	1,31 \pm 0,13	3,42 \pm 0,10	0,36 \pm 0,03
20	1,28 \pm 0,37	3,45 \pm 0,11	0,29 \pm 0,09
21	1,4 \pm 0,03	3,57 \pm 0,10	0,42 \pm 0,01

22	1,31±0,01	4,13±0,11	0,94±0,23
23	1,29±0,01	4,05±0,02	0,81±0,06
Moyenne	1,33	3,81	0,77
Ecartype	0,12	0,29	0,4
Minimum	1,00	3,33	0,28
Maximum	1,51	4,44	1,77

Nos échantillons présentent des valeurs de densité qui varient de 1 à 1,51 avec une moyenne de 1,33 et des valeurs de pH comprises entre 3,33 et 4,44 dont la moyenne est de 3,81. La conductivité électrique varie entre 0,28 et 1,77mS/cm avec une moyenne de 0,77mS/cm.

1.1. Densité

L'analyse de la densité est un critère très important pour évaluer la qualité d'un miel. Elle peut facilement donner un aperçu sur les tentatives de fraudes et d'adultération.

La densité des différents échantillons analysés est comprise entre 1,00 et 1,51 avec une moyenne de $1,33 \pm 0,12$ (Figure 26).

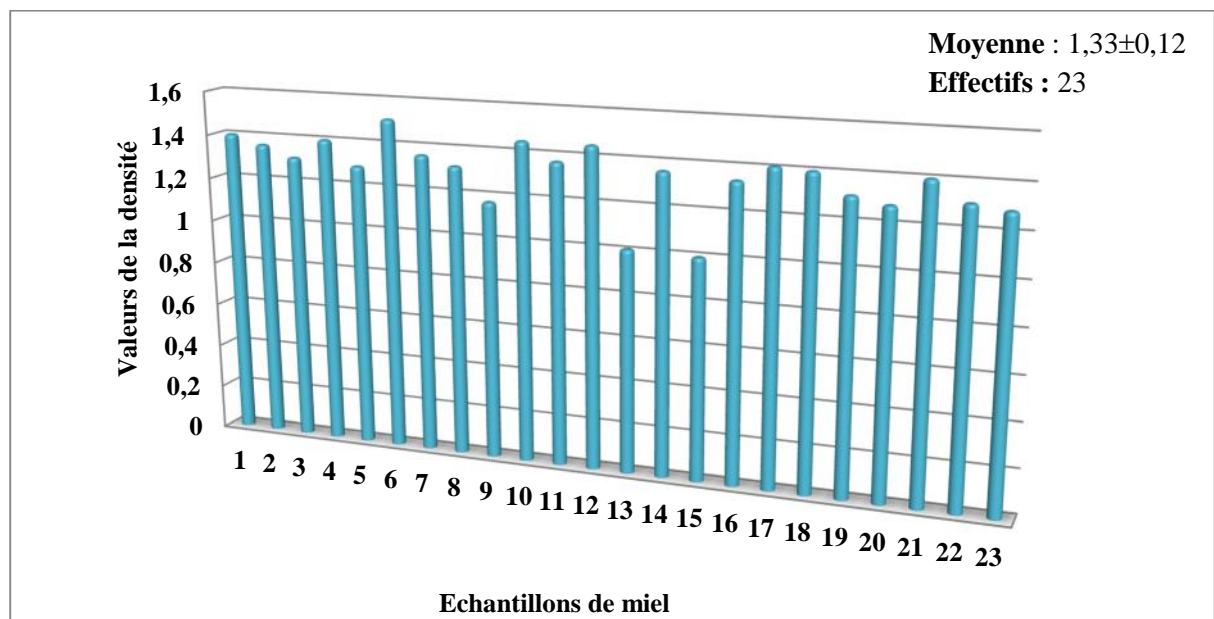


Figure 26 : Variations de la densité en fonction des échantillons du miel.

Sur les 23 échantillons, 34,78% soit 8/23 des miels sont conformes aux normes fixées par la législation française (1,39 à 1,52), tandis que 65,22 % (soit 15/23) restent ont des valeurs inférieures aux normes minimales fixées par le *Codex Alimentarius* (2001) qui est 1,39.

Nos résultats sont proches à ceux de **REBIAI** *et al.* (2015) qui ont travaillé sur les miels produits dans le sud d'Algérie, dont la densité est comprise entre 1,43 et 1,59 avec une moyenne de $1,50 \pm 0,05$, ainsi que ceux enregistrés par **CHEFROUR** *et al.* (2009) sur les miels de nord du pays (1,37 à 1,5).

Selon **BOGDANOV** (2011), le miel a une densité relativement élevée qui varie entre 1,40 et 1,45 g/cm^3 , elle est en fonction de la teneur en eau et à moindre degré de la composition chimique du miel.

En effet pour **PROST**(2005), la densité d'un miel varie en fonction de sa teneur en eau lorsque la teneur en eau augmente la densité baisse, alors que pour **GONNET** (1995), la densité ne varie pas seulement en fonction de la teneur en eau, mais également en fonction de la température, la composition et la présence des impuretés qui peuvent l'augmenter.

L'échantillon N°15 représente la plus basse valeur de densité (1,00) qui ne correspond pas à la norme préconisée par *Codex Alimentarius*.

1.2. pH

Le pH caractérise l'acidité ou la basicité d'un produit. C'est une mesure qui permet la détermination de l'origine florale du miel.

Les différentes variations de pH de nos échantillons sont illustrées dans la figure 27.

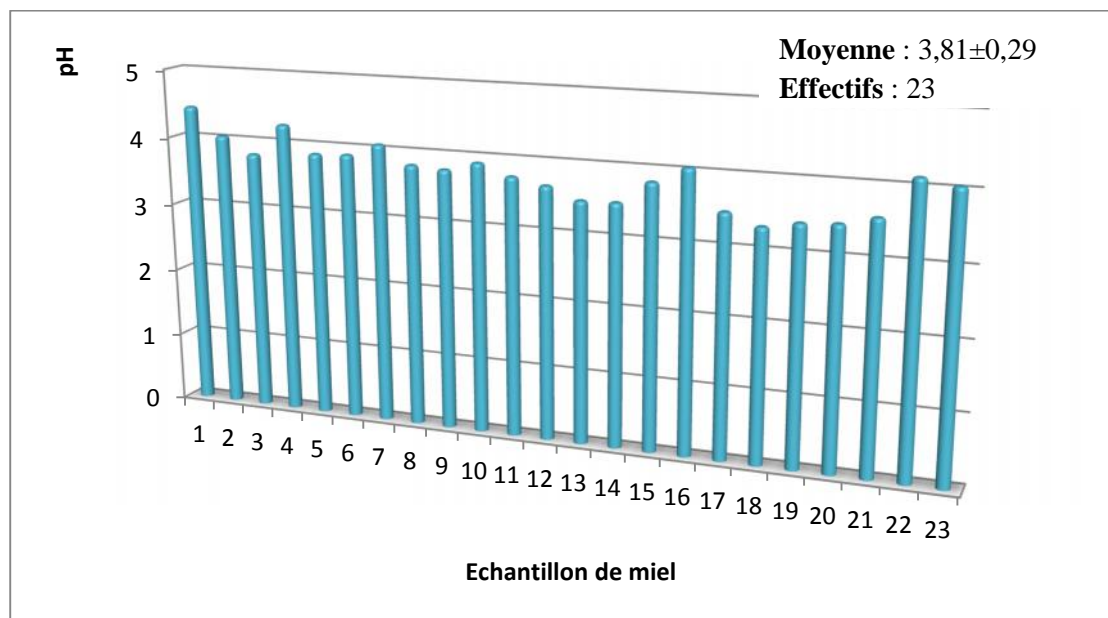


Figure 27 : Variations de pH des échantillons analysés.

Le pH des miels étudiés tend vers l'acidité, il est compris entre 3,33 et 4,44 avec une moyenne de $3,81 \pm 0,29$. Nos résultats sont conformes avec ceux représentés par **BOGDANOV** *et al.* (1999) qui ont signalé que les miels issus du nectar ont un pH

compris entre 3,5 et 4,5, par contre ceux provenant des miellats sont compris entre 5 et 5,5. Aucun pH de nos échantillons ne dépasse la limite permise, ce qui permet de conclure que nos échantillons sont tous des miels du nectar.

Nos résultats sont similaires à ceux rapportés par **AMRI et ALI, (2013)** sur les miels multif floraux de la région nord-est de l'Algérie qui varient de 3,33 à 4,6. Ils sont proches de ceux de **DOUKANI et al. (2014)** qui ont étudié quelques miels algériens dont le pH varie entre 3,70 et 4,05 avec une moyenne de 3,9, ainsi que ceux rapportés par **ZERROUK et al. (2011)** sur les miels de la région de centre du pays (3,58 à 4,72) et **ADJLANE et al. (2010)** sur les miels algériens (3,40 à 4,46 avec une moyenne de $3,87 \pm 0,29$). Pour **MAKHOULFI et al. (2010)** le pH des miels multif floraux et monof floraux est respectivement de 3,93 et de 4,4.

Par ailleurs, **ACHOURI et al. (2015)**, ont enregistré des valeurs de pH élevées, qui sont respectivement 4,18 et 4,68 pour les miels de Ziziphus et d'Acacia, de même **REBIAI et al. (2015)** sur les miels de sud de l'Algérie avec des valeurs du pH qui varient entre 4,29 à 4,66 avec une moyenne de $4,54 \pm 0,17$.

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**).

1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique est un paramètre qui montre une grande variabilité liée à l'origine florale, elle est considérée comme l'un de meilleurs paramètres pour la différenciation entre les miels de différentes origines florales.

De la figure 28, il apparaît que les valeurs de la conductivité électrique des miels analysés sont comprises entre 0,28 et 1,77 mS/cm avec une moyenne de $0,77 \text{ mS/cm} \pm 0,4$.

Les miels du nectar doivent avoir des valeurs de conductivité inférieures à 0,8mS/cm. Tandis que les miels de miellats doivent avoir des valeurs supérieures à 0,8mS/cm (*Codex Alimentarius, 2001*). Les résultats de la conductivité électrique sont comparables à celle de **NAMAN et al. (2005)** sur les miels marocains avec des valeurs comprises entre 0,215 et 0,761 mS/cm et une moyenne de 0,518 mS/cm.

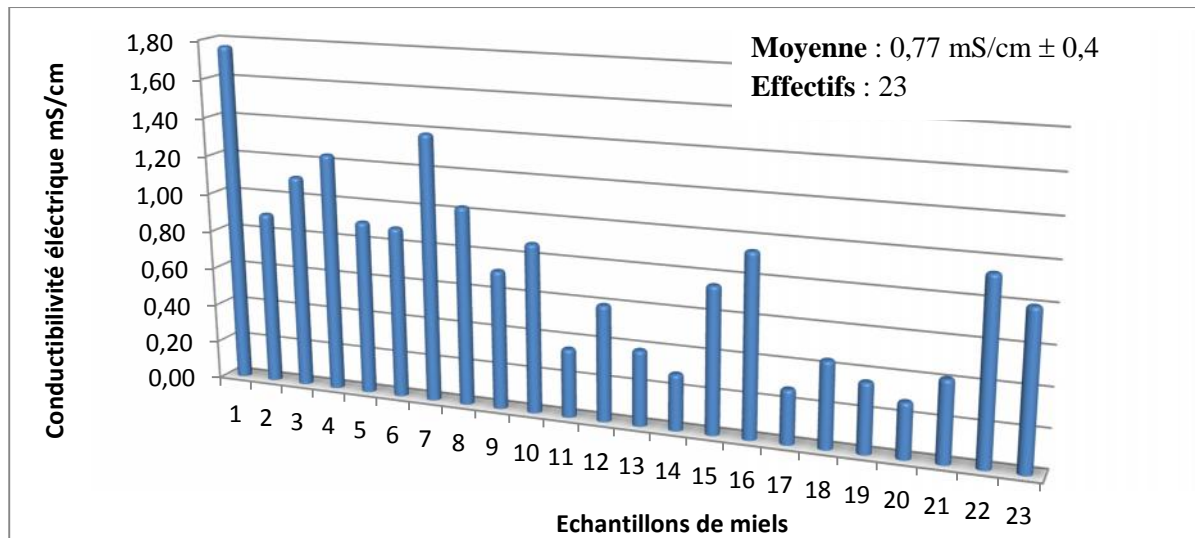


Figure 28 : Représentation graphique des valeurs de la conductivité électrique des miels analysés.

Sur la totalité des miels analysés 52,17% (soit 12/23), ont des valeurs inférieures à 0,8 mS/cm fixées par le *Codex Alimentarius*, donc ils sont d'origine du nectar, ces variations de conductivité électrique sont comparables avec celles de **DOUKANI et al. (2014)** avec des valeurs qui varient entre 0,267 et 0,729 mS/cm, ainsi que celles rapportées par **MAKHOULFI et al. (2010)** sur les miels de toutes fleurs et monofloraux (0,55 vs 0,60) et **AMRI et ALI. (2013)** sur les miels multifloraux de la région nord d'Algérie avec une valeur de 0,7mS/cm.

Ils sont aussi similaires avec ceux enregistrés par **REBIAI et al. (2015)** sur les miels produits dans le sud du pays avec des valeurs comprises entre 0,281 et 0,972 et une moyenne de 0,597 mS/cm±0,291.

47,83% (soit 11/23) de nos échantillons ont des valeurs de conductivité supérieures à la limite inférieure préconisée (0,8mS/cm), ce qui pourrait signifier la présence massive de minéraux (meilleur conducteur de courant électrique), ces miels seraient des mélanges du nectar et de miellat.

Il est bien connu selon **GONNET (1982)** que les miels foncés sont les plus riches en minéraux ionisables et en pigments, qui sont des éléments conducteurs d'électricité par excellence. Donc pour les échantillons (1,2,3,4,5,6,7,8,10,16,22) les plus foncés qui présentent une conductivité très élevée, cela est due à leurs richesses en matières minérales et en pigments.

2. Description des analyses chimiques

Les résultats de variations des paramètres chimiques c'est à dire la teneur en eau, l'acidité libre, les cendres, les sucres totaux, le glucose, le fructose et le HM sont résumés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Caractéristiques générales des paramètres chimiques des miels.

N°	Teneur en eau (%) (Moyenne)	Acidité libre (meq/kg) (Moyenne)	Cendres (%) (Moyenne ±Ecartvne)	Sucres totaux (%) (Moyenne)	Glucose (%) (Moyenne ±Ecartype)	Fructose (%) (Moyenne ±Ecartype)	HMF (mg/kg)
1	16,63±1,38	61,33±2,31	2,14±1,38	81,4±0,17	32,98±1,07	24,90±1,52	6,74
2	15,63±0,33	44,33±3,79	0,49±0,33	82,87±1,18	24,17±5,13	12,07±0,40	14,07
3	18,17±0,28	67,33±7,09	0,35±0,28	81,9±0,36	17,88±2,92	12,81±1,02	41,02
4	16,87±1,25	44,33±2,08	1,44±1,25	82,03±0,6	38,34±1,01	14,42±0,64	52,99
5	17,7±0,23	56,67±8,08	0,74±0,23	81,13±0,15	52,17±8,55	10,70±2,18	31,59
6	16,07±0,13	48,33±2,08	0,60±0,13	82,77±0,40	28,25±3,63	17,68±1,86	32,19
7	15,10±0,32	56,67±3,06	1,20±0,32	83,6±0,00	29,05±2,35	25,80±0,67	4,94
8	17±0,15	49,67±3,79	0,51±0,15	81,93±0,12	30,56±3,35	25,69±0,56	21,63
9	16,27±0,18	41,67±1,15	0,55±0,18	82±0,00	30,01±1,28	27,75±2,10	12,57
10	16,7±0,12	37,67±3,21	0,46±0,12	81,6±0,00	28,90±3,85	28,15±0,16	5,54
11	16,1±0,06	23,33±2,31	0,27±0,06	82,27±0,06	69,62±8,62	24,26±1,78	23,50
12	15,3±0,05	47,67±14,36	0,33±0,05	82,37±0,40	50,15±3,42	31,98±0,57	19,76
13	17,07±0,06	35,33±5,13	0,12±0,06	81,3±0,17	38,52±5,63	22,54±5,02	19,46
14	17,1±0,04	32±1,00	0,10±0,04	81,7±0,26	27,59±3,56	26,20±1,21	17,66
15	16,7±0,24	40,67± 4,04	0,53±0,24	82,3±0,17	23,11±1,64	27,06±3,32	13,62
16	16,07±0,41	57,33± 2,08	0,78±0,41	82,1±0,17	35,65±3,56	39,32±1,89	0,75
17	15,83±0,04	28,67±3,06	0,10±0,04	82,8±0,00	34,64±5,13	15,79±1,78	14,52
18	15,57±0,08	43,33±5,77	0,30±0,08	83,4±0,00	42,25±1,07	25,51±2,91	46,71
19	17,17±0,04	30±1,00	0,08±0,04	82,57±0,15	39,12±1,50	13,44±0,73	15,42
20	16,33±0,24	34,67±4,16	0,23±0,24	82,33±0,12	39,96±1,28	12,13±0,23	15,12
21	15,27±0,04	33,67±4,93	0,21±0,04	85,17±0,46	57,85±1,35	31,46±1,29	12,72
22	15,63±0,45	51,33±2,31	1,26±0,45	84,4±0,2	40,99±0,14	14,04±1,49	4,34
23	16,9±0,44	40±5,29	1,33±0,44	81,53±0,06	41,79±2,99	25,97±0,97	50,75

Moyenne	16,4	43,74	0,61	82,41	38,05	15,03	20,77
Ecartype	0,80	11,29	0,53	0,98	11,12	6,31	15,02
Minimum	15,10	23,33	0,08	81,13	17,88	5,98	0,75
Maximum	18,17	67,33	2,14	85,17	69,62	30,25	53,00

2.1.Teneur en eau

D'après GONNET (2004), la détermination de la teneur en eau conditionne l'état de la maturation et de la conservation du miel. Elle constitue le meilleur repère de qualité et de la durabilité de ce dernier. Il permet de renseigner sur la stabilité contre la fermentation et la cristallisation au cours de stockage.

La teneur en eau des échantillons étudiés varie de 15,10 à 18,17 % avec une moyenne de 16,4 %± 0,80 (Figure 29). Ces valeurs sont en dessous de la limite maximale préconisée par Codex Alimentarius (2001) qui est de 20 % maximum, et proches de celles de AMRI et ALI.(2013) qui ont révélé des teneurs en eau comprises entre 13,7% et 18,09%.Des analyses sur quelques types de miels réalisées par DOUKANI et al . (2014), les valeurs en eau enregistrées varient entre 13,4 – 17,2%, pour YAICHE et ACHOUR et KHALI. (2014) les teneurs en eau sont comprises entre 13 et 15% avec une moyenne de 13, 84.

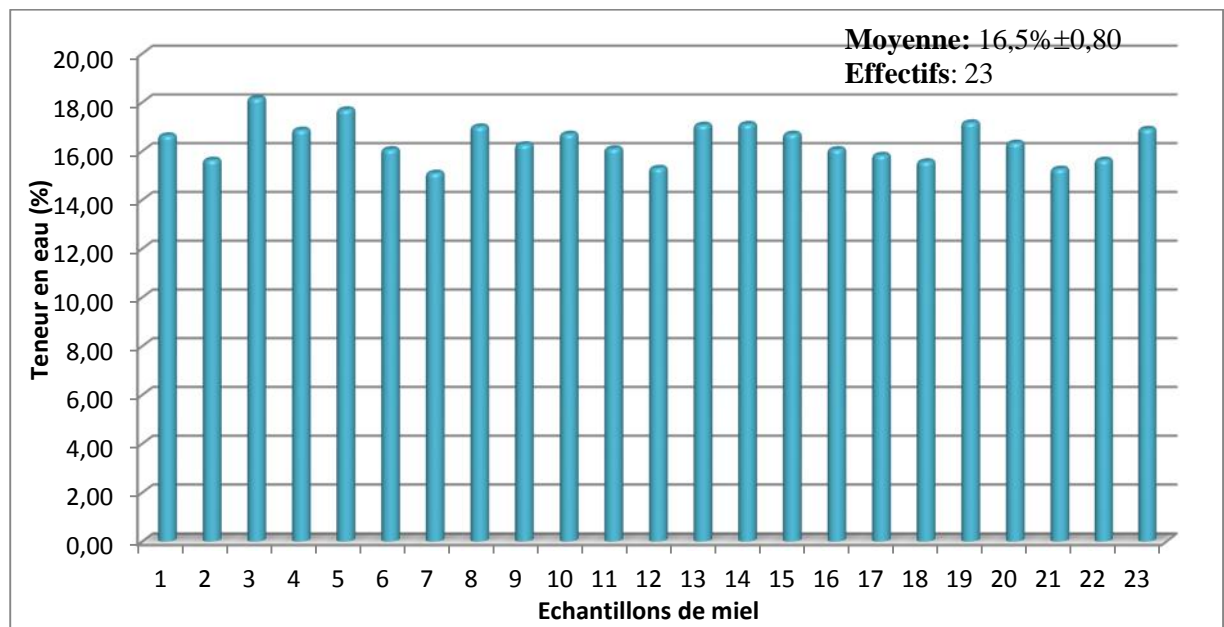


Figure 29 : Représentation graphique des valeurs de la teneur en eau des miels.

Le taux d'humidité le plus faible est 15,10 % constaté dans l'échantillon n°7, cela confirme que le risque de fermentation est très faible dans cet échantillon. Par contre, la teneur la plus élevée se présente dans l'échantillon n°3 (18,17%) et cela peut être dû soit à :

- La récolte précoce avant maturation (**PROST, 2005**) ;
- Au caractère hygroscopique du miel durant son extraction dans une atmosphère humide (humidité relative supérieure à 60%) ;
- L'operculation par les abeilles des alvéoles contenant des miels non mûrs ; dont la teneur en eau supérieur à 21%, ce qui induit une fermentation même dans les rayons (**PROST, 2005**) ;
- L'humidité élevée à l'intérieur de la ruche ce qui conduit à une déshumidification difficile du nectar et à la production d'un miel riche en eau (**GONNET, 1993**).

D'après **ZERROUK et al. (2011)**, l'eau et la teneur en sucre du miel sont strictement corrélées, la teneur en eau dépend de divers facteurs tels que la saison de récolte, le degré de maturité atteint dans la ruche et les facteurs climatiques.

2.2. Acidité libre

L'acidité des miels est essentiellement due à l'acide gluconique qui se présente dans tous les miels. Il est produit à partir du glucose conjointement avec du peroxyde hydrogène (eau oxygénée), en présence d'une enzyme « glucose-oxydase » sécrétée par l'abeille, ce qui confère au miel des propriétés antiseptiques (**SCHEITZER, 2005**). L'acidité libre désigne les acides non liés à d'autres molécules et qui peuvent intervenir directement dans les réactions (**ROSSANT, 2011**).

La figure 30 décrit les variations de l'acidité des échantillons de miels.

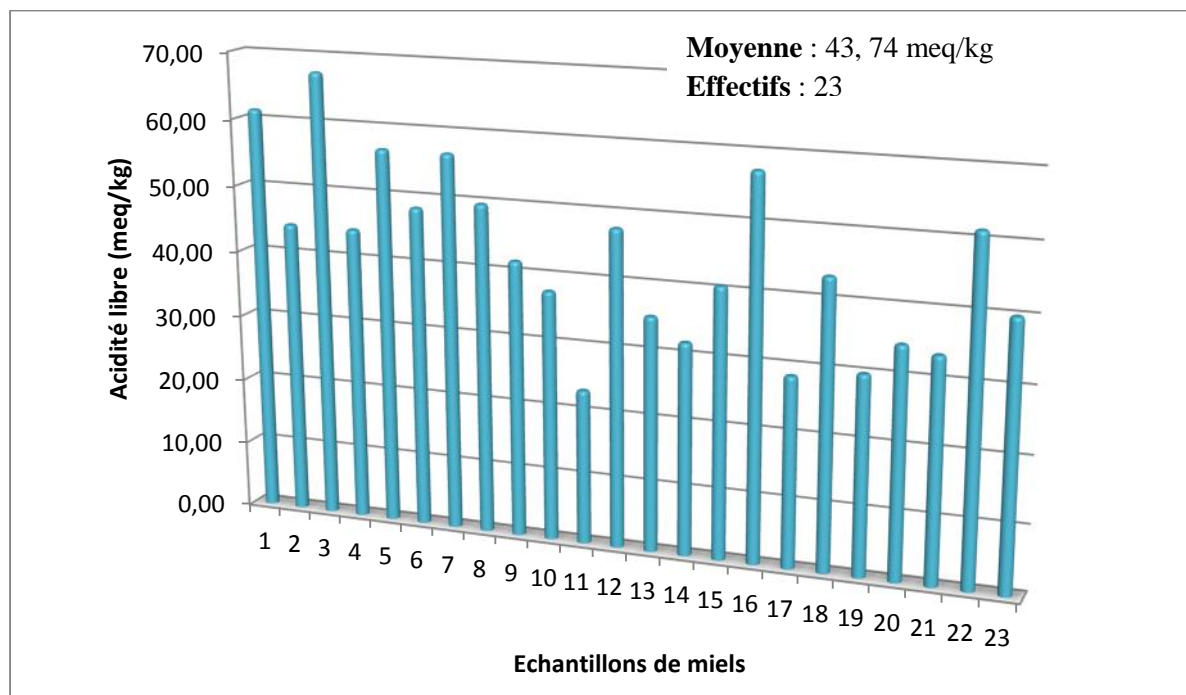


Figure 30 : Variations de l'acidité libre des miels étudiés.

Nous remarquons que la valeur de l'acidité libre des 23 échantillons de miel varie de 23,33 à 67,33 meq/kg avec une moyenne de 43,74 meq/kg. Selon les normes internationales de *Codex Alimentarius* (2001), l'acidité libre d'un miel ne doit pas dépasser 50 milliéquivalents/kg. Ces variations de l'acidité sont proches à celles enregistrées par **REBIAI et al.** (2015) sur les miels de sud d'Algérie (0,261 à 63,2 meq/kg).

Sur les 23 échantillons, 73,91 % (soit 17/23) ont une acidité inférieure à 50 meq/kg, ils sont conformes aux normes préconisées par le *Codex Alimentarius* (2001), les résultats des 17 échantillons se situent dans les moyennes rapportées par **AMRI et ALI.** (2013) sur les miels algériens du nord qui ont enregistré des valeurs d'acidité libres de 25,763 à 44,884 meq/kg.

En revanche, soit 26,09% des échantillons ayant des valeurs d'acidité libre plus élevée que la norme, sachant que la grande valeur de l'acidité est déterminée dans l'échantillon n°3, ceci est expliqué par la fermentation du miel pendant l'entreposage (Figure 31).



Figure 31 : Echantillon n°3 en état de fermentation.

L'acidité donne des indications intéressantes de l'état du miel. Une acidité forte des échantillons (1, 3, 5, 7, 16, 23) favorise la dégradation des hexoses en hydroxyméthyl furfural (HMF), qui a une grande incidence sur la qualité du produit, donc ces échantillons sont considérés comme des produits fragiles pour la conservation.

2.3.Teneur en cendres

Les cendres représentent le résidu minéral du miel après incinération. La détermination des cendres offre la possibilité de connaître la teneur en matière minérale globale du miel (**SILVA et al ; 2009**).

Les résultats des analyses, révèlent que nos échantillons sont minéralisés (0,08 à 2,14%) avec une moyenne de 0,61 % \pm 0,53 (Figure 32).

Sur les 23 échantillons, 69,57% (soit 16/23) présentent des valeurs inférieures ou égales à 0,6% (norme fixée par *Codex alimentarius*, 2001), ceci indiquerait que ces 16 échantillons étudiés sont d'origine florale, par contre 30,43 % des échantillons (Echantillons n° : 1, 4, 5, 7, 16, 22, 23) ont des valeurs supérieures à 0,6%, ceci nous permet de conclure qu'ils sont du miellat ou mélange miellat plus miel de nectar.

Pour **DOUKANI et al. (2014)**, les substances minérales des échantillons de miel algérien varient de 0,09 à 0,45 %. De même que, les résultats obtenus par **ZERROUK et al. (2011)** sur des miels produits au centre d'Algérie (0,075-0,33%).

WHITE et al. (1962), ont confirmé l'existence d'une relation entre la couleur des miels et leur teneur en cendres, les miels foncés sont nettement plus riches en cendres que ceux qui sont clairs, c'est le cas des échantillons n° : 1, 4, 5, 7, 16, 22, 23.

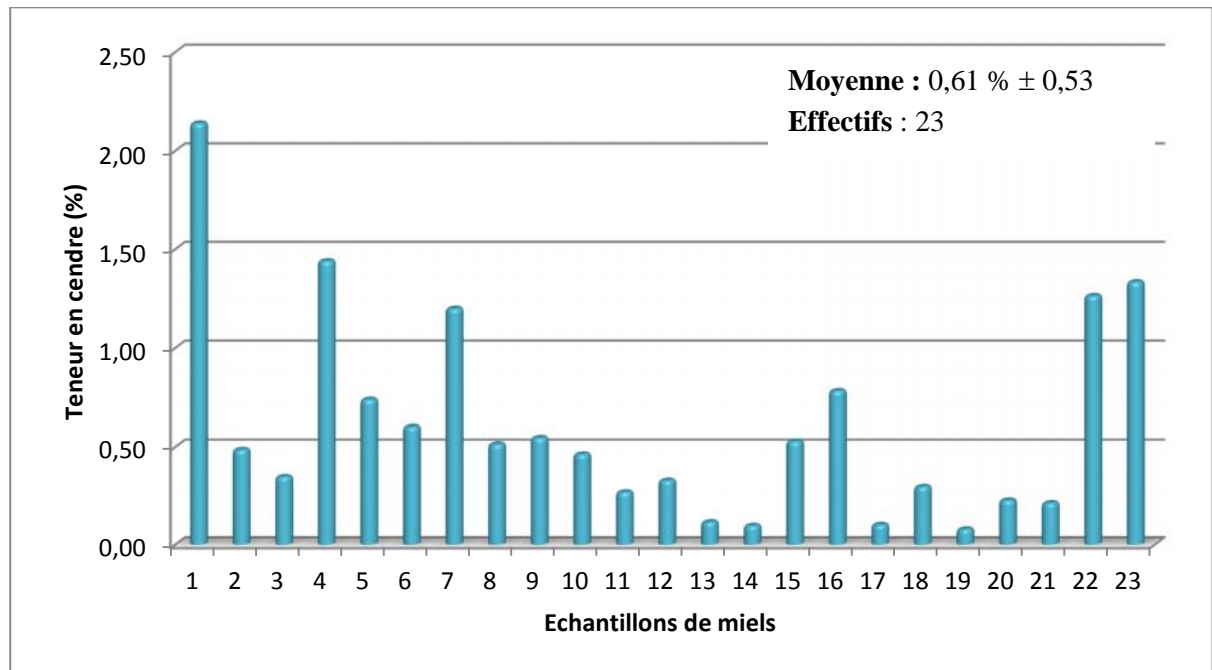


Figure 32 : Variations des cendres en fonction des échantillons de miel.

La variation de la teneur en cendres peut s'expliquer par les procédés de récolte, les techniques de l'apiculture et les matériels collectés par les abeilles lors de la recherche de nourriture sur la fleur et principalement déterminée par le sol et le climat caractéristique (**DOUKANI et al. 2014**).

2.4. Teneur en sucres totaux

Les sucres représentent les principaux composants de tous les types de miel. Les résultats de la teneur en sucres totaux des échantillons étudiés sont représentés dans le tableau 6.

La teneur obtenue pour les sucres totaux de nos échantillons varie de 81,13 à 85,17 degré de brix avec une moyenne de 82,41 degré de brix \pm 0,98. Ceci est dû au fait que les sucres sont les constituants majoritaires du miel.

Ces valeurs sont supérieures de celles enregistrées par **YAICHE-ACHOUR** et **KHALI**. (2014) sur quelques types de miels algériens (77,93 à 82,80 degré de brix).

Tableau6 : Variations des sucres totaux (degré de brix).

N°	Sucres totaux (degré de brix)	Ecartype
1	81,40	0,17
2	82,87	1,18
3	81,90	0,36
4	82,03	0,06
5	81,13	0,15
6	82,77	0,40
7	83,60	0,00
8	81,93	0,12
9	82,00	0,00
10	81,60	0,00
11	82,27	0,06
12	82,37	0,40
13	81,30	0,17
14	81,70	0,26
15	82,30	0,17
16	82,10	0,17
17	82,80	0,00
18	83,40	0,00
19	82,57	0,15
20	82,33	0,12
21	85,17	0,46
22	84,40	0,20
23	81,53	0,06

2.5. Teneur en Fructose

La densité optique (DO) des 23 échantillons du miel est mesurée à 540 nm par la méthode de DNS.

L'équation de la courbe d'étalonnage est la suivante : $DO = 0,874X$. La figure 33 illustre les variations de la teneur des échantillons en fructose. La teneur en fructose de nos échantillons analysés est respectivement entre 10,70 et 39,32% avec une moyenne de 22,16 % $\pm 7,78$. D'après JEANNE (2005), la teneur en fructose oscille entre 27,25 et 44,26% avec une moyenne de 28,9%, si nous nous référons à cet auteur sur les 23 échantillons analysés 21,74% (N° : 9, 10, 12, 16, 21), sont la conformes à ces normes.

Ces valeurs sont inférieures à celles enregistrées par EL SOHAIMY *et al.* (2015) sur les miels d'Egypte, miel d'Arabie Saoudi et miel du Yémen avec des valeurs respectivement 50,78 % $\pm 0,41$, 43,30 % $\pm 0,24$ et 38,76 % $\pm 0,20$ et elles sont inférieures aux résultats trouvés sur les miels du Kashmir (4,48 % $\pm 0,31$). De même, elles sont inférieures aux résultats enregistrés par MAKLOUFI *et al.* (2010) sur les miels multifloraux du nord Algérien (41,82% $\pm 3,55$) et miels d'eucalyptus (42,10% $\pm 3,31$).

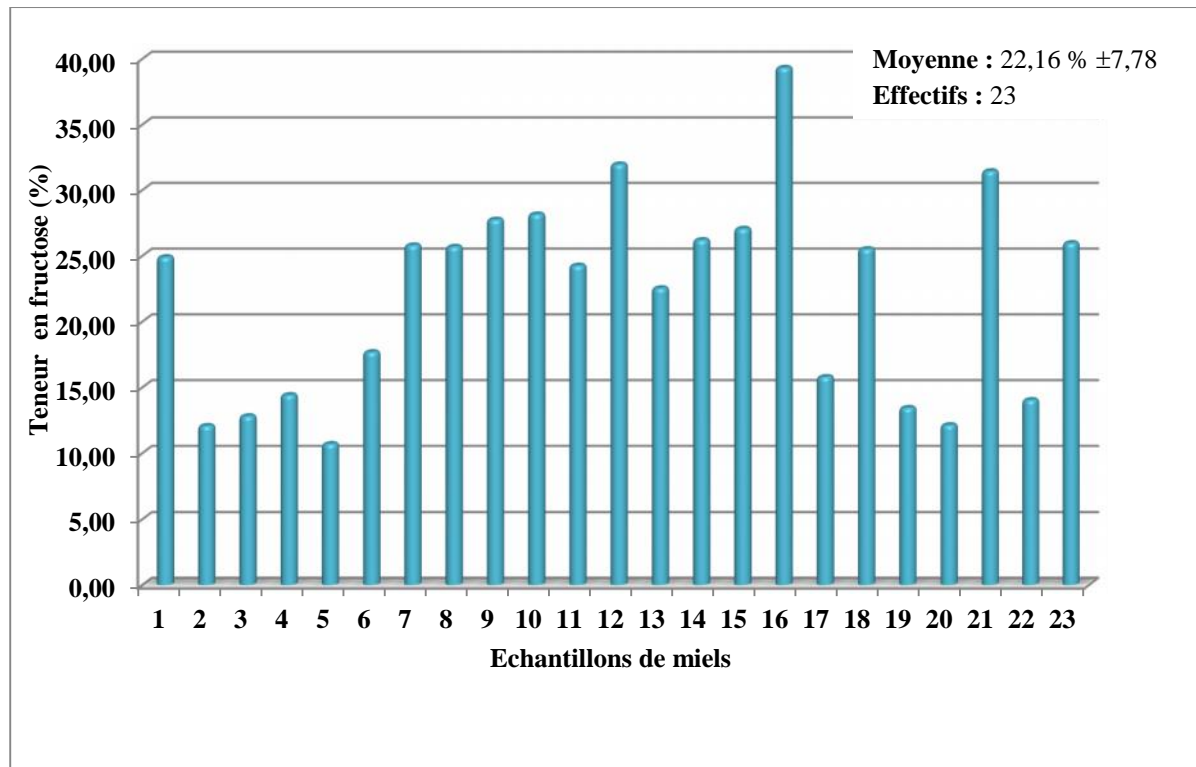


Figure33 : Variations de la teneur en fructose.

2.5. Teneur en glucose

La teneur en glucose est déterminée par la méthode du DNS, l'équation de la courbe d'étalonnage est la suivante : $DO = 0,993 X$. La figure 34 illustre les variations de la teneur en glucose de nos échantillons.

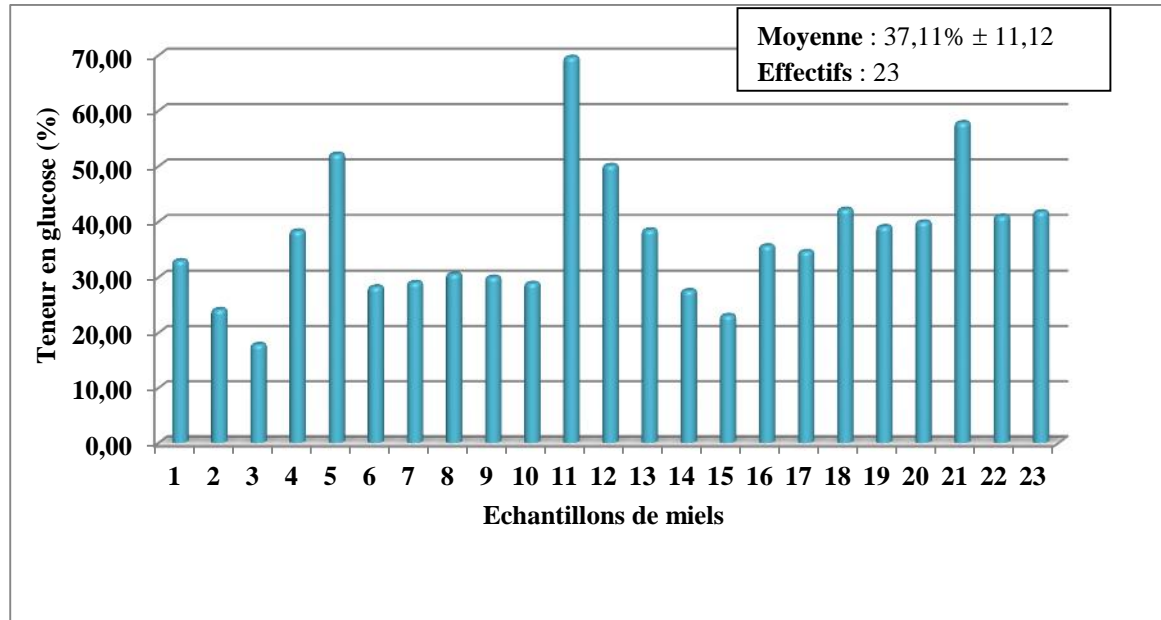


Figure 34 : Teneur en glucose des échantillons.

Les échantillons analysés ont des teneurs en glucose qui fluctuent entre 17,88 % et 69,62% avec une moyenne de $37,11\% \pm 11,12$. D'après **JEANNE (2005)**, la teneur, du miel en glucose varie entre 22,03 et 40,75%.

Sur les 23 échantillons analysés, 73,91% (17/23) sont conformes à la norme préconisée par **JEANNE (2005)**. Par contre, 30,43% des échantillons (7/23) ont des valeurs trop élevées par rapport à la limite supérieure (40,75%) ceci peut être expliqué par la méthode que nous avons adopté pour réaliser ce paramètre ainsi que par les produits utilisés parce que les apiculteurs d'où nous avons ramené les échantillons sont honnêtes.

2.7. Rapport Fructose /Glucose et Glucose/Eau

Le rapport F/G nous renseigne sur l'aptitude du miel à se cristalliser. Selon **POUTALLIER (1984)**, plus ce rapport est supérieur à 1,3 plus le miel restera liquide et inversement. La cristallisation est rapide lorsqu'elle est inférieure à 1. Cependant, ce rapport ne donne pas une indication nette sur la capacité de cristallisation d'un miel, du fait que le miel contient d'autres sucres (saccharose, maltose, etc.) et matières insolubles (dextrines, colloïdes...etc.), qui contribuent par leur présence à

entraver la cristallisation (DAHMANE et DAHMANE, 1999). Les rapports fructose/glucose et glucose/eau de nos échantillons sont résumés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Rapports fructose/glucose et glucose/eau des miels.

N°	F/G	G/E
1	0,76	1,98
2	0,50	1,55
3	0,72	0,98
4	0,38	2,27
5	0,21	2,95
6	0,63	1,76
7	0,89	1,92
8	0,84	1,80
9	0,92	1,84
10	0,97	1,73
11	0,35	4,32
12	0,64	3,28
13	0,59	2,26
14	0,95	1,61
15	1,17	1,38
16	1,10	2,22
17	0,46	2,19
18	0,60	2,71
19	0,34	2,28
20	0,30	2,45
21	0,54	3,79
22	0,34	2,62
23	0,62	2,47

Nous avons enregistré 21 échantillons représentant des valeurs n'excédant pas 1. De ce fait, la cristallisation est rapide, ce rapport favorise l'apparition et la multiplication des granulations.

Tandis que deux échantillons (n° : 15, 16) ont un rapport avoisinant 1,20 donc, la cristallisation est nulle.

Le rapport de G/E est un bon indicateur permettant d’anticiper les réactions du miel ; plus le rapport est modéré plus le taux de l’eau dans miel est élevé, plus il aura tendance à rester à l’état liquide. Plus ce rapport est élevé, plus le miel cristallisera rapidement.

D’après nos résultats, 4 échantillons (n° : 2, 3, 14, 15) ont des rapports inférieurs à 1,6. Cependant, 19 échantillons présentent un rapport qui est supérieur à 1,6 d’autres mêmes dépassent 2. Donc, ces miels sont fragiles à la cristallisation car la teneur en eau faible et les molécules de glucose auront tendance à se regrouper rapidement pour former des cristaux.

2.9. Hydroxyméthylfurfural (HMF)

L’apparition de ce composé est le résultat de la transformation des sucres simples et plus particulièrement du fructose en Hydroxyméthylfurfural. L’acidité et la teneur en eau élevée favorisent cette transformation, mais l’excès de chaleur et un entreposage prolongé sont des facteurs encore plus importants dans le processus (MARCEAU *et al.* 1994).

La figure 35 nous montre les valeurs obtenues pour l’HMF des échantillons analysés.

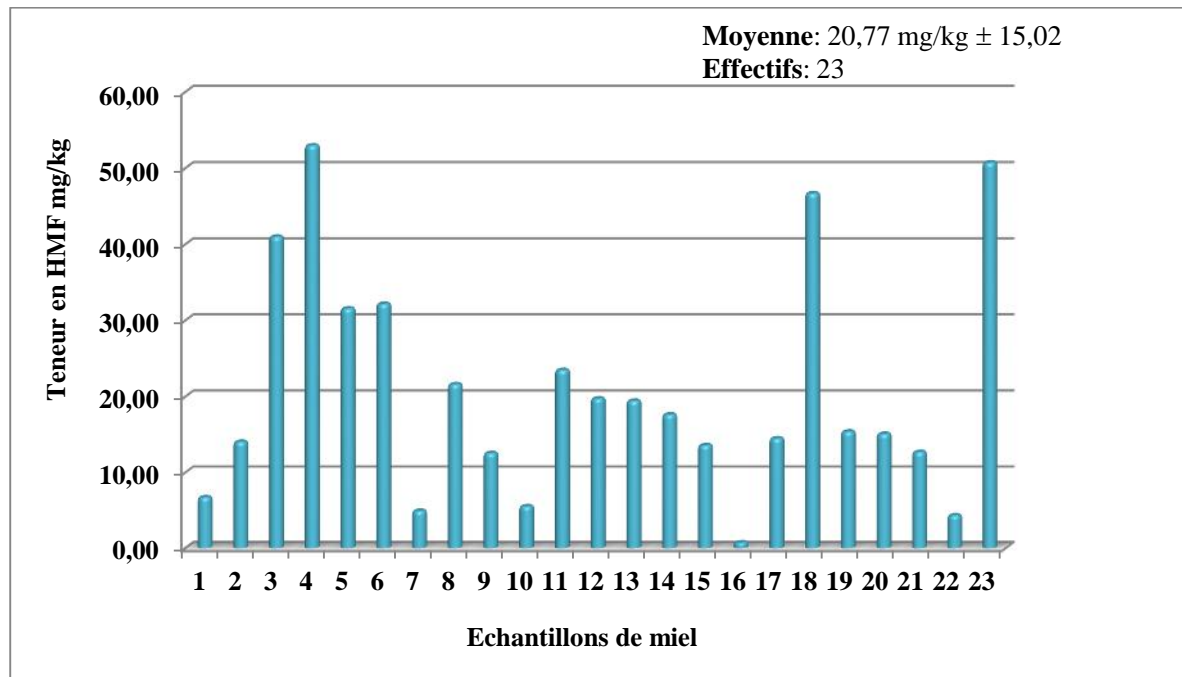


Figure 35 : Teneur en HMF des échantillons des miels.

L’analyse spectrométrique des échantillons du miel révèle des teneurs en HMF qui sont situées entre 0,75 et 53,00mg/kg avec une moyenne de 20,77mg/kg± 15,02.

Soit 19 échantillons de miels analysés présentent des valeurs conformes aux normes fixées par le *Codex Alimentarius* (2001) qui est de 40mg/kg. Par contre les

valeurs des échantillons n° : 3, 4, 18, 23 sont supérieures à la norme ceci pourrait s'expliquer par le stockage dans les mauvaises conditions, la décomposition partielle de glucose ou le vieillissement naturel du produit qui favorise ainsi la transformation du fructose en HMF (DOUKANI *et al.*, 2014).

DOUKANI *et al.* (2014), en analysant des échantillons de miels algériens ont trouvé des valeurs variant entre 5,376 et 55,29 mg/kg avec une moyenne de 23,67 mg/kg.

Ainsi que l'analyse de MAKHLOUFI *et al.* (2010) sur les miels multif floraux et miels d'eucalyptus ont enregistré des valeurs de HMF respectivement 17,18 mg/kg \pm 18,42 et 25,63 mg/kg \pm 27,24.

3. Résultats de l'Analyse factorielle

Afin de classer les 23 échantillons de miels nous avons conduit une étude statistique par Analyse en Composante Principale (ACP) et Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).

Les deux axes de l'ACP (Figure 37) expliquent 57,14% de la variance de la matrice analysée :

- L'axe 1(35,07%)
- L'axe 2(22,06%)

3.1. Typologie des miels identifiés

Les analyses statistiques par et CAH (Figure 36) ACP (Figure 37) permettent la mise en évidence de trois groupes distincts et chaque groupe se divise en sous-groupes.

Le premier groupe (G1) est constitué des miels n° : 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22.

Le second groupe (G2) comprend les miels n° : 3, 4, 5, 18, 23.

Le troisième groupe (G3) est constitué des miels n° : 11, 12, 21.

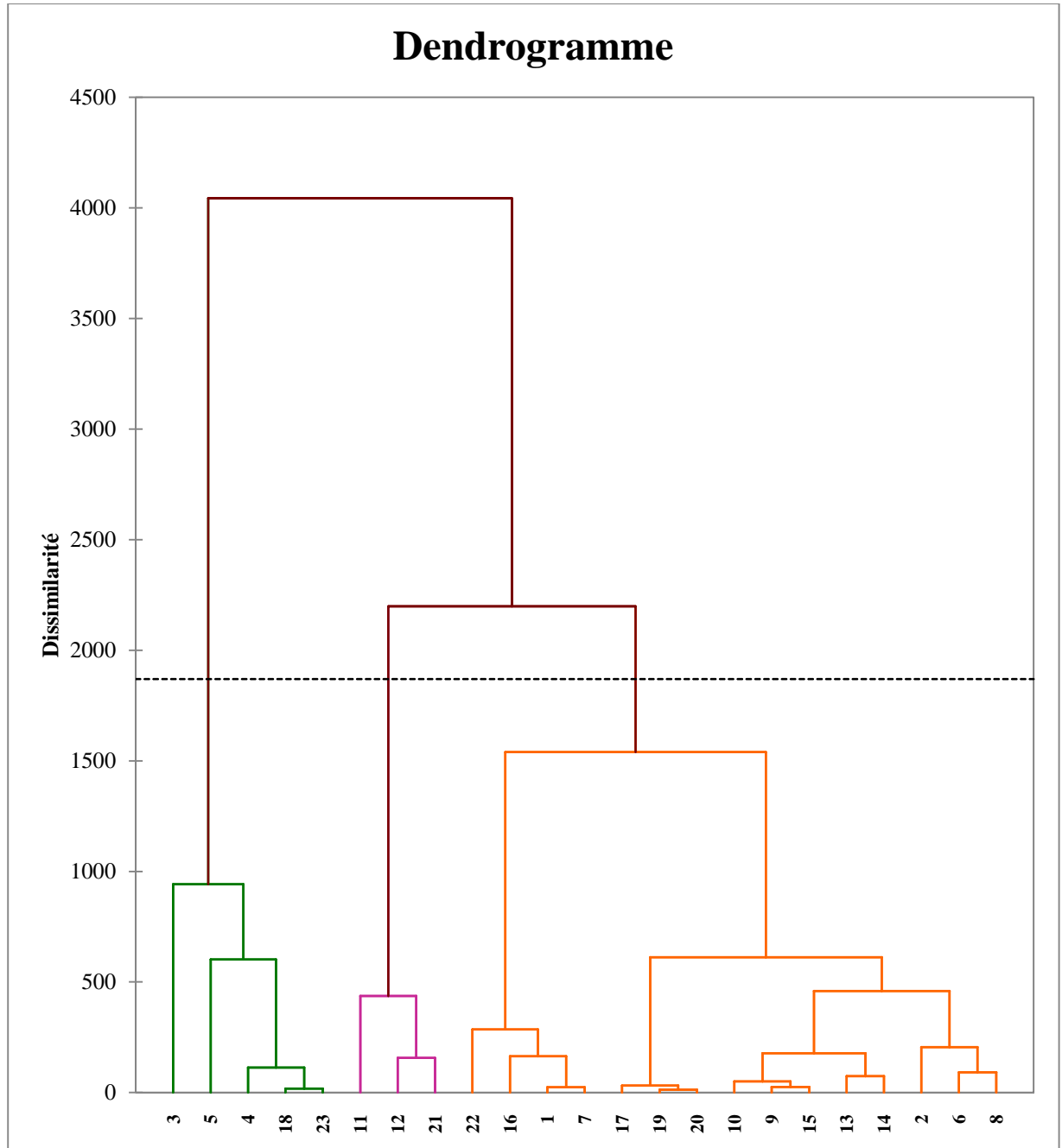


Figure 36 : Classification Ascendance Hiérarchique (CAH) des miels analysés.

Nous remarquons que nos miels sont représentatifs beaucoup plus par le G1 soit 65,22%, qui se caractérise par un pH acide (3,82), une densité de 1,31, une conductivité électrique de 0,79mS/cm et une teneur en eau de 16,35% ainsi qu'une acidité libre de 43,31meq/kg et un total de sucres réducteurs de 54,41 % avec un taux d'HMF de 13,24mg/kg (Tableau 8), ces caractéristiques correspondent à celles du miel du nectar.

Le groupe 2 représenté de 21,74%, il se caractérise par une densité de 1,34, une valeur de pH de 3,86, une conductivité électrique de 0,90Ms/cm avec une teneur en

eau de 17,04% et une acidité libre de 50,33meq/kg, ainsi que une teneur en cendre de 0,83%, une teneur en sucres totaux de 82,03% et une teneur en glucose de 38,48% avec une teneur en fructose de 17,88% et un HMF de 44,61mg/kg.

Le groupe 3 représenté de 13,04% des échantillons, il a une densité de 1,41, un pH de 3,66 avec une conductivité électrique de 0,46mS/cm, une teneur en eau de 15,56 %, une acidité libre de 34,89 meq/kg, une teneur en cendres de 0,27% avec une teneur en glucose de 59,21% et une teneur de fructose de 29,23% et un HMF de 18,66mg/kg.

Tableau 8 : Caractéristiques des trois groupes identifiés.

Classe	G1	G2	G3
Nbre observation	15	5	3
Densité	1,31±0,15	1,34±0,06	1,41±0,04
pH	3,82±0,30	3,86±0,35	3,66±0,09
Conductivité électrique (mS/cm)	0,79±0,43	0,90±0,31	0,46±0,13
Teneur en eau(%)	16,35±0,63	17,04±0,99	15,56±0,47
Acidité libre (meq/kg)	43,31±10,46	50,33±11,41	34,89±12,21
Cendres(%)	0,61±0,56	0,83±0,54	0,27±0,06
Sucres totaux (%)	82,78±0,84	82,03±0,86	83,77±1,65
Glucose (%)	32,24±5,71	38,48±12,62	59,21±9,81
Fructose (%)	22,17±7,75	17,88±7,30	29,23±4,32
HMF (mg/kg)	13,24±8,04	44,61±8,59	18,66±5,47
F/G	0,72±0,29	0,51±0,21	0,51±0,15
G/E	1,97±0,35	2,28±0,77	3,80±0,52

Dans le cercle de corrélation suivante (Figure 37), nous voyons clairement que l'acidité libre est extrêmement corrélée avec l'axe horizontal. De même, la teneur en eau et le HMF sont très bien corrélés avec l'axe vertical.

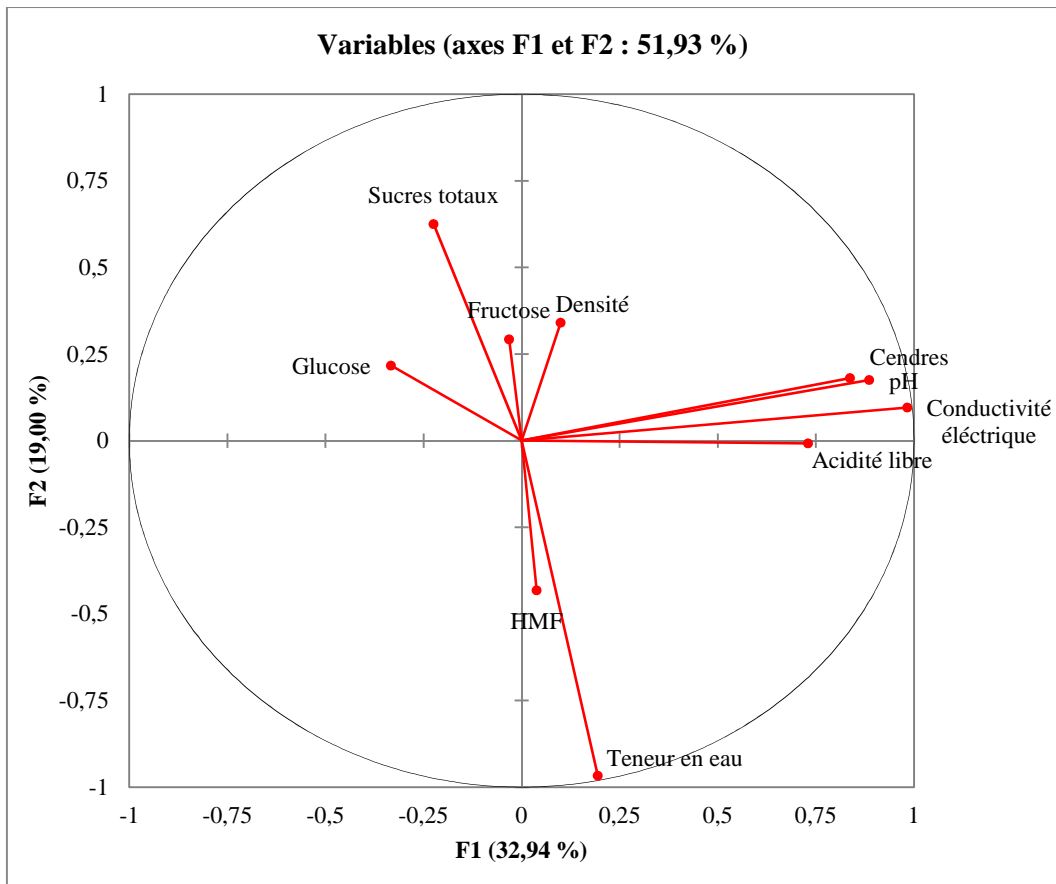


Figure 37 : Analyse en Composante Principale (ACP) de la distribution des principaux paramètres des miels analysés.

De notre étude, nous pouvons constater que le pH, les cendres et la conductivité électrique sont très proches du cercle de corrélation et donc très bien représentés sur ce dernier. Ces trois variables sont assez bien corrélées entre elles. En revanche, ces mêmes variables sont indépendantes de la teneur en sucre totaux et de la densité.

Pour la teneur en eau et en HMF il apparaît qu'ils sont corrélés négativement avec la densité et la teneur en sucres totaux.

Conclusion

Le miel est un produit alimentaire dont la valeur nutritive justifie l'importance commerciale. Notre étude consiste à l'analyse physicochimique de quelques types de miels de la wilaya de Tizi-Ouzou. Les paramètres physicochimiques étudiés sont la densité, le pH, la conductivité électrique, l'acidité, la teneur en eau, la teneur en cendres, la teneur en sucres totaux, la teneur en glucose, la teneur en fructose, le rapport fructose sur le glucose et le rapport glucose sur l'eau et enfin l'HMF.

Au terme de ce travail, nous avons pu constater que la plupart des résultats des différents paramètres sur les 23 échantillons sont situés dans la fourchette des valeurs recommandées par le *Codex Alimentarius*, mais ils présentent certaines variabilités concernant la densité et les sucres.

La densité de 65,22% des échantillons de nos miels est en moyenne de $1,33 \pm 0,12$ qui est inférieure à la norme recommandée par le *Codex Alimentarius* et cela est dû probablement à la teneur élevée en eau, tandis que 34,78% des échantillons sont conformes aux normes.

Les résultats du pH révèlent que nos échantillons de miels sont d'origine de nectar avec une moyenne $3,81 \pm 0,29$. Mais l'analyse de la conductivité électrique et les cendres nous a permis de déduire que ceci n'est pas valable pour tous les miels ; 30,43% des échantillons présentent des valeurs supérieures aux valeurs préconisées par le *Codex Alimentarius* que ce soit pour la conductivité électrique ou pour les cendres et ceci permet de dire que ces 30,43% sont des miels mixtes (nectar et miellat).

Les résultats obtenus pour la teneur en eau montrent que nos échantillons contiennent un taux d'humidité qui correspond aux normes, sauf pour 1 échantillon qui présente un taux d'humidité de 18,17 % et qui est à l'état de fermentation.

Les résultats de l'acidité libre montrent que 73,91% des échantillons présentent des valeurs inférieures aux normes recommandés par le *Codex Alimentarius*.

L'analyse spectrométrique des échantillons du miel révèle des teneurs en HMF de 20,77mg/kg, soit 19 échantillons des miels analysés présentent des teneurs en HMF faible par contre quatre échantillons présentent des teneurs en HMF supérieure à la norme recommandée par le *Codex Alimentarius*.

L'ensemble des miels analysés présentent des teneurs en sucres totaux correspondants aux normes. D'après les résultats d'analyse, les moyennes calculées sur les 23 échantillons sont de 22,16% pour le fructose et 22,03% pour le glucose ;

dans l'ensemble ces valeurs ne sont pas conformes aux normes cela est probablement due à la méthode que nous avons adopté ou à la qualité des produits que nous avons utilisé parce que les échantillons proviennent de chez des apiculteurs honnêtes.

Les analyses statistiques par CAH et ACP nous a permis de remarquer que 65,22% des échantillons sont représentatifs par le groupe de miel d'origine du nectar; qui se caractérise par un pH acide (3,82), une densité de 1,31, une conductivité électrique de 0,79mS/cm et une teneur en eau de 16,35% ainsi qu'une acidité libre de 43,31meq/kg et un total de sucres réducteurs de 54,41% avec un très faible taux d'HMF de 13,24mg/kg.

IL serait souhaitable de refaire les analyses surtout pour les hydrates de carbone avec un matériel adéquat afin d'avoir des résultats plus fiables.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ADAM P., 2007.** Le miel, un nouvel antibiotique cutané sur le marché. Le point biologique, **1**, Université de Québec. UQAM, 35-39.
- ADAM G., 2011.** Botanique apicole, production du nectar et pollen. Ecole d'apiculture Ruchers du Sud-Luxembourg, 11p.
- ACHOURI I., ABOUSSALEH Y., SAIBI R., CHEMISSI H. et BENGUEDDOUR R., 2015.** Comparaison de la qualité physicochimique du miel de Ziziphussp (Sider) et d'Acaiasp (Samar) consommés aux Emirats Arabes Unis (UAE). International Journal of Innovation and Applied Studies, **10**(1), 184-191.
- ADJLANE N., HADDAD N., LAID-AMEUR K., KESRAOUI S. et MOUSSAOUI D., 2014.** Physicochemical and microbiological characteristics of some samples of honey produced by beekeepers in Algeria. Acta Technologica Agriculturae 1Nitra, Slovaca Universitas AgriculturaeNitriae, 1-5.
- ALVAREZ L. M., 2010.** Honey Proteins and their Interaction with Polyphenols. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Brock, 93 p.
- AMIGOU M., 2016.** Les résidus de médicaments vétérinaires et de pesticides dans les produits apicoles alimentaires (miels, pollen, gelée royale et propolis). Th. Doc. Vét., Eol Nat vétd'ALFORT149p.
- AMRI A., 2006.** Evaluation physico-chimique et détermination de l'origine botanique de quelques variétés de miel produites à l'Est d'Algérie. Th. Mag.en biochimie appliquée, Annaba. 90.
- AMRI A. et ALI L., 2013.** Physicochemical characterization of some multifloral honeys from honeybees *Apis mellifera* collected in the Algerian northeast. African Journal of Food Science **7**(7), 168-173.
- APIMONDIA, 2001.** Traité d'Apithérapie, la médecine par les abeilles (cédérom) **1**(1), Mac Produit par Api-Ar International SAR Brussels, 2-96.
- APISOURCE, 2016.** Apithérapie- les remèdes de la ruche. www.apitherapiefranconphone.com consulté le 22/02/2016.
- ATTIPOU K., ANOUKOUM T., AYITE A., MISSOHOU K. et JAMES K., 1998.** Traitement des plaies au miel expérience du CHU de Lomé. Médecine d'Afrique Noire : **45** (**11**).
- BARTHOLOMEUS T., BERQUE B., BOUEIH J. et MOLLET T., 2010.** Lettre du développement apicole en Aquitaine. Revue ADAAQ, 10-17.

Références bibliographiques

- BIRI M., 2002.** Le grand livre des abeilles. Cours d'apiculture moderne. Edition de VECCHI S.A Paris, 260p.
- BLANC M., 2010.** Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Th. Doc. En Pharmacie, Univ Limoges, 142 p.
- BOGDANOV S., BIERI K., FIGAR M., FIGUEIREDO, KANZIGA. et STORCKLI BZUCIEER K., 1995.** Miel : définition et directives pour l'analyse et l'appréciation. Apic.17 :1-17
- BOGDANOV S., LULLMAN C. et MARTIN P., 1999.** Qualité du miel et norme internationale relative au miel. Rapport de la Commission Internationale du miel. Bee World, **80**, 61-69.
- BOGDANOV S. et BLUMER P., 2001.** Propriétés antibiotiques naturelles du miel. Revue Suisse d'Apiculteur, **98**(3), 107-114.
- BOGDANOV S., RUOF K. et ODDO L., 2004.** Physico-chemical methods for the charaterisation of unifloral honeys. Apidologie, **35**, 4-17.
- BOGDANOV S., 2006.** Contaminants of bee products. Apidologie, **37**, 1-18.
- BOGDANOV S., 2011.** Royal jelly, bee brood: composition, health, medicine: a review. Lipids ; **3**, 8-19.
- BOUADJLA L. et ELIAS N. ; 2009.** Caractérisation des miels de montagne de quelques localités par des analyses physico-chimiques et microbiologiques. Th. Ing. Sci. Agro., Tizi-Ouzou, 79p.
- BOUFENARA M., 2009.** Gestion de la qualité des aliments (GESQUAL). Mémoire de stage diplôme de post-graduation spécialisé, Constantine, 110p.
- BRUNEAU E., 2011.** Chapitre IX : Les produits de la ruche. In : Clément et al, le traité rustica de l'apiculture. Editions Rustica, Paris, 354-387p.
- CANDIRACCI M., PIATTI E., DOMINGUEZ B M., GARCIA A D., MORGADO B., GUTIERREZ J., PARRADO J. et CASTANO A., 2012.** Antifungal activity of the honey flavonoid extract against Candida albicans. Journal of agricultural and Food Chemistry **131** (2), 493-499.
- CANINI A., DE SANTIS L., LEONARDI D., DI GIUSTINO P., ABBALE F., DAMESSE E. et COZZANI R., 2005.** Qualificazione dei Miele piantenettarifere del Camerun Occidentale. La Rivista di Scienza dell'Alimentazione, anno **34**, 4p.
- CARTEL B., 2006.** Fleur de juin pour le miel nouveau. Revue l'abeille de France.

- CHAUVIN R., 1987.** Le miel In « la ruche et l'homme ». Edition Calmann-Lévy.45-47.
- CHEFROURA., DRAIAIA R., TAHAR A., AIT KAKI Y., BENNADJA S. et BATTESTI M J., 2009.** Physiocochemical characteristics and pollen spectrum of some North-East Algerian honeys. AJFAND, **9**, 1684-5374.
- CHOUIA A., 2013.** Analyses polliniques et caractérisations des composés phénoliques du miel naturel de la région d'Ain zaatout. Th. Mag. Bio., Beskra, 64p.
- Codex. 2001.** Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Commission du Codex Alimentarius. ALINORM 01/25, 1-31.
- COTTE JF., CASABIANCA H., CHARDON S., LHERITIER J. et GRENIER-LOUSTALOT MF., 2003.** Application of carbohydrate analysis to verify honey authenticity. J Chromatogr A. 2003 dec 22; 1021 (1-2): 145-55.
- DONADIEU Y., 2004.** Le miel. Thérapeutique naturelle. Edition MALOINE, Paris, 37p.
- DONADIEU Y., 2008.** La propolis. Editions Dangles, Paris, 90p.
- DOUKANI K., TABAK S., DERRICHE A. et HACINI Z., 2014.** Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. Revue Ecologie-Environnement, (10), 1112-5888.
- DSA, 2015.** Direction des services Agricoles de Tizi-Ouzou.
- EI SOHAIMY S.A., MASRY S. H. D. et SHEHATA M.G., 2015.** Physicochemical characteristics of honey from different origins. Faculty of Agriculture, Ain Shams University Annals of Agricultural Science **60**(2), 279–287.
- ELKECHAI N. et HADDAD D. ; 2013.** Etude de l'effet antibactérien de différents miels locaux. Th. Master en microbiologie appliquée, Tizi-Ouzou, 50p.
- EMMANUELLE H., JULIE C. et LAURENT G., 1996.** Les Constituants Chimiques du Miel. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. APISERVICES, Galerie Virtuelle apicole.
- FAO, 2015.** Food and agriculture organization en fr : organisation pour l'alimentation et l'agriculture. In MERABTI Amel 2015, mémoire de fin d'étude master académique.
- FAYET A., 2012.** La dose fait le poison. Apithérapie. Abeille et c^{le}, 151.
- FERT G., 2000.** Produire un peu de gelée royale pour la famille. [www.Apiservices.com/fr/fert/gelée royale famille.htm](http://www.Apiservices.com/fr/fert/gelée_royale_famille.htm).

Références bibliographiques

- GHARBI M., 2011.** Les produits de la ruche : Origines-Fonctions naturelles-Composition propriétés thérapeutiques. Apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire. Th. Doc. Vét. Univ CLAUDE-BERNARD-LYON1, 234p.
- GIRARD L., 2005.** Le miel ; un livre gourmand, Edit Minerva, 160p.
- GOMES S., DIAS L., MOREIRA L., RODRIGUES P. et ESTEVINHO L., 2010.** Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. Food and Chemical Toxicologie, **48**(2), 544-548.
- GOMEZ –CARAVACA A. M., GOMEZ-ROMERO M., ARRAEZROMAN., SEGURA-CARRETERO A. et FERNANDEZ-GUTIEREZ A., 2006.** Advances in analysis of phenolic compounds in products derived from bees. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, **41**, 1220-1234.
- GONNET M., 1982.** Le miel : Composition propriétés et conservation. 2^{ème} édition O.P.I.D.A. France. 31p.
- GONNET M., 1993.** Les principaux critères de la qualité d'un miel.
- GONNET M., 1995.** Préserver la qualité du miel. Edition. VIDA APICOLA (72), 50-55.
- GONNET M., 2004.** Préserver la qualité des miels. Revue Abeille et fleurs. 3p
- GOUT J., JARDEL C., 1998.** Le monde du miel et les abeilles. Edition Michel Tarries, 157p.
- GUILLO-LEGENDRE M., 2010.** L'Apithérapie. Formation Conseillère en Phytoaromathérapie. 81160 Saint-Juéry.
- HOYET C., 2005.** Le miel de la source à la thérapeutique. Th. Doc. Phar. Université Henri Poincaré-Nancy 1, France, 96p.
- HUCHET E., COUSTEL J. et 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 Alimentaires. France. 16p
- HUMMEL R. et FELTIN M., 2014.** Produire un miel de qualité quand on est apiculteur débutant. Syndicat des apiculteurs de Thann et environ.
- IRLANDE D., 2010.** Le miel et ses propriétés thérapeutiques utilisation dans les plaies cutanées, 24p.
- JEANNE F., 1991.** Miel, définition, origine, composition et propriétés. Bulletin technique apicole **18**(3), 147-152.
- JEANNE F., 2005.** Le miel, élément d'analyse. Bulletin technique apicole. Edition de l'O.P.I.D.A, 20(1), 23-24.

- KAST C. et RITTER R., 2014.** Comment maîtriser la teneur en eau du miel ?. Revue Suisse d'Apiculture-N°8.
- LAKHDARI S., SADOUD M. 2014.** Effet antibactérien des extraits phénoliques du miel. Th. Ing. Bio. Contrôle de Qualité et Analyse, Tizi-Ouzou, 41p.
- LEQUET L., 2010.** Du nectar à un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils, pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur. Université Claude-Bernard-Lyon 1 (médecine-pharmacie). 185p.
- LEVEN L., MUSTSAERS M., BLITTERSWIJK H., KERKVLiet J et VAN DE WAERDT J., 2005.** Produits de l'apiculture propriétés, transformation et commercialisation. Edition Agrodok 42, 101p.
- LOUVEAUX., 1968.** Composition, propriétés et technologie du miel. Les produits de la ruche, In « Traité de biologie de l'abeille ». Edi Masson et Cie.Paris 3,389p.
- LOUVEAUX., 1985.** Les abeilles et leurs élevages .2^{ème} édition OPIDA, 261p.
- MAKHOULFI C., KERKVLiet D., RICCIARDELLI D'ALBORE G., CHOUKRI A. et SAMRA R., 2010.** Characterization of Algerian honeys by palynological and physicochemical methods. *Apidologie***41**, 509-521.
- MARCEAU J., NOREAU J. et HOULE E., 1994.** Les HMF et la qualité du miel. *L'abeille*.**15**(2). Rapport de la Fédération des Apiculteurs du Québec, service de zootechnie, MAPAQ, 4p.
- NAIR S., 2014.** Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels Algériens. Th. Doc. Bio., Oran, 202p.
- NAMAN M., FAID M. et EL ADLOUNI C., 2005.** Microbiological and physico-chemical properties of Moroccan honey. *International Journal of Agriculture & Biology*, **7**(5), 773-776.
- NICOLA B., 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 nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. ROME.
- NICOLAY J., 2014.** Perspectives d'avenir en Apithérapie à l'officine. Th. Doc. En Pharmacie. Université Angres. 187p.
- PAULUS H., KWAKMAN S., SEBASTIAN A. J. et ZAAT., 2012.** Antibacterial Components of Honey. *IUBMB Life*, **64**(1), 48-55.
- PESENTI M E., SPINELLI S., BEZIRARD V., BRIAND L., PERNOLLET J-C., TEGONI M. et CAMBILLAU C., 2008.** Structural Basis of the Honey BeePBP

Références bibliographiques

Pheromone and pH-induced Conformational Change .Journal of MolecularBiology, **380**(1), 158-169.

PIOROT B. et NEVERS V., 2010. Etude comparative de solution de nourrissage protéines pour la production de gelée royale et l'élevage de reines. Congrès du Syndicat National d'Apiculture.

PROST J., 1987. Apiculture, connaître l'abeille, conduire le rucher. 6^{ème} édition, J.B.BAILLIERE, Paris, 579p.

PROST J., 2005. Apiculture, connaître l'abeille, conduire le rucher, 7^{ème} édition, J.B. BAILLIERE, Paris, 689p.

RANOELIARIVA OV.M., 2011. Caractérisation alimentaire des miels malgaches en vue d'une authentification : cas des miels de Niaouli. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'étude approfondie de biochimie. Université d'ANTANARIVO, 69p.

RATIA G., 2009. La nouvelle réglementation concernant le miel. Revue de France N 850, p12-16.

RAVAZZI G., 2003. Abeilles et apiculture. Paris, Editions de Vecchi, 159p.

REBIAIA., LANEZ T. et CHOUIKH A., 2015. Physiological and biological properties of honeybee products in south Algeria. Scientific Study & Research chemistry & chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry, **16**(2), 133-142.

ROSSANT A., 2011. Le miel un composé complexe aux propriétés surprenantes. Th. Doc. Phar., Université de Limoges, (85).132p.

S.R.A.B.E., 2011. Société royale d'apiculture de Bruxelles et ses Environs.

SCHEITZER P., 2005. Un miel étrange... L'abeille de France (920).

SCHWEITZER P., 2004. La cristallisation des miels. L'Abeille de France(901), 149-157.

SCHWEITZER P., 2004. Le monde des miellats. Revue l'abeille de France (908). Laboratoire d'analyse et d'Ecologie Apicole, 2p.

SILVA L.R., VIDEIRA R., MONTERIO A.P., VALENTAO P. et ANDRADE P.B., 2009. Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. Microchemical Journal, **93**(1), 73-77.

STRANT M., 2014. Utiliser les produits de la ruche pour la santé. Apithérapie, abeilles &c^{le} 6-2014, n°163.

Références bibliographiques

TERRAB A.F., RECAMALE S., DOLORES HERNANZ F.J. et HEREDI A., 2004. Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry*, **88**, 537-542.

VANHANEN L.P., EMMERZ A. et SAVAGE G.P., 2011. Mineral analysis of mono-floral New Zealand honey. In *Food Chemistry*, **128**(1), 236-240.

WHITEJ W., 1962. Composition of American honeys. In *Bulletin technique apicole*, (1261), 20 p.

YAICHE ACHOURH., KHALI M., 2014. Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques. <http://www.afriquescience.info>. *Afrique Science*, **10**(2), 127-136.

ZERROUKS H., FALLICO B.G., ARENA E.N., BALLISTRERI G.F. et BOUGHEDIRI L.A., 2011. Quality evaluation of some honey from the central region of Algeria. *Jordan Journal of Biological Sciences*, **4**(4), 243-248.

Résumé

Le miel est un composé biologique très complexes, d'une très grande diversité, lui conférant une multitude de propriétés, aussi bien sur le plan nutritionnel que sur le plan thérapeutique. L'objectif de notre travail vise à faire une étude physicochimique à savoir le pH, densité, la conductivité électrique, teneur en eau, teneur en cendre, acidité libre, teneur en sucres totaux, teneur en fructose et en glucose, HMF de quelques types de miels de la wilaya de Tizi-Ouzou. L'analyse des paramètres physicochimiques des miels nous a renseigné que les échantillons ont en moyenne une densité de 1,33, un pH acide de 3,81, une conductivité électrique de 0,77mS/cm, une teneur en eau de 16,4%, une teneur en cendre de 0,61%, une acidité libre de 43,74meq/kg, ainsi que une teneur en sucres totaux de 82,41 degré de brix, une teneur en fructose de 22,16% et en glucose de 37,11% avec un taux d'HMF de 20,77mg/kg. Les résultats d'analyse factorielle (ACP, CAH) révèlent que 65,22% des échantillons analysés sont d'origine florale.

Mot clés : Miel, analyses physicochimiques, moyenne, ACP, CAH.