



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur**  
**et de la Recherche Scientifique**  
**Université SAAD DAHLEB de Blida**  
**Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires**  
**Département des Sciences Agronomiques**

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme  
Master 2 en Agronomie

**Option : Sciences Alimentaires**

*Thème*

*Etude de la composition chimique et  
Microbiologique de miels provenant de différentes  
régions d'Algérie*

**Présenté par :**

**LAICHI Yacine**

**Date de soutenance : 19 / 12 / 2013**

**Devant le jury :**

M <sup>r</sup> RAMDANE S.	MAA	USDB	Président
M <sup>r</sup> MEGATLI I.	MCA	USDB	Examineur
M <sup>r</sup> AMALOU D.	MCA	USDB	Examineur
M <sup>r</sup> KHALI M.	MCA	USDB	Promoteur

**Promotion 2012 - 2013**

# Dédicace

*Avec une immense joie, je dédie ce modeste travail à ceux que  
J'aime et qui sont chers à mon cœur :*

*A mes chers parents qui m'ont toujours éclairé mon chemin et que  
dieu me les garde :*

*Ma chère mère pour sa gentillesse, son affection, sa douceur, sa  
tendresse, ses encouragements éternels et sans elle rien n'aurais  
être possible.*

*Mon cher père pour son encouragement, sa patience, son aide  
continuel le long de mon chemin d'étude et son soutien financier.*

*A ma chère grande mère qui n'a pas cessé de me soutenir  
moralement et me souhaite toujours la réussite.*

*A mes très chères sœurs : Keltoum et la petite Romaisa,  
à mon cher frère : Abd el Hakim,  
à qui je leurs souhaite pleins de succès dans la vie.*

*A celle qui n'a jamais cessé de me soutenir tout au long de ma  
scolarité :*

*A ma tante Wahiba, et que ce travail soit l'expression de ma  
grande affection.*

*A mes oncles : Omar, El hadj, Masstafa, El hadi, Youssef et leurs  
épouses.*

*A mes tantes : Sakina, Fouzia, Wahiba, Anissa et leurs maries.  
Et à tous ceux qui portent le nom Laichi et Boutahraoui.*

*A mes très chers amis d'enfance, que ce travail soit l'expression de  
mon attachement.*

*Et à tous les étudiants de l'Agronomie et Biologie.*

*Enfin, je souhaite tout particulièrement adresser mes chaleureux  
remerciements à toutes celles et à tous ceux qui m'ont aidé de près  
ou de loin citons : Hakimia, Mme soraya, Ilham, et meriem, Lyes,  
Ismail, Eltahir, Hassin et Raouf.*

# Remerciements

*Avant tout, je tiens à remercier le bon Dieu de m'avoir donné la force, la santé, le courage et la volonté pour terminer ce modeste travail.*

*Nombreux ceux qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à l'aboutissement de ce travail. Je tiens de remercier :*

*Mon promoteur M<sup>r</sup> KHALI M. Maître Assistant en Biologie à l'Université de SAAD Dahleb BLIDA , qui a bien voulu sacrifier une partie de son temps pour contribuer à la réalisation de ce travail, je le remercie sincèrement et vivement pour ses précieux conseils, sa gentillesse et sa compréhension.*

*Mr Boutoumi Y. enseignant au département de chimie industrielle de l'université de Blida, pour Mr tahar dont la disponibilité, le savoir faire, le soutien ainsi que pour leur précieux conseils.*

*A M<sup>r</sup> RAMDANE S. pour avoir accepté de présider ce jury, à qui j'adresse mes sincères gratitude.*

*Mr AMALOU. D et Mr MEGATLI. I enseignants au département d'Agronomie, qui m'ont honoré en acceptant d'examiner ce travail et d'y apporter leurs critiques.*

*Je tiens à exprimer mes gratitude et mes vifs remerciements au D<sup>r</sup> DJAZOULI , D<sup>r</sup> LAFRI M. pour leurs aides.*

*Je tiens enfin à remercier tous mes enseignants de biologie et d'agronomie sans exception, et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.*

*Yacine*

# Table des matières

Pages

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Glossaire

Introduction..... 1

## Chapitre I : Etude bibliographique

### I. Le miel : généralités, composition, et propriétés

I.1 Définition de l'apiculture ..... 3

I.2 Définition du miel ..... 3

I.3 Types de miel ..... 3

I.4 Origine du miel ..... 3

I.4.1 Le nectar ..... 4

I.4.2 Le miellat ..... 5

I.5 Elaboration du miel ..... 6

I.6 Composition et propriétés du miel..... 7

I.6.1 Composition du miel..... 7

I.6.1.1 Les éléments majeurs..... 8

I.6.1.1.1 L'eau..... 8

I.6.1.1.2 Sucres..... 8

I.6.1.2 Les éléments mineurs..... 9

I.6.1.2.1 Acides..... 9

I.6.1.2.2 Protides..... 9

I.6.1.2.3 Minéraux..... 9

I.6.1.2.4 Enzymes..... 10

I.6.1.2.5 Vitamines..... 10

I.6.1.2.6 5-hydroxy-2-méthylfurfural (HMF)..... 10

I.6.1.2.7 Divers..... 11

I.6.2 Les propriétés physiques..... 11

I.6.2.1 pH et acidité..... 11

I.6.2.2 Densité..... 11

I.6.2.3 Viscosité..... 11

I.6.2.4	Conductibilité thermique.....	11
I.6.2.5	Conductibilité électrique.....	12
I.6.2.6	Coloration.....	12
I.6.2.7	Chaleur spécifique.....	12
I.6.2.8	Indice de réfraction.....	12
I.7	Propriétés biologiques du miel.....	12
I.7.1	Valeur alimentaire et diététique.....	12
I.7.2	Valeur thérapeutique.....	13
I.8	Principales transformations physiques et chimiques du miel.....	14
I.8.1	Cristallisation.....	14
I.8.2	Fermentation.....	14
I.9	Qualité du miel et normes internationales.....	15
I.9.1	La qualité du miel.....	15
I.9.2	Les normes internationales relatives aux miels.....	15
<b>II.</b>	<b>Falsification et toxicité du miel</b>	
II.1	Falsification du miel.....	16
II.2	Les différents types de fraudes.....	16
II.2.1.	Fraude par adultération.....	16
II.2.2	Fraude par non-conformité.....	16
II.2.3	Fraudes par contamination.....	17
II.3.	Sources de contamination du miel.....	17
II.3.1	Les contaminations environnementales et leur détection dans le miel.....	17
II.3.1.1	Résidus de pesticides.....	17
II.3.1.2	Traitements antibiotiques.....	17
II.3.1.3	Polluants organiques.....	18
II.3.1.4	Radioactivité.....	18
II.3.1.5	Résidus de métaux lourds.....	18
II.3.1.5.1	Sources de contamination du miel par les métaux lourds.....	19
II.3.1.5.1.1	Plomb.....	19
II.3.1.5.1.2.	Cadmium.....	19
II.3.1.5.1.3.	Mercure, nickel.....	19
II.3.1.5.1.4.	Autres : cuivre, arsenic, fluor.....	19
II.3.2.	Cas d'intoxications.....	20
II.3.2.1.	Miels toxiques.....	20

II.3.2.2. Bactéries pathogènes.....	20
II.3.2.3. Pollution tellurique par des spores de <i>Clostridium botulinum</i> .....	21
<b>Chapitre II : Matériel et méthodes</b>	
II.1 Matériel .....	22
II.1.1 Matériel non biologique.....	22
II.1.2 Matériel biologique.....	22
II.1.2.1 Echantillonnage .....	22
II.2 Méthode.....	23
II.2.1 Protocole expérimental.....	23
II.2.2 Analyses physico-chimiques.....	24
II.2.2.1 Mesure du pH .....	24
II.2.2.2 La conductivité électrique à 20 °C.....	24
II.2.2.3 Mesure du degré Brix et détermination de la teneur en eau par réfractométrie..	25
II.2.2.4 Détermination de l'acidité libre.....	26
II.2.2.5 Détermination de la teneur en HMF.....	26
II.2.2.6 Détermination de la couleur selon Lovibond.....	28
II.2.3 Dosage des éléments minéraux.....	29
II.2.3.1 Dosage du sodium et potassium par spectrométrie à flamme.....	29
II.2.3.1.1 Mode opératoire.....	29
II.2.3.1.2 Expressions des résultats.....	30
II.2.3.2. Analyse statistique.....	30
II.2.4 Analyse microbiologique.....	31
II.2.4.1 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux.....	31
II.2.4.2 Dénombrement des spores d'anaérobies sulfitoréducteurs.....	32
II.2.4.3 Dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux.....	33
II.2.4.4 Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	34
<b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>	
III. Résultat.....	36
III.1 Résultats des analyses physico-chimique.....	36
III.1.1 Mesure de pH .....	36
III.1.2. La conductivité électrique à 20 °C.....	37
III.1.3 Détermination de la teneur en eau par réfractométrie.....	37
III.1.4 Mesure du degré Brix.....	39
III.1.5 Détermination de l'acidité libre.....	40

III.1.6 Détermination de la teneur en HMF.....	41
III.1.7 Détermination de la couleur selon Lovibond.....	41
III.2 Résultats de dosage des éléments minéraux.....	42
III.2.1. Résultats du dosage de sodium et potassium.....	43
III.2.2 Résultats des analyses statistiques.....	43
III.2.3 Récapitulatif des résultats de l'étude de la composition minérale des différentes variétés du miel algérien.....	44
III.3 Résultats des analyses microbiologiques.....	45
III.3.1 Résultats du dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux, Clostridium sulfite-réducteurs, coliformes totaux, coliformes fécaux, moisissures et levures .....	47
IV Discussion générale.....	47
<b>Conclusion.....</b>	49
<b>Références bibliographiques</b>	50
<b>Annexes</b>	





## Liste des figures

	<i>Pages</i>
<b>Figure 1:</b> Exemple de localisation des nectaires sur une plante.....	4
<b>Figure 2:</b> Origine du miel.....	5
<b>Figure 3:</b> Diagramme de composition du miel.....	8
<b>Figure 4:</b> Protocole des analyses effectuées sur le miel.....	23
<b>Figure 5:</b> Le pH dans l'ensemble des miels étudiés.....	36
<b>Figure 6:</b> Valeurs de la conductivité électrique.....	37
<b>Figure 7:</b> Pourcentage des teneurs en eau des miels.....	38
<b>Figure 8:</b> Pourcentage des valeurs de degré de Brix des miels.....	39
<b>Figure 9:</b> Valeurs de degré de l'acidité libre.....	40
<b>Figure 10:</b> Valeurs de degré d'HMF.....	41
<b>Figure 11:</b> Indice de PFUND des miels étudiés.....	42
<b>Figure 12:</b> Valeurs des teneurs en sodium et potassium des miels.....	43
<b>Figure 13:</b> Graphiques des résultats d'analyses statistiques.....	<i>Annexe 6</i>
<b>Figure 14:</b> Spectromètre d'émission à flamme de type Jenway pfp 7.....	<i>Annexe7</i>
<b>Figure 15:</b> Comparateur de type LOVIBOND.....	<i>Annexe7</i>

## Liste des tableaux

		Pages
<b>Tableau I</b>	: Sels minéraux et oligo-éléments dans le miel de différentes Provenances.....	10
<b>Tableau II</b>	: Propriétés et indications thérapeutiques plus spécifiques attribuées aux principaux miels unifloraux.....	13
<b>Tableau III</b>	: Présentation des échantillons du miel étudiés.....	22
<b>Tableau IV</b>	: préparation de la solution échantillon et celle de référence à partir de la solution initiale.....	27
<b>Tableau V</b>	: Analyse de la variance pour les teneurs en sodium et potassium....	44
<b>Tableau VI</b>	: Tableau récapitulatif des teneurs en éléments minéraux des miels..	45
<b>Tableau VII</b>	: Résultats de dénombrement de l'ensemble des germes étudiés.....	47
<b>Tableau VIII</b>	: Les valeurs du pH des échantillons de miels analysés.....	Annexe 1
<b>Tableau IX</b>	: La conductivité électrique en $\mu\text{S}/\text{cm}$ des miels analysés.....	Annexe 1
<b>Tableau X</b>	: Les valeurs de la teneur en eau des échantillons de miel.....	Annexe 1
<b>Tableau XI</b>	: Les valeurs de degré de Brix des miels étudiés.....	Annexe 1
<b>Tableau XII</b>	: L'acidité libre des variétés de miels étudiés.....	Annexe 1
<b>Tableau XIII</b>	: Teneurs en Hydroxy methyl furfural des miels analysés.....	Annexe 1
<b>Tableau XIV</b>	: Les valeurs de l'indice de PFUND des miels analysés.....	Annexe 1
<b>Tableau XV</b>	: Norme concernant la qualité du miel.....	Annexe 2
<b>Tableau XVI</b>	: Table de conversion de l'indice de réfraction en teneur en eau.....	Annexe 3
<b>Tableau XVII</b>	: Correspondance entre la graduation des filtres de lovibond et l'échelle de couleur de PFUND.....	Annexe 3
<b>Tableau XVIII</b>	: Les caractéristiques des différentes variétés du miel.....	Annexe 5



## Liste des abréviations

<b>Kg</b>	: kilogramme.
<b>C°</b>	: degré Celsius.
<b>HMF</b>	: hydroxy méthylfurfural.
<b>g</b>	: gramme.
<b>pH</b>	: potentiel hydrogène.
<b>mg</b>	: milligramme.
<b>mg / Kg</b>	: milligramme par kilo gramme.
<b>Cal / cm</b>	: calorie par centimètre.
<b>S/Cm</b>	: siemens par centimètre.
<b>PCB</b>	: polychloro biphénol.
<b>Bq /Kg</b>	: becquerel par kilogramme.
<b>µg / kg</b>	: microgramme par kilogramme.
<b>CIRC</b>	: centre international de recherche sur le cancer.
<b>Meq / kg</b>	: milliéquivalent par kilogramme.
<b>GAMT</b>	: germes mésophiles totaux.
<b>ITELV</b>	: institut technique d'élevage à (Baba Ali).
<b>mL</b>	: millilitre.
<b>NaOH</b>	: hydroxyde de sodium.
<b>V</b>	: volume.
<b>UV</b>	: ultra violet.
<b>g / L</b>	: gramme par litre.
<b>E.coli</b>	: Escherichia Coli.
<b>TSE</b>	: tryptone Sel Eau
<b>PCA</b>	: Plate Count Agar.
<b>BLBVL</b>	: bouillon lactose bilié au vert brillant.

<b>EPET</b>	: eau peptonée exempte d'indole.
<b>H</b>	: heure.
<b>HNO<sub>3</sub></b>	: acide Nitrique.
<b>FD</b>	: facteur dilution.
<b>W</b>	: watt.
<b>V</b>	: Volume.
<b>N</b>	: nombre de levures ou moisissures par gramme de produit analysé
<b>P</b>	: poids de la prise d'essai.
<b>J/Kg</b>	: Joule par kilogramme
<b>ICP-AES</b>	: dosage par spectrophotomètre d'émission optique couplé à un plasma inductif.

## *Glossaire*

**Acaricide** : se dit d'une substance destinée à détruire les acariens parasites des animaux ou des végétaux (**Anonyme, 2007**).

**Alvéole** : logette des rayons du nid des abeilles ou des guêpes destinée à recevoir soit un œuf ; soit aussi chez ; les abeilles du miel (**Anonyme, 2007**).

***Apis mellifera*** : abeille domestique originaire d'Europe, élevée dans la plupart des régions du monde pour le miel et la cire qu'elle produit (**Benjamin, 2009**).

**Botulisme** : toxi-infection alimentaire grave causée par l'ingestion de la toxine d'un bacille, et entraînant des paralysies (**Anonyme, 2007**).

**Butineuse** : abeille ouvrière âgée d'au moins 21 jours dont le rôle est de collecter le nectar, le pollen, l'eau et la propolis (**Benjamin, 2009**).

**Cire** : produite par les abeilles (sécrétés par les glandes spéciales situées sous l'abdomen) et utilisé pour fabriquer le rayon (**Bradbear, 2011**).

**Codex alimentaire** : recueil de normes alimentaires internationalement adoptés et présentés de manière uniforme, dans le but de protéger la santé des consommateurs et d'assurer la loyauté des pratiques suivies dans le commerce des produits alimentaires (**Anonyme, 2005**).

**Desquamation** : chute des écailles chez certains animaux ou des squames de la peau chez l'homme (**Anonyme, 2007**).

**Flavonoïde** : substance extraite du péricarpe des agrumes et possédant une action vitaminique P (**Anonyme, 2007**).

**Glandes nectarifères** : organe végétal dont les cellules produisent une sécrétion (**Anonyme, 2007**).

**Homoptère** : nom d'ordre donné à des insectes hémiptéroïdes tel que les fulgores; les pucerons (s'oppose à hétéroptère) (**Anonyme, 2007**).

**Inhibine** : c'est une hormone peptidique, Chez certains insectes comme l'abeille, on a montré que l'inhibine jouait un rôle de biocide naturel (antibactérien) dans le miel (**Anonyme, 2007**).

**Jabot** : organe de stockage des liquides et de transit de la nourriture (**Clement, 2006**).

**Mellifère** : se dit d'une plante dont le nectar est récolté par les abeilles pour élaborer le miel (**Anonyme, 2007**).

**Opercule** : Fine pellicule de cire qui recouvre le miel dans sa cellule (**Benjamin, 2009**).

**Propolis** : substance résineuse récoltée sur les bourgeons par les abeilles pour obturer les

fissures de leur ruche (**Benjamin, 2009**).

**Ruche** : boîte ou récipient comprenant des cadres mobiles utilisé pour héberger une colonie d'abeilles (**Benjamin, 2009**).

**Thixotropie** : phénomène par lequel certains mélanges; passent de l'état de gel à celui de liquide par légère agitation (**Anonyme, 2007**).

**Trophallaxie** : échange mutuel de nourriture entre membres d'une même colonie chez les insectes sociaux (**Anonyme, 2007**).

## Résumé

Notre travail consiste à faire des analyses physico-chimiques, microbiologiques, ainsi que l'évaluation de la composition minérale sur 05 échantillons de miels provenant de différentes régions d'Algérie.

Durant notre expérimentation, nous avons effectué les analyses suivantes : le pH, la conductibilité électrique, la teneur en eau, le degré de Brix, l'acidité libre, le taux d'HMF, et la détermination de la couleur. Nous avons aussi essayé d'identifier la teneur en minéraux contenues dans nos échantillons de miels, de même que, l'évaluation de la qualité microbiologique.

A travers les résultats d'analyses, nous avons remarqué que tous les miels répondent aux normes requises du *Codex alimentarius* (2001), de point de vue physico-chimique.

Les éléments minéraux déterminés ont donné des concentrations varient de 8,02 à 14,51 mg/Kg, 2,50 à 3,49 mg/Kg, 1,95 à 6,37 mg/Kg et 2,72 à 3,22 mg/Kg pour le zinc, le manganèse, le fer et le cuivre respectivement et de 28 à 58 mg/Kg, 480 à 1500 mg/Kg pour le sodium et potassium, avec une abondance remarquable du potassium dans les miels testés.

Du point de vue microbiologique, nos miels présentent une bonne qualité hygiénique.

**Mots clés :** Miels, analyses physico-chimiques, composition minérale, qualité hygiénique.

## Abstract

Our work consists in making physico-chemical, microbiological analyses as well as the evaluation of the mineral composition on 05 samples of honeys resulting (coming) from various regions of Algeria.

During our experiment, we made the following analyses: the pH, the electric conductivity, the moisture content, the degree of Brix, the free acidity, the rate of HMF, and the determination of the color. We also tried to identify the content in minerals contained in our samples of honeys, as well as, the evaluation of the microbiological quality.

Noticed that all the honeys answer the standards required by the Codex alimentarius (2001), from physico-chemical point of view. The determined mineral elements gave concentrations vary from 8, 02 to 14, 51 mg / kg, 2, 50 to 3,49 mg / kg, 1,95 to 6,37 mg / kg and 2,72 to 3,22 mg / kg for the zinc, the manganese, the iron and the copper respectively and from 28 to 58 mg / kg, 480 to 1500 mg / kg for the sodium and the potassium, with a remarkable abundance for the potassium in tested honeys.

From the microbiological point of view, our honeys present a good hygienic quality.

**Key words :** Honeys, physico-chemical properties, mineral composition, hygienic quality.

## ملخص

عملنا تمثل في تحليلات الخواص الفيزيائية - الكيميائية والميكروبيولوجية وكذلك تقييم الموارد المعدنية على 05 عينات من العسل الناتجة من مختلف مناطق الجزائر.

خلال تجربتنا قمنا بتحليل كل من : pH ,شدة الناقلية الكهربائية، الرطوبة، درجة Brix، نسبة الحموضة ,معدل HMF و تحديد اللون . كما حاولنا تحديد محتوى العناصر المعدنية في عينات من العسل, فضلا عن تقييم الجودة الميكروبيولوجية.

لاحظنا أن كل عينات العسل قد طابقت المعايير المطلوبة من لجنة دستور الأغذية 2001، من حيث الخواص الفيزيائية - الكيميائية.

تحدد تركيزات العناصر المعدنية تختلف, حيث تتراوح كالأتي: 8,02 إلى 14,51 مغ/كغ , 2,50 إلى 3,49 مغ/كغ, 1,95 إلى 6,37 مغ/كغ , 2,72 إلى 3,22 مغ/كغ, 28 إلى 58 مغ/كغ , 480 إلى 1500 مغ/كغ بالنسبة إلى الزنك، المنغنيز، الحديد و النحاس, الصوديوم و البوتاسيوم على التوالي , مع ملاحظة كمية معتبرة من البوتاسيوم بالمقارنة مع باقي العناصر المعدنية.

و أخيرا سجلنا جودة عالية و صحية للعسل لخلوه من جميع الميكروبات .

**مفاتيح الكلمات :** العسل , التحاليل الفيزيائية – الكيميائية, التركيب المعدني , الجودة الصحية.

## ***Introduction***

Si les abeilles devaient disparaître, l'humanité n'aurait plus que quatre années à vivre. Cette phrase prononcée par **Einstein** met en valeur le rôle extrêmement important de l'abeille dans l'équilibre de la faune et de la flore. (**Blanc, 2010**).

De tout temps, les abeilles ont toujours fasciné les hommes. En effet, dans beaucoup de civilisations et de croyances, le miel a toujours eu une place privilégiée. Il est notamment indissociable des rites et coutumes qui accompagnent la naissance et la mort. Ce cadeau de la nature est le symbole à la fois de la vie, de l'abondance, de la pureté et de la sagesse (**Lefief-Delcourt, 2010**).

Aliment parfait, le miel ne subit aucune transformation, aucun ajout après la récolte. C'est un produit pur par excellence. Il constitue également une source de bienfaits pour la forme, la santé que pour la beauté (**Fronty, 2008**).

Cependant, les étapes d'élaboration du miel sont complexes et susceptibles d'être altérées par les activités humaines, de manière volontaire ou non (**Hoyet, 2005**).

Généralement, un apiculteur qui fait analyser un miel de sa production (ce qui est très rare en Algérie) cherche à connaître son origine florale et sa qualité, tandis que le consommateur voudra plutôt savoir si le miel qu'il a acheté est pur ou falsifié, il existe un certain nombre de critères sur lesquels repose la qualité des miels à savoir la coloration, la teneur en eau, les sucres, le pH, l'acidité, taux d'hydroxyméthylefurfural, critère très important pour juger la qualité d'un miel. (**Guerzou et Nadji, 2002**).

Actuellement, le miel est perçu par le grand public comme un aliment naturel, non pollué et bénéfique pour la santé. Cette image d'un miel guérisseur persiste malgré quelques cas anecdotiques d'allergie ou d'intoxication (**Lequet, 2010**).

L'abeille, pour les besoins de la colonie, récolte nectars, miellats et pollens dans l'environnement qui est exposée à divers contaminants bactériologiques et chimiques tels que les éléments toxiques. Les éléments peuvent se retrouver dans le produit fini qui est consommé par l'homme (**Fléché et al., 1997**).

Des polluants comme des métaux lourds sont parfois présents en faible quantité et reflètent la pollution de l'environnement. L'analyse de ces éléments permet de mettre évidence la qualité du miel (**Rigal, 2012**).

L'objectif de notre travail est la caractérisation de cinq variétés de miels algériens (oranger 1, oranger 2, thym, toutes fleurs et jujubier) provenant de différentes régions

respectivement (Aïn Defla, Boufarik, Maghnia, Hassi Bahbah et Berriane), ainsi que l'évaluation du niveau de contamination de ces miels de point de vue microbiologique et cela à travers :

- L'étude des paramètres physico-chimiques (pH, acidité libre, teneur en eau, degré de Brix, conductivité électrique, teneur en Hydroxymethylfurfural et la couleur).
- La composition minérale à travers le dosage de deux éléments, respectivement (Na, K).
- La qualité hygiénique à travers le dénombrement de la flore mésophile totale, coliformes totaux, coliformes fécaux, Clostridium sulfito-réducteurs, levures et moisissures.

## I. Le miel : généralités, composition, propriétés et qualité

### I.1. Définition de l'apiculture :

Depuis des milliers d'années, on sait qu'il est plus rentable et plus pratique d'encourager les abeilles à faire leur nid dans une ruche. L'élevage des abeilles dans cet abri est la définition de « l'apiculture » au sens strict du terme, mais dans un sens plus large, elle comprend toutes les activités ayant trait aux abeilles, à la récolte et à la transformation de leurs produits (Bradbear, 2005).

### I.2. Définition du miel :

Le Codex alimentarius définit le miel comme suit :

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

### I.3. Types de miel :

Il existe nombreuses variétés de miels qui peuvent être classées de façons diverses (voir tableau XVIII, annexe 5). On distingue en général (Donadieu, 1982) :

✚ Selon l'origine sécrétoire :

- les miels de nectar
- les miels de miellat

✚ Selon l'origine mono ou poly- florale :

- les miels uni-floraux, eux-mêmes classés suivant l'origine botanique (miels d'acacia, de romarin, de trèfle....)
- les miels multi-floraux ou miels toutes fleurs, souvent classés suivant les lieux de récolte (miels de plaine, de montagne, de forêt...), ou encore suivant les saisons (miel de printemps ou d'été).

✚ Selon l'origine géographique et en rapport avec la flore habituelle d'une région déterminée.

✚ Selon la couleur :

- les miels clairs
- les miels foncés

### I.4. Origine du miel :

Le miel produit par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* (l'abeille domestique) peut provenir de deux sources mellifères distinctes : le nectar ou le miellat (figure 2), et non le pollen, contrairement à ce qui est couramment pensé (Lequet, 2010).

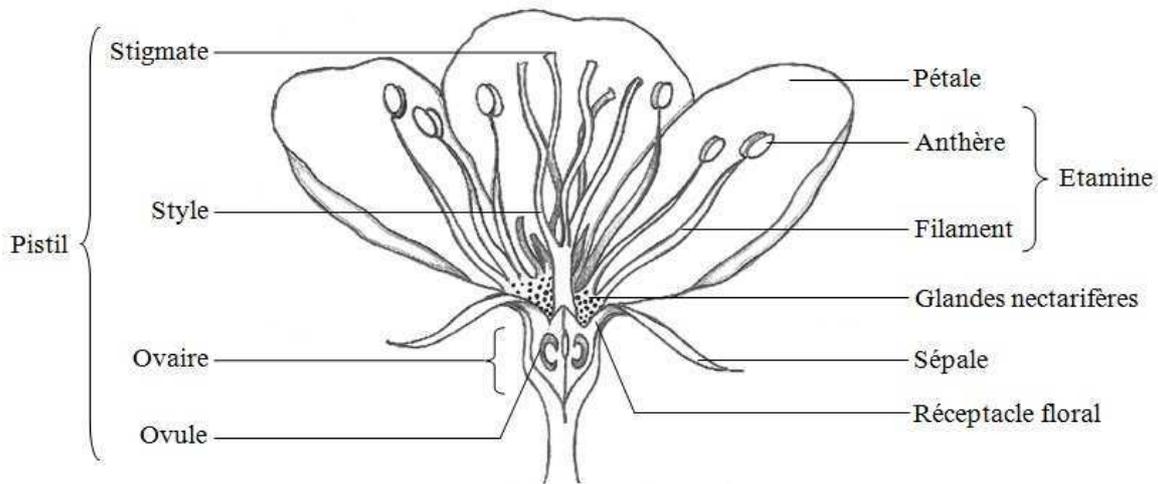
### I.4.1. Le nectar :

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

Le nectar est sécrété par les glandes nectarifères des nectaires de la plante en quelques heures à quelques jours (**Pacini et al., 2003**).

En fonction de leur localisation, on distingue (figure 1) :

- Les nectaires extra-floraux, situés sur les parties végétatives de la plante (sur les bractées, feuilles, pétioles, stipules et tiges).
- Les nectaires floraux, situés sur le réceptacle floral, à la base du périanthe (sépales et pétales), ou des organes reproducteurs : étamines ou pistil (**Marchenay et Berard, 2007**).



**Figure 1** : Exemple de localisation des nectaires sur une plante (**Marchenay et Berard, 2007**).

Le nectar est un mélange chimique complexe constitué d'eau, de sucres ainsi que d'autres substances (protéines, lipides, minéraux, etc.) Dans la majorité des nectars floraux, les sucres constitutifs sont le glucose, le fructose et le saccharose. Leurs proportions relatives sont propres à chaque espèce végétale (**Vear et al., 1990**).

La concentration en sucres totaux du nectar est très variable : (**Gonnet, 1982**).

- 2.5 % chez fritillaria impérialis (couronne impériale).
- 15 % prunier.
- 35 % pommier.
- 53 % moutarde blanche.
- 46 % moutarde jaune.
- 76 % origanum vulgare.

**Gonnet (1982)** affirme que cette concentration joue un rôle important dans le butinage, les plantes dont le nectar est très riche en eau (faible concentration en sucres) étant réputées peu attractives pour les abeilles.

Les abeilles ne visitent pas les fleurs dont la concentration en sucre est inférieure à 10%. Ces sucres sont représentés essentiellement par du saccharose, du fructose et du glucose. En général, les mélanges de sucres et leurs proportions relatives sont spécifiques.

#### I.4.2. Le miellat :

Le miellat est un produit plus complexe que le nectar faisant intervenir un intermédiaire, généralement, des insectes de la famille des Homoptères tels que les pucerons. Leur pièces buccales sont disposées pour piquer et absorber les aliments liquides telle que la sève des végétaux et rejettent l'excédent des matières sucrées sous forme des gouttelettes, que les abeilles récupèrent sur les feuilles des plantes. Nous citons quelques exemples d'arbres qui hébergent les pucerons, tels que, les sapins, les Epicéas, les chênes, et aussi les plantes herbacées comme les blés... (Vache et Gonnet, 1985).

Le miellat a une composition différente des miels de fleurs. Il renferme une grande quantité de sucres supérieurs (exemple mélézitose) et peu de glucose et de fructose (Doner, 1977).

Zigler (1968), indique que les espèces suçant une même plante peuvent émettre chacune un miellat particulier et de composition chimique différente.

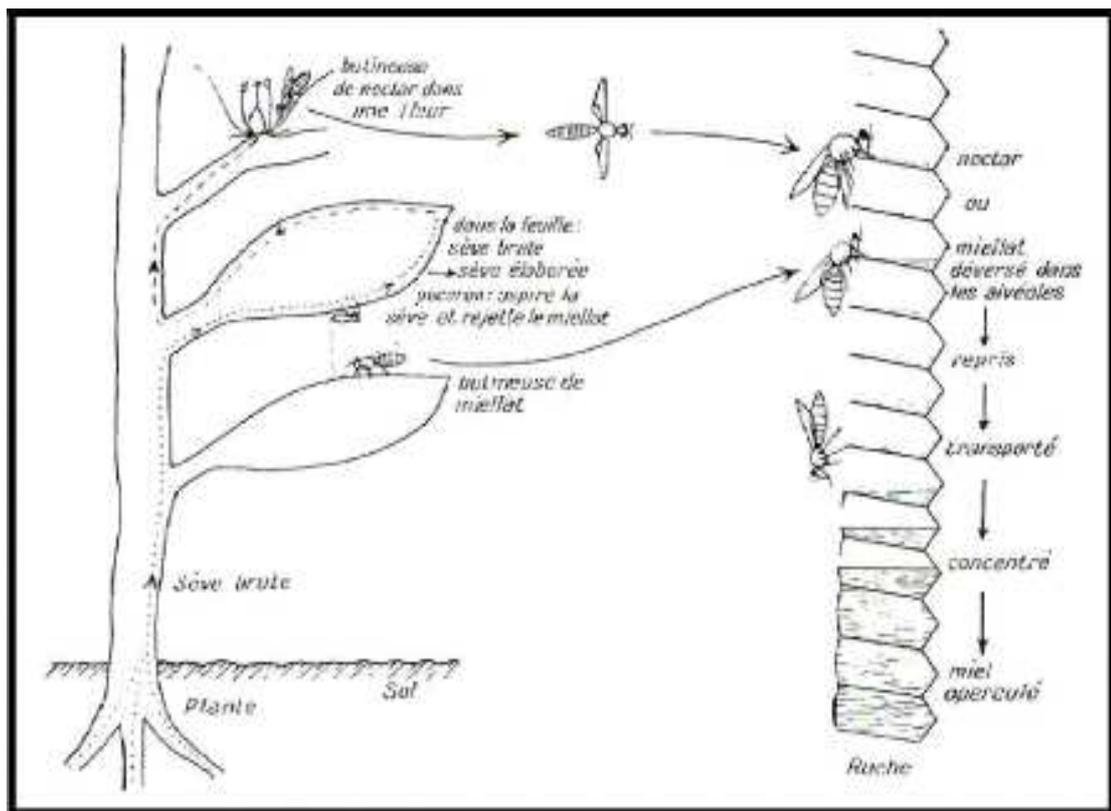


Figure 2: Origine du miel (Jean-Prost, 1987).

## **I.5. Elaboration du miel :**

L'appétence naturelle des abeilles pour tout ce qui est sucré les amène à butiner différentes sources. Le miel est élaboré par les abeilles à partir de substances sucrées végétales provenant soit:

- ❖ Des nectars de plantes (essentiellement de fleurs).
- ❖ Des exsudats rejetés par des insectes piqueurs et suceurs (pucerons essentiellement).
- ❖ Exceptionnellement, de jus de fruits déjà attaqués par d'autres insectes ou par de petits animaux (les pièces buccales de l'abeille ne lui permettant pas de perforer les fruits) (**Hoyet, 2005**).

Pour fabriquer un kilo de miel, les abeilles doivent accomplir environ 50000 vols, butinent des millions de fleurs afin de recueillir suffisamment de nectar. Toutefois, les jours de pleines floraisons, une colonie bien peuplée est capable de récolter une quantité de nectar équivalente à 6 Kg de miel (**Biri, 2010**).

Les butineuses ajoutent de la salive au nectar ou au miellat qu'elles recueillent pour les rendre éventuellement plus fluide et surtout pour l'enrichir d'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 leur butin aux ouvrières d'intérieur et aux mâles (**Jean-Prost et Le Conte, 2005**).

Durant le trajet, des enzymes digestives agissent sur le nectar qui se transforme de sucre complexe en sucre simple (**Benjamin, 2009**).

Selon (**Jean-Prost et Le Conte, 2005**) miellats et nectar sont transmis à plusieurs reprises d'une abeille à une autre par trophallaxie en subissant à chaque fois une addition de salive qui transforme les sucres. Déposé dans les alvéoles, le miel sera concentré, puis protégé par l'opercule, il achèvera sa transformation biochimique dans la cellule :

### **a) Concentration :**

Elle s'opère en deux temps :

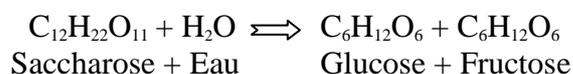
- une abeille refoule le contenu de leur jabot dans un alvéole ; la goutte de liquide sucré s'étale et perd de l'eau par évaporation ; elle est resucée, refoulée, resucée, etc..., plusieurs fois pendant 15 à 20 minutes. Ces manœuvres étalent la goutte et la concentrent jusqu'à une teneur en eau de 40 à 50 %.
- Dans les rayons, pendant plusieurs jours, l'eau s'évapore passivement du liquide dont la concentration croit jusqu'à atteindre 70 à 80 %, celle de l'eau diminue jusqu'à 14 à 25 % d'eau.

### **b) Protection :**

Lorsque le miel est suffisamment concentré, les abeilles recouvrent l'alvéole d'un opercule de cire. Malgré cette protection, des miels contenant 21 % d'eau davantage peuvent fermenter dans les rayons, sous les opercules. Seuls se conservent bien les miels à moins de 18 % d'eau.

### c) Transformation :

Les sucres se transforment ; leur constitution chimique évolue entre celle du nectar ou du miellat et celle du miel. En particulier, le saccharose est transformé en un mélange de glucose et de fructose sous l'action d'une enzyme, l'invertase ou saccharase, incorporée au nectar par la salive des abeilles. La transformation ou inversion s'exprime par l'équation suivante :



## I.6. Composition et propriétés du miel :

### I.6.1. Composition du miel :

Le miel est un mélange très complexe : nectar des fleurs, pollens, propolis, enzymes présentes dans les sécrétions des glandes salivaires et pharyngées, cire, produits de desquamation (**Dutau et Rancé, 2009**). La composition du miel dépend de très nombreux facteurs : espèces végétales butinées, nature du sol, race d'abeilles, état physiologique de la colonie, etc, (**Jean-Prost et Le Conte, 2005**).

Selon (**Lequet, 2010**), les principaux constituants chimiques du miel sont proches de ceux du nectar : l'eau, les glucides (monosaccharides tels que le glucose et le fructose ou polysaccharides tels que le maltose, le saccharose, le mélézitose, l'erlose), les acides organiques (libres ou combinés sous formes de lactones), les protides et les matières minérales.

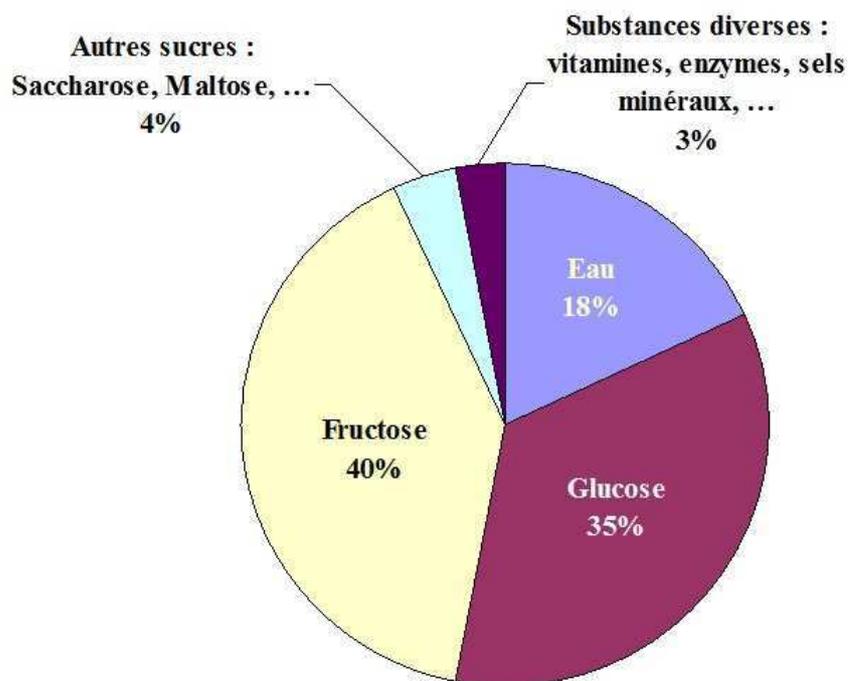
Le miel contient également les enzymes provenant des sécrétions salivaires de l'abeille : la diastase ou amylase (qui provoque la dégradation de l'amidon en dextrine puis en maltose) et l'invertase (qui provoque la scission du saccharose en fructose et en glucose).

On y trouve aussi des vitamines, des arômes, des lipides, du glycérol (résultat d'une fermentation), des grains de pollens, des levures, des grains d'amidon, des spores de champignons, des algues, etc.

Enfin, le 5-hydroxy-2-méthylfurfural (HMF) est un composant retrouvé systématiquement à l'état de traces dans le miel. Il provient de la dégradation du fructose et est un excellent indicateur de qualité.

Le miel doit, dans la mesure possible, être exempt de matières organiques et inorganiques étrangères à sa composition (particules de cire, résidus ou contaminants).

(**Louveaux 1968**) a résumé parfaitement les résultats des différents travaux relatifs à la composition du miel (figure 3).



**Figure 3 :** Diagramme de composition du miel (Louveaux 1968).

Les caractéristiques légales de la composition d'un miel destiné à la consommation humaine sont les suivantes :

### **I.6.1.1. Les éléments majeurs :**

#### **I.6.1.1.1. L'eau :**

La teneur en eau est en moyenne de 17 à 20 %. Cependant, à l'exception des miels de bruyère, l'eau ne devrait pas excéder 18 %. Dans le cas de la callune, le pourcentage en eau est plus élevé (19 à 26 %), en relation avec la thixotropie du miel due à la présence d'une protéine (Lobreau-Callen et al., 2000).

La teneur en eau est une caractéristique importante des miels, elle conditionne la conservation du produit, son poids spécifique, et dans une certaine mesure sa cristallisation, sa saveur ; en un seul mot, sa qualité (Louvaux, 1968).

#### **I.6.1.1.2. Sucres :**

Les glucides représentent 95 à 99 % de la matière sèche du miel. C'est-à-dire que l'eau et les sucres ensemble forment la quasi-totalité du miel (Louveaux, 1985).

Les hydrates de carbone constituent la partie la plus importante du miel. Il s'agit en grande partie de monosaccharides (glucose et fructose), du saccharose, du maltose, et d'autres sucres présents à l'état de traces (erlose, mélézitose, isornaltose, nigérose, turanose, maltulose...). La présence de glucose et de fructose est le résultat de l'action d'une enzyme sur le saccharose: l'invertase, les autres sucres semble dépendre des plantes qui ont été butinées (Hoyet, 2005).

Habituellement, le fructose est le plus abondant, il représente près de la moitié de l'ensemble des sucres, il ne se retrouve dans aucune autre denrée naturelle à des concentrations aussi élevées (Feller-Demalsy et al., 1996).

Selon (**Anonyme, 2003**), la teneur totale en fructose et glucose ne doit pas être inférieure à 60g pour 100g d'un miel de fleurs et 45g pour 100g d'un miel de miellat ou mélange de miel de miellat avec du miel de fleurs, en ce qui concerne le saccharose, on ne doit pas en trouver plus de 5g dans 100g de miel.

### **I.6.1.2. Les éléments mineurs :**

#### **I.6.1.2.1. Acides :**

Le pH relativement bas du miel est dû à la présence d'acides organiques dans le miel. L'acide gluconique, qui provient de la transformation enzymatique du glucose, domine puisqu'il représente de 70 à 80 % des acides libres totaux. De nombreux autres acides provenant principalement des nectars ont été relevés (acides malique, citrique, oxalique et oxalique, etc).

Les acides organiques qui proviennent des nectars récoltés par les abeilles assurent, par leur variété, la diversité et la caractérisation des miels. Notons également que tous contribuent, durant la conservation du produit, à améliorer la résistance aux micro-organismes (**Feller-Demalsy et al., 1996**).

#### **I.6.1.2.2. Protides :**

Le miel contient peu de protides, soit de 0.1 à 0.2 % du poids frais. Ces protides sont en général des protéines et des acides aminés. Mentionnons que la proline, un des acides aminés, se retrouve toujours dans le miel. L'origine des protides est diversifiée puisque ceux-ci peuvent provenir du nectar, de sécrétions d'abeilles ou de pollen présents dans le miel. Seul le miel de bruyère (miel à consistance gélatineuse) contient une quantité élevée de protéines végétales (1 à 2 %) (**Feller-Demalsy et al., 1996**).

#### **I.6.1.2.3. Minéraux :**

Les éléments minéraux contenus dans le miel sont variés et présents en petites quantités. Le potassium est toujours l'élément dominant. Le miel de nectar contient en moyenne de 0.1 à 0.2 % de substances minérales, tandis que le miel de miellat contient environs 1 % le miel naturellement foncé est plus riche en minéraux que le miel clair. la teneur en minéraux du miel variée aussi en fonction de l'origine florale mais surtout d'après l'origine géographique du miel (**Feller-Demalsy et al., 1996**).

La teneur en sels minéraux et en oligo-éléments du miel est indiquée dans le (tableau I), ces valeurs ont été mesurées dans des miels de différentes provenances.

**Tableau n° I: Sels minéraux et oligo- éléments dans le miel de différentes provenances (Donadieu, 2003).**

	mg/ Kg		mg/ Kg
<b>Potassium</b>	200 - 1500	<b>Manganèse</b>	0,2 - 10
<b>Sodium</b>	16- 170	<b>Chrome</b>	0,1 – 0,3
<b>Calcium</b>	40 - 300	<b>Cobalt</b>	0,01 – 0,5
<b>Magnésium</b>	7 - 130	<b>Nickel</b>	0,3 – 1,3
<b>Fer</b>	0,3 - 40	<b>Aluminium</b>	3 - 60
<b>Zinc</b>	0,5 - 20	<b>Cuivre</b>	0,2 – 6,0
<b>Plomb</b>	< 0,02 – 0,8	<b>Cadmium</b>	< 0,005 – 0,15

#### **I.6.1.2.4. Enzymes :**

Particulièrement fragiles aux élévations de température, elles sont un bon indicateur de surchauffe des miels, étant détruites à forte chaleur. Les principales enzymes proviennent des glandes hypo-pharyngiennes (salivaires) de l'abeille et leur panoplie varie selon les espèces d'abeilles considérées. Chez *Apis mellifera* var. *mellifera*, il s'agit, notamment : de la gluco-invertase qui hydrolyse les disaccharides, de l'amylase qui dégrade l'amidon des pollens et le transforme en maltose et, enfin, de la gluco-oxydase qui transforme le glucose en acide gluconique. Quelques enzymes proviennent des nectars : la catalase qui régularise les activités de la gluco-oxydase, la phosphatase acide et quelques traces d'amylase. Dans un miel de qualité, l'indice diastasique est élevé et nettement supérieur à 8 (**Lobreau-Callen et al., 2000**).

#### **I.6.1.2.5. Vitamines :**

Dans le miel, la teneur en vitamines est très faible. La teneur en vitamine C est la plus constante et la plus abondante, soit 2 mg/100 g de miel frais. Les autres vitamines présentes sont celles du groupe B et quelquefois les vitamines A, D et K (**Feller-Demalsy et al., 1996**).

#### **I.6.1.2.6. 5-hydroxy-2-méthylfurfural (HMF) :**

L'HMF est un composé organique dérivé de la déshydratation du fructose. Ni les nectars ou miellats, ni les miels frais n'en contiennent. Cette molécule apparaît au cours du processus de vieillissement naturel du miel. Ce processus est accéléré si les miels sont chauffés ou s'ils sont très acides. L'analyse de la quantité d'HMF est donc une excellente méthode pour apprécier la qualité d'un miel : son vieillissement et son chauffage (**Deschamps, 1998**).

Du point de vue légal, (**Anonyme 2003**) a résumé les teneurs limites en HMF comme suit :

- en général et à l'exception du miel destiné à l'industrie, le seuil maximal est de 40 mg/kg,
- les miels et mélanges de miels provenant de régions ayant un climat tropical ne

peuvent excéder 80 mg/kg.

A une température de stockage de 4°C, en fonction de son acidité, un miel mettra 20 à 80 ans pour atteindre le seuil légal de 40 mg/kg. A température ambiante de 20°C (température de stockage chez la plupart des consommateurs), cette durée sera de 2 à 4 ans. Si le miel est porté à température plus élevée, même pendant un court moment, la teneur en HMF augmentera plus vite (**Lequet, 2010**).

#### **I.6.1.2.7. Divers :**

Plusieurs facteurs antibiotiques naturels ont été trouvés dans le miel peroxyde d'hydrogène, flavonoïdes, ...Le miel contient également des éléments figurés : grains de pollen, spores de champignons, algues microscopiques, levures, etc., dont l'identification sous le microscope permet d'obtenir des renseignements sur l'origine florale et géographique (analyse pollinique des miels ou mélisso-palynologie). L'étude microscopique du miel permet de lui attribuer une appellation: miel toutes fleurs, miel de lavande, de châtaignier... Un miel n'est jamais issu à 100% du même type de fleur; on donne au miel le nom de l'espèce qui est majoritaire.

Les pigments colorent et aromatisent les miels. Ce sont principalement des caroténoïdes, des xanthophylles et des flavonoïdes (**Hoyet, 2005**).

### **I.6.2. Les propriétés physiques :**

#### **I.6.2.1. pH et acidité :**

La plupart des miels ont un pH relativement bas (acide). Cependant, ce dernier est d'autant plus élevé et proche de 7 que le miel est jeune, fraîchement récolté et contient d'abondants sels minéraux (**Lobreau-Callen et al., 2000**).

Selon **Hoyet (2005)**, le pH du miel est acide; il oscille entre 3 et 6.

#### **I.6.2.2. Densité :**

La teneur moyenne en eau est de 17,2% à 20°C, la densité moyenne est de 1,42 et varie généralement de 1,39 à 1,44 selon la nature des miels analysés (**Hoyet, 2005**).

#### **I.6.2.3. Viscosité :**

Elle varie en fonction de la température, de la teneur en eau et de la composition chimique du miel. A 35°C, tous les miels sont fluides. Certains sont thixotropes, comme ceux d'Erica et surtout de Calluna. Ils ont une viscosité anormale, leur consistance étant celle d'un gel (**Hoyet, 2005**).

#### **I.6.2.4. Conductibilité thermique :**

Le miel est quatorze fois moins conducteur que l'eau (**Jean- Prost et Le Conte, 2005**). Sa conductivité thermique varie entre  $118 \times 10^{-5}$  et  $143 \times 10^{-5}$  cal/cm (**Krell, 1996 et Sharma, 2005**).

### **I.6.2.5. Conductibilité électrique :**

La conductibilité électrique représente la capacité d'une substance à conduire du courant électrique, utilisé pour la mesure de la teneur en matières minérales. Elle est exprimée en siemens/ cm (s/cm) (**Ali, 2010**).

D'après **Jean- Prost et Le Conte (2005)**, les miels ont une conductibilité variable selon l'origine botanique, le miel de colza conduit relativement mal le courant électrique ; celui de callune laisse passer plus facilement l'électricité, d'une manière générale, les miels de miellat conduisent beaucoup mieux le courant que les miels de fleurs.

### **I.6.2.6. Coloration :**

La couleur du miel va du jaune très pâle (presque blanc) au brun très foncé en passant par toutes les gammes de jaunes, d'oranges, de marrons et même parfois de verts. Si le nectar ou le miellat n'ont pas de pigments, les miels liquides seront incolores et les miels cristallisés seront blancs (exemple du miel de colza). Dans le cas contraire, la palette de couleur est très large (**Bruneau, 2002**).

Le vieillissement et le chauffage accentuent la coloration. Elle s'apprécie au moyen de colorimètre ou de comparateurs visuels (**Jean- Prost et Le Conte, 2005**).

D'après **Girard-Lagorce (2005)**, les miels foncés sont plus riches en matières minérales que les miels clairs.

### **I.6.2.7. Chaleur spécifique :**

La chaleur spécifique d'un corps est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C la température d'une unité de poids de ce corps. Un miel à 17 % d'eau, la chaleur spécifique est de 0.54 à 20°C. Cela veut dire qu'il faut approximativement deux fois moins d'énergie (de joules) pour réchauffer du miel que pour réchauffer la même masse d'eau (**Jean-Prost, 1987**).

### **I.6.2.8. Indice de réfraction :**

Il varie proportionnellement avec la température et la teneur en eau de (1,5041 à 1,4915) pour une teneur en eau de 13 à 18 %, donc pour la plupart des miels, et atteint « 1,4789 » pour les miels de callune avec 23 % d'eau (**Lobreau-Callen et al., 2000**).

## **I.7. Propriétés biologiques du miel :**

### **I.7.1. Valeur alimentaire et diététique :**

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

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

Le miel présente sur le sucre ordinaire l'avantage de contenir des sels minéraux ainsi que des substances aromatique qui rendent sa consommation plus agréable. Le miel est un aliment très favorable à la croissance des jeunes enfants (**Gonnet, 1982**).

## I.7.2. Valeur thérapeutique :

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

Dans le domaine médical, il a été signalé l'action bénéfique du miel dans certains cas de maladies de l'estomac, de l'intestin, des reins ou des voies respiratoires (voir tableau II) (**Gonnet, 1982**).

Le miel a un pouvoir antiseptique utilisé dans le traitement des plaies, depuis l'antiquité l'élément essentiel de cette activité antibiotique est une enzyme, la gluco-oxydase, qui provoque un dégagement d'eau oxygénée (**Jean-Prost, 1987**).

**Tableau II :** Propriétés et indications thérapeutiques plus spécifiques attribuées aux principaux miels unifloraux (**Donadieu, 1984**).

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

## **I.8. Principales transformations physiques et chimiques du miel :**

### **I.8.1. Cristallisation :**

Selon **Huchet et al., (1996)**, la cristallisation des miels est un phénomène très important car c'est de lui que dépend en partie la qualité du miel. Il dépend des facteurs suivants:

#### **a. La teneur en sucres :**

Plus la teneur en glucose est élevée, plus rapide sera la cristallisation du miel, les miels avec plus de 28% de glucose se cristallisent très rapidement, mais aussi, plus la concentration en fructose par rapport à celle du glucose (rapport fructose/glucose) est élevée, plus la cristallisation est lente. En principe, le miel reste liquide au-dessus d'un rapport fructose/glucose proche de 1,3 (**Bogdanov, 1999**).

#### **b. La température :**

La température optimale pour la cristallisation du miel se situe entre 10 et 18°C. Une température constante de 14°C est idéale pour un miel à teneur en eau moyenne. Les basses températures retardent la croissance des cristaux. Les hautes températures entraînent la dissolution des cristaux qui disparaissent totalement à 78°C (**Huchet et al., 1996**).

La température idéale pour une bonne conservation du miel doit être comprise entre 12 et 16°C, elle est ralentie à plus basse comme à plus haute température. Mais dans ce dernier cas, la dégradation du miel se caractérise par un taux d'HMF croissant dans le temps (**Djerd, 2008**).

#### **c. La teneur en eau :**

Les miels avec une teneur en eau de 15 à 18% ont une bonne cristallisation. Ceux dont la teneur est inférieure ou supérieure se cristallisent plus lentement, ceux au contenu hydrique faible deviennent durs, alors que ceux avec plus de 18% d'eau restent mous (**Bogdanov, 1999**).

### **I.8.2. Fermentation :**

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

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

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

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

## **I.9. Qualité du miel et normes internationales :**

### **I.9.1. La qualité du miel :**

Les pratiques de l'apiculteur sont fondamentales si on souhaite que les miels et les autres produits de la ruche soient efficaces, il est nécessaire de choisir un miel produit dans des conditions d'hygiène, de respect de l'abeille et de soin consciencieux à toutes les étapes de son élaboration.

Le choix des zones de butinage est la première étape importante. L'abondance et la variété des plantes mellifères sont des conditions de qualité du miel. Les abeilles qui n'en trouvent pas dans les parages immédiats peuvent être obligées d'aller chercher pitance dans des zones plus éloignées. Les risques de retrouver des traces indésirables de polluants s'accroîtraient.

Le miel est ensuite élaboré dans la ruche par un long processus de bouche à bouche et de ventilation par les ailes des abeilles. Cette lente étape ne doit pas être raccourcie, car c'est là que le miel acquiert toute sa richesse enzymatique et son haut pouvoir antiseptique (**Flurin, 2009**).

### **I.9.2. Les normes internationales relatives aux miels :**

Les normes internationales concernant le miel sont spécifiées dans une directive européenne relative au miel et dans la norme pour le miel du Codex Alimentarius, voir (tableau XV, dans annexe 2) qui font tous deux actuellement l'objet d'une révision (**Bogdanov et al., 1999**).

Cette norme valable pour le commerce international du miel devra être respectée par tous les gouvernements. Les critères spécifiques relatifs à la composition du miel de qualité n'ont par contre pas force de loi et les partenaires commerciaux sont libres de les appliquer (**Bogdanov, 1999**).

## II. Falsification et toxicité du miel

### II.1. Falsification du miel :

D'un point de vu juridique, pour qu'il y ai « fraude » sur un produit, il faut qu'il y ai eu intention d'adultérer ce produit (exemple : ajout volontaire de sirop dans le miel ou dans la ruche avant récolte) (**Schweitzer, 2012**).

La réglementation n'autorise aucun ajout dans le miel, mais les fraudes existent. En effet, le miel comme beaucoup d'autre produit n'échappe pas à ces pratiques qui déstabilisent les prix et la confiance des acheteurs. En générale, 3 types de fraudes sont observés (**Clement, 2003**).

### II.2. Les différents types de fraudes :

#### II.2.1. Fraude par adultération :

L'adultération est une pratique frauduleuse consistant en l'ajout d'un produit de moindre valeur à un autre produit, qui est alors vendu ou donné pour ce qu'il n'est pas. On en observe dans le miel depuis la commercialisation de sirops de sucre bon marché et de compositions chimiques voisines de celles des miels. Ces sirops de sucre peuvent être additionnés au miel après la récolte, ou directement durant la miellée (**Cotte, 2003**).

Trois principaux types de fraude ont été mentionnés par **Antinelli et al. (2001)** :

- ✚ La fraude consistant à ajouter au miel du saccharose est peu courante car facilement détectable du fait de la faible teneur en ce sucre dans la plupart des miels.
- ✚ L'adjonction de saccharose inverti (glucose + fructose) chimiquement est possible mais entraîne la production d'une grande quantité d'HMF.
- ✚ L'ajout de sucre de canne, de sirop de sucre de canne ou de miel de sucre sont repérables, notamment par analyse microscopique.

#### II.2.2. Fraude par non-conformité :

D'après **Schweitzer (2012)**, il s'agit du non-respect volontaire de l'arrêté du 30 juin 2003, sur l'appellation « miel » fixant les normes, comme (le taux d'humidité, d'HMF ....), Il peut également s'agir :

- ❖ De la vente sous un label de qualité sans en respecter le cahier des charges,
- ❖ De la référence à une origine géographique erronée ou à une catégorie de miel erronée,
- ❖ De la non-conformité de l'origine chronologique (miel vieux vendu comme miel de l'année ;

Les analyses pollinique, physico-chimique et organoleptique permettent de déceler facilement ces « fraudes » et de reclasser le produit dans la bonne catégorie (**Lequet, 2010**).

### **II.2.3. Fraudes par contamination :**

Le miel peut être contaminé par l'environnement ou par l'apiculteur. Dans ces cas, on peut retrouver dans le miel :

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

Ces contaminations ne sont pas souvent décelables à la dégustation et sont encore peu demandées lors des analyses de miel de concours, alors qu'elles devraient être discriminatoires (**Lequet, 2010**).

### **II.3. Sources de contamination du miel :**

Plusieurs sources de contamination sont envisageables : pollutions biologiques et chimiques, soit par l'abeille qui se trouve en contact avec ces polluants dans l'environnement qu'elle prospecte, soit au sein de la colonie lors de traitements médicamenteux ; pollutions par les manipulations au cours du conditionnement et enfin pollutions au cours du stockage par transfert de molécules étrangères (métaux) du contenant vers le contenu (**Fléché et al., 1997**).

**Bogdanov (2006)**, a précisé que, les deux sources de contamination du miel sont : l'environnement, dès les étapes de l'élaboration du miel ; mais aussi l'apiculteur, par des pratiques apicoles peu rigoureuses.

#### **II.3.1. Les contaminations environnementales et leur détection dans le miel :**

Le miel et la gelée royale sont des produits issus de la nature. Ils n'échappent donc pas à la pollution de l'environnement. En effet, ils peuvent contenir des résidus de métaux lourds, de pesticides utilisés dans l'agriculture et d'antibiotiques issus de la pratique apicole (**Chairopoulos et Bequet, 2011**).

##### **II.3.1.1. Résidus de pesticides :**

Les pesticides (insecticides et acaricides, herbicides, fongicides, rodenticides et destructeurs de nuisibles) constituent un groupe hétérogène, tant sur le plan des potentialités de résidus dans l'environnement que sur celui des risques de toxicité et de bio-accumulation par la chaîne agro-alimentaire. L'utilisation des pesticides peut conduire à la présence de résidus dans les aliments (**Keck, 2002**).

Les pesticides les plus fréquemment recherchés dans le miel sont les organochlorés, les organophosphorés et les carbamates (**Lequet, 2010**).

##### **II.3.1.2. Traitements antibiotiques :**

Les antibiotiques sont les principaux contaminants du miel. Sept classes d'antibiotiques ont été identifiées dans des miels : les sulfonamides, les aminoglycosides, les tétracyclines, les amphénicols, les macrolides, les beta-lactamines et les métabolites du nitrofurane. Les conséquences des résidus d'antibiotiques pour la santé publique sont de deux ordres. Ils

peuvent d'une part, créer une pression de sélection favorisant l'émergence de certaines bactéries résistantes et d'autre part, la teneur en résidus dans les denrées alimentaires d'origine animale peut atteindre des niveaux toxiques pour le consommateur (**Lequet, 2010**).

Certains antibiotiques peuvent être légalement utilisés pour traiter les ruches mais de façon restreinte dans l'Union Européenne et plus encore en France. Cependant, de nombreux pays tiers les utilisent couramment et sans limite. En 2003, les autorités européennes de Bruxelles avaient dû fermer provisoirement les frontières de l'Europe au miel chinois après plusieurs cas de contamination par le chloramphénicol, un antibiotique hautement toxique, interdit depuis 1995 (**Chairopoulos et Bequet, 2011**).

### **II.3.1.3. Polluants organiques :**

Les PCB (polychlorobiphénols), par exemple, sont des polluants organiques issus des huiles de moteur, lubrifiants et réfrigérants, produits avant les années 1980. Ces substances sont toujours présentes dans l'environnement et peuvent contaminer les plantes, et par extension les abeilles et le miel. Mais les quantités retrouvées dans le miel sont infinitésimales et sans conséquence sur la santé humaine (**Bogdanov, 2006**).

### **II.3.1.4. Radioactivité :**

La radioactivité du miel, exprimée en Becquerel par kilo (Bq/kg), peut être soit d'origine naturelle (dans le cas de l'isotope  $^{40}\text{K}$  par exemple), soit d'origine accidentelle (suite à la catastrophe de Tchernobyl en 1986, des isotopes radioactifs tels que le  $^{137}\text{Cs}$  ont été retrouvés dans certains miels).

La radioactivité du miel reste très rare. Néanmoins, après un incident nucléaire, les produits de la ruche doivent systématiquement être contrôlés (**Lequet, 2010**).

### **II.3.1.5. Résidus des éléments de traces métalliques :**

D'un point de vue purement chimique, les éléments de la classification périodique formant des cations en solution sont des métaux. D'un point de vue physique, le terme «métaux lourds» désigne les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique supérieure à  $5 \text{ g.cm}^3$  (**Adriano, 2001**).

D'un autre point de vue biologique, on en distingue deux types en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques : métaux essentiels et métaux toxiques.

- Les métaux essentiels sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques (**Loué, 1993**). Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn), du fer (Fe).
- Les métaux toxiques ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd) (**Baker et Walker, 1989**).

### **II.3.1.5.1. Sources de contamination du miel par les éléments de traces métalliques :**

La présence des éléments de traces métalliques en quantité anormale dans le miel peut provenir des équipements de manipulation du miel ou de la pollution des aires de butinage. Les teneurs relevées jusqu'à présent ne constituent pas un danger pour la santé humaine mais il faut être vigilant. Un dépassement de ces teneurs pourrait entraîner une mauvaise publicité pour les produits de la ruche et ainsi affecter leur mise en marché (**Feller-Demalsy et al., 1996**).

Les résultats d'analyses montrent que le miel est relativement peu contaminé, contrairement aux abeilles. Certains auteurs pensent que l'abeille filtre les métaux lourds de l'environnement (**Devillers et Pham-Delegue, 2002**) et qu'elles peuvent, elles et leurs produits, servir de bio-indicateurs pour une contamination par des métaux lourds dans un rayon de trois kilomètres autour de la ruche (**Bromenshenk et al., 1991 et Devillers et Pham-Delegue, 2002**).

D'après **Flamini (1986)**, l'analyse des éléments de traces métalliques est réalisée par spectrophotométrie d'absorption atomique.

#### **II.3.1.5.1.1. Plomb :**

Le plomb (pb) est un polluant environnemental que l'on retrouve dans les sols et l'atmosphère, en particulier au voisinage des sites industriels.

Le plomb, issu des moteurs, pollue l'air et contamine directement le nectar et le miellat. D'après **Bogdanov (2006)**, les valeurs retrouvées dans le miel sont comprises entre 0,001 et 1,4 mg/kg. Ces valeurs ont tendance à diminuer depuis l'utilisation d'essence sans plomb. Le seuil de tolérance pour le plomb est de 100 µg/kg. On retrouve également du plomb dans des miels extraits avec du matériel ancien, qui ont été en contact avec une peinture à base de plomb.

#### **II.3.1.5.1.2. Cadmium :**

Le cadmium provient des industries métallurgiques et des incinérateurs. Il est acheminé par le sol dans la plante et contamine lui aussi le nectar et le miellat. Si les ruches sont placées à proximité d'un incinérateur, elles peuvent également être contaminées par l'air ambiant. D'après **Bogdanov (2006)**, les valeurs retrouvées dans le miel peuvent varier entre 0,001 et 0,113 mg/kg. Le seuil de tolérance pour le cadmium est fixé à 50 µg/kg.

#### **II.3.1.5.1.3. Mercure, nickel :**

D'autres métaux lourds tels que le mercure et le nickel ont été également étudiés pour le miel. Le seuil de détection pour le mercure est de 0,0005 mg/kg (**Devillers et Phamdelegue, 2002**).

#### **II.3.1.5.1.4. Autres : cuivre, arsenic, fluor :**

Dans une étude de 1989, **Krunic** a montré que lors d'une pollution de l'air par l'arsenic provenant d'une usine de traitement du cuivre, le miel n'a pas été contaminé, contrairement aux abeilles et au pollen (**Krunic et al., 1989**).

Lors des études effectuées en Allemagne dans des zones très polluées par les métaux lourds, a été établi l'ordre suivant de contamination: abeille  $\geq$  propolis > cire de rayon > miel.

Le miel doit être exempt des éléments de traces métalliques à des concentrations qui peuvent constituer un risque pour la santé humaine (**Anonyme, 2003**).

### **II.3.2. Cas d'intoxications :**

Il existe de très rares cas d'empoisonnement par le miel ; le plus souvent, il s'agit de miel provenant de plantes de la famille des Ericacées. En effet, les principes toxiques de certaines plantes peuvent se retrouver dans le nectar des fleurs et par conséquent, dans le miel (**Bruneton, 1996**).

#### **II.3.2.1. Miels toxiques :**

D'après (**Bruneton, 1996**), le constituant majoritaire responsable de la toxicité est la grayanotoxine (l'andromédotoxine notamment l'acétyl-andromédol). Accroissant la perméabilité membranaire aux ions sodium, cette molécule dépolarise la plupart des cellules électriquement stimulables. On la retrouve dans certaines espèces de rhododendrons d'Asie mineure (*Rhododendrum luteum* et *Rhododendrum ponticum*), et d'Amérique du Nord (*Rhododendrum maximum*).

D'autres plantes peuvent être à l'origine de miels toxiques comme l'azalée (*Azalea nudiflora*) et la datura stramoine (*Datura stramonium*) aux Etats Unis, ou encore, les fleurs du rewarewa (*Knightia excelsa*) en Nouvelle-Zélande.

Cette intoxication se manifeste assez rapidement une demi-heure à deux heures après ingestion de 1 à 5 cuillerées à soupe de miel par des sueurs, des délires, une hypotension, une bradycardie, des diarrhées, des nausées, des vomissements, une transpiration et des vertiges, l'ensemble de ces symptômes étant notés chez 70 à 90% des sujets. Céphalées, fourmillements des extrémités, faiblesses musculaires et évanouissements sont également rapportés. La plupart des intoxiqués sont très fatigués et agités, certains perdent connaissance.

Les grayanotoxines étant rapidement métabolisées, un retour rapide à la normale est observé dans tous les cas assez rapidement (24 heures).

#### **II.3.2.2. Bactéries pathogènes :**

Le miel est un aliment bactériostatique, de par sa haute teneur en sucre, sa faible teneur en eau libre et en humidité, son pH faible et la présence de substance à activité antibactérienne (**Bogdanov, 2006**).

Les micro-organismes qui peuvent être rencontrés dans les produits de la ruche ont deux origines différentes : une flore habituelle, mésophile et mycélienne et un microbisme occasionnel, résultat des manipulations nécessaires au conditionnement (**Fléché et al., 1997**).

La contamination du miel par des germes pathogènes ne survient que lors d'une mauvaise manipulation du produit. Il paraît évident de respecter les mesures d'hygiène lors de l'extraction ou du conditionnement. Cependant, lors du transport des hausses entre le rucher et la miellerie, ces conditions peuvent parfois faire défaut (**Bogdanov, 2006**).

### **II.3.2.3. Pollution tellurique par des spores de *Clostridium botulinum* :**

La transmission du botulisme par le miel est bien connue et représente 1/3 des contaminations infantiles. Le pH alcalin du liquide gastrique et une flore digestive immature semblent expliquer l'incidence élevée de l'affection avant l'âge de 12 mois (**Cabasson et al., 2008**).

Deux modes de contamination du miel peuvent être envisagés : par les abeilles et par l'apiculteur. Les butineuses sont en effet susceptibles de ramener à la ruche des spores de *Clostridium botulinum*, présentes dans la poussière ou dans l'environnement. La contamination humaine est également possible par défaut d'hygiène apicole, lors de la manipulation des cadres par l'apiculteur, lorsque les hausses sont posées à même le sol ou lorsque le matériel d'extraction ne répond pas aux normes sanitaires par exemple (**Lequet, 2010**).

(**Cabasson et al., 2008**), ont enregistré en France, le cas d'une enfant de 4 mois sans antécédent, hospitalisée en urgence pour apparition d'une hypotonie avec hypovigilance. Des symptômes digestifs préalables à type de constipation, distension abdominale, perte d'appétit sont décrits par les parents. Ces derniers signalent l'administration quotidienne de miel artisanal dans la semaine précédente les symptômes. *Clostridium Botulinum* ainsi que la neurotoxine sont recherchés dans le sérum, les selles, et le pot de miel. Le diagnostic est confirmé par la présence de la toxine B dans les selles.

Ces quelques cas d'intoxication n'ont pas suscité de mesure d'analyse microbiologique systématique des miels de la part des instances européennes et nationales. Aucune norme pour le botulisme n'est donc précisée dans les textes (**Lequet, 2010**).

## II. Matériel et méthodes

La présente étude a consisté à contrôler les paramètres physico-chimiques, la teneur en minéraux et la qualité microbiologique de cinq (05) échantillons du miel de différentes origines et régions d'Algérie. L'étude a été réalisée respectivement au niveau de l'institut technique d'élevage (ITELV) de Baba Ali (Alger) pour la caractérisation physico-chimique, au laboratoire de spectrométrie d'absorption atomique du département de chimie (Université de Blida) pour la recherche des minéraux, et au niveau du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida pour les analyses microbiologiques.

### II.1. Matériel :

#### II.1.1. Matériel non biologique :

L'ensemble d'appareillage, petit matériel (verreries, accessoires) et réactifs utilisés dans cette étude sont présentés dans l'annexe n°4.

#### II.1.2. Matériel biologique :

##### II.1.2.1. Echantillonnage :

Les miels sont classés selon leurs origines florales et leurs provenances (Tableau III). Notre étude a porté sur cinq (05) variétés de miels récoltés durant l'année 2012 de différentes régions mellifères du pays, à savoir Aïn Defla, Boufarik, Maghnia, Hassi Bahbah et Berriane. A chaque échantillon, il a été attribué un code désignant :

- l'origine géographique du miel ;
- l'origine florale présumée ;
- la date de récolte ;
- mode d'extraction.

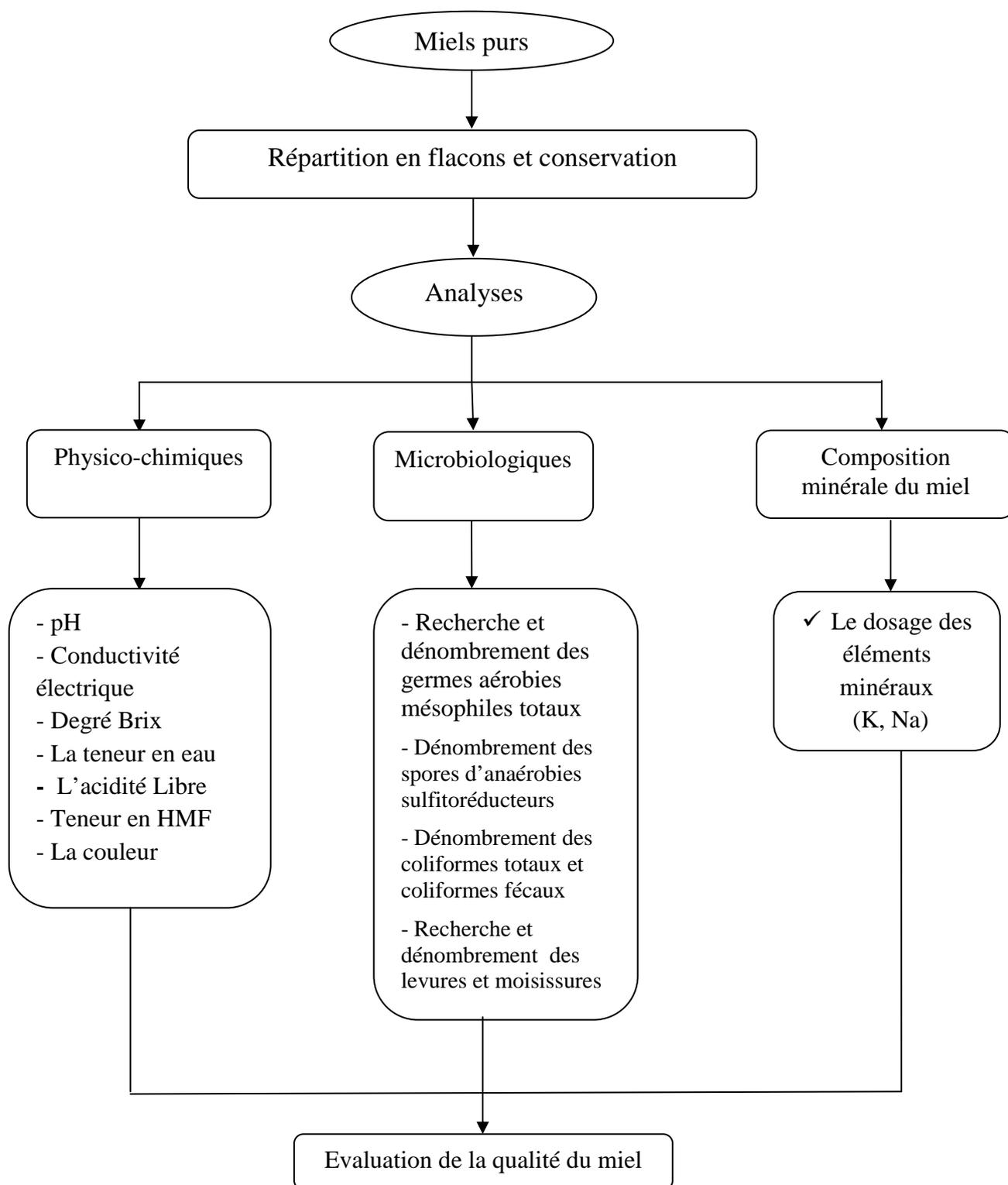
**Tableau III** : Présentation des échantillons du miel étudiés.

Echantillons	Origine géographique	Origine florale	Mois et année de récolte	Mode d'extraction
Ech 01	Aïn Defla	Oranger	Fin mai 2012	Manuel
Ech 02	Boufarik (w. de Blida)	Oranger	Fin mai 2012	Manuel
Ech 03	Maghnia (w. de Tlemcen)	Thym	Septembre 2012	Manuel
Ech 04	Hassi Bahbah (w. de Djelfa)	Toutes fleurs	Juillet 2012	Manuel
Ech 05	Berriane (w. de Ghardaïa)	Jujubier	Juillet 2012	Manuel

## II.2. Méthode :

### II.2.1. Protocole expérimental :

Afin d'effectuer les différentes analyses pour évaluer la qualité des miels, nous avons adopté le protocole développé dans la figure 4.



**Figure 4:** Protocole des analyses effectuées sur le miel.

## **II.2.2. Analyses physico-chimiques :**

### **II.2.2.1. Mesure du pH :**

#### **a) Principe :**

Le pH est une mesure quantitative de l'acidité ou de la basicité d'une solution. Plus précisément, le pH représente la concentration en protons ou ions  $H^+$  d'une solution (**Mcardle et al., 2004**). il est défini par  $pH = -\log_{10} [H^+]$  où  $[H^+]$  est la concentration en ions  $H^+$  (moles /l) (**Sportisse, 2007**).

La mesure du pH dans ce cas permet de déterminer l'origine florale (**Bogdanov et al., 2003**).

#### **b) Mode opératoire :**

##### **1) Etalonnage de l'appareil :**

L'étalonnage de pH mètre s'effectue dès sa première utilisation.

Pour l'étalonnage en température, on entre une valeur de la température égale à celle de la solution d'étude (en pratique celle de laboratoire).

Pour l'étalonnage en pH, on utilise des solutions tampons de pH 4 et 10 :

- Plonger la sonde dans la solution de calibration pH 4 et attendre la stabilisation de la mesure.
- Recommencer l'opération avec la solution de calibration pH 10.

##### **2) Mesure du pH de nos échantillons :**

- Peser dans un petit bécher 10 g du miel ; le dissoudre dans 100 ml d'eau distillée.
- Rincer l'électrode à l'eau distillée puis sécher la avec du papier joseph.
- Placer la solution de miel à analyser sous agitation magnétique.
- Plonger l'électrode propre et sèche dans la solution à analyser.
- Attendre la stabilisation de la valeur du pH.

#### **c) Expression des résultats :**

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

### **II.2.2.2. La conductivité électrique à 20 °C :**

#### **a) Principe :**

C'est la mesure à 20°C de la conductivité électrique prise dans une solution aqueuse de miel à 20% de matière sèche du produit (**Bogdanov, 2002**).

Cette mesure donne de précieux renseignements sur l'origine botanique et permet notamment de différencier les miels de miellat (**Bruneau, 2005**).

**b) Mode opératoire :**

- Peser dans un petit bécher 10g du miel ; le dissoudre dans un 50 ml d'eau distillée.
- Bien mélanger jusqu'à homogénéisation.
- Placer la solution au bain marie réglé à 20°C.
- Plonger l'électrode du conductimètre dans la solution (lorsque la température est à  $(20^{\circ} \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C})$ ).

**c) Expression des résultats :**

- Effectuer la lecture de la valeur qui s'affiche sur l'écran.
- La conductivité du miel est mesurée en siemens par cm :  $\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Conventionnellement la conductivité est donnée en  $10^{-4} \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

**II.2.2.3. Mesure du degré Brix et détermination de la teneur en eau par réfractométrie :**

**a) Principe :**

1- La méthode utilisée pour la détermination de la teneur en eau est basée sur la mesure de l'indice de réfraction qui varie en fonction de la concentration en matière sèche du produit à analyser (**Bogdanov , 2002**).

2- Le degré Brix mesure la quantité de matière sèche d'un miel, exprimé en g pour 100g de miel (**Pudlowski et Rougemont, 2000**).

Ces mesures sont réalisées par un réfractomètre de type Abbé relié à un bain thermostaté par circulation d'eau grâce à une pompe RL-2.

**b) Mode opératoire :**

- Déposer une goutte de miel sur le prisme du réfractomètre à l'aide d'une baguette en plastique. Dans le cas où l'échantillon est cristallisé (miel de colza), on le met dans un flacon fermé hermétiquement et on le place à l'étuve à 40°C ou dans un bain marie à 50°C, jusqu'à ce que tous les cristaux de sucres soient dissous puis on le laisse refroidir à température ambiante.

- Rabattre doucement le prisme mobile.

- Ajuster la ligne horizontale de séparation entre la zone claire et la zone obscure à l'intersection du réticule, en agissant sur les boutons moletés.

**c) Expression des résultats :**

- Lire la valeur de l'indice de réfraction sur l'échelle supérieure et la valeur du degré Brix sur l'échelle inférieure.

- Le pourcentage d'eau correspondant à l'indice de réfraction est obtenu en se rapportant à la table standard de la commission internationale du miel (voir tableau XVI dans l'annexe n°3).

#### II.2.2.4. Détermination de l'acidité libre :

##### a) Principe :

L'acidité libre est déterminée par titration d'un mélange miel-eau avec une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 M, jusqu'à un pH de 8,30 (Bogdanov, 2002).

##### b) Mode opératoire :

- ❖ Peser dans un petit bécher 10g du miel ; le dissoudre dans 75 ml d'eau distillée.
- ❖ Rincer l'électrode de pH mètre à l'eau distillée puis sécher la avec du papier joseph.
- ❖ Placer la solution de miel à analyser sous agitation magnétique.
- ❖ Placer l'électrode dans la solution et commencer à titrer par l'hydroxyde de sodium à 0,1 N jusqu'à atteindre une valeur de pH égale à 8,3.
- ❖ Enregistrer le volume de NaOH utilisé.

##### c) Expression de résultats :

L'acidité libre est exprimée en milliéquivalents (meq) d'hydroxyde de sodium nécessaires pour neutraliser 1 Kg du miel.

$$\text{L'acidité libre} = 10 \times V = (\text{még/Kg du}$$

Soit :

V : le volume de NaOH à 0,1 M versé pour atteindre le pH du point équivalent lors de la neutralisation du miel.

**Facteur 10 (még.l<sup>-1</sup> .Kg<sup>-1</sup>) = N × 1000/M = Constante.**

Tel que :

N : la normalité de l'hydroxyde de sodium = 0,1 még.l<sup>-1</sup>.

M : la prise d'essai (10g).

1000 : la conversion de gramme en kilogramme.

#### II.2.2.5. Détermination de la teneur en HMF :

##### a) Principe :

Le taux d'hydroxymethylfurfural (HMF) a été mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre selon la méthode de **white (1979)**. Le principe de la méthode est basé sur la détermination de l'absorbance UV par le HMF à  $\lambda=284$  nm. Dans le but d'éviter les interférences des autres composés à cette longueur d'onde, on détermine la différence entre les absorbances d'une solution aqueuse claire de miel et de la même solution après addition de bisulfite. La teneur en HMF est calculé après soustraction de l'absorbance de base à  $\lambda= 336$  nm (Bogdanov, 2002 et Gomes et al., 2010).

### b) Mode opératoire :

- Peser 5 g de chaque miel dans des béchers de 50 ml.
- Dissoudre chacun de ces miels dans 25 ml d'eau distillée et agiter à l'aide d'une baguette en verre.
- Verser dans chaque bécher 0,5 ml d'une solution de carrez I et agiter.
- Verser dans chaque bécher 0,5 ml d'une solution de carrez II et agiter.
- Transférer les solutions dans des fioles de 50 ml et compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (une goutte d'éthanol peut être ajoutée pour éliminer la mousse).
- Filtrer les solutions en utilisant un papier filtre en jetant la première dizaine de ml du filtrant.
- Pipeter 5 ml (×2) de chaque filtrant et déverser dans deux tubes à essai (18×150)
- Dans le premier tube, ajouter 5 ml d'eau distillée et mélanger (solution échantillon).
- Dans le second tube, ajouter 5 ml de la solution de bisulfite (0,2 %) et mélanger (solution de référence).

**Tableau n° IV** : préparation de la solution échantillon et celle de référence à partir de la solution initiale.

Ajouts au tube à essai	Solution échantillon	Solution de référence
Solution initiale de miel	5 ml	5 ml
Eau distillée	5 ml	-
Solution de bisulfite de sodium (0,2 %)	-	5 ml

- Déterminer l'absorbance de la solution échantillon à  $\lambda = 284$  et  $\lambda = 336$  nm dans des cellules de quartz. Si l'absorbance à  $\lambda = 284$  nm dépasse la valeur 0,6, diluer la solution échantillon avec de l'eau distillée (dilution au  $1/10^{\text{ème}}$ ) et la solution de référence avec du bisulfite de sodium 0,2% (dilution au  $1/10^{\text{ème}}$ ). Ceci est dans le but d'obtenir une absorbance suffisamment faible pour la mesure photométrique.

### c) Expression de résultats :

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

Où :

$A_{284}$  = l'absorbance à  $\lambda = 284$  nm.

$A_{336}$  = l'absorbance à  $\lambda = 336$  nm.

$W$  = le poids en gramme de l'échantillon de miel.

$D$  = le facteur de dilution (en cas de dilution).

$5$  = la masse théorique de l'échantillon de miel.

**Facteur 149,7 (mg/Kg)** =  $(126 \times 1000 \times 1000) / (16830 \times 10 \times 5)$  = constante.

Soit :

**126** : la masse moléculaire du HMF (g/mol).

**16830** : l'absorptivité molaire  $\epsilon$  du HMF à  $\lambda = 284$  nm (l/mol.cm).

**1000** : la conversion des grammes en milligrammes.

**5** : la masse théorique de l'échantillon en gramme.

**1000** : la conversion des grammes de miel en kilogrammes.

**10** : la conversion de 5 en 50 ml.

#### **II.2.2.6. Détermination de la couleur selon Lovibond :**

##### **a) Principe :**

Le principe est basé sur la comparaison de la couleur des miels à des filtres de référence d'un comparateur de type **LOVIBOND** (voir annexe n° 7) (**Aubert et Gonnet, 1983**).

##### **b) Mode opératoire :**

- Utiliser deux cuves cubiques en verre de 10 millimètres de trajet optique, une remplie avec du miel liquide (le miel cristallisé doit être chauffé dans un bain marie) l'autre d'eau distillé.
- Placer les deux cuves, chacune dans un compartiment du comparateur **LOVIBOND**.
- Placer un disque chromatique choisi selon la couleur apparente du miel (pour les clairs on utilise celui de l'échelle B).
- Placer le comparateur face à une source lumineuse naturelle.
- Défiler la gamme colorée du disque choisi à côté de la cuve à échantillon.
- Noter le numéro de la pastille correspondante, quand la couleur observée au niveau des deux compartiments est d'égale intensité.

##### **c) Expression des résultats :**

Les résultats sont traduits en « indice de PFUND », la correspondance entre la graduation des disques chromatiques de **LOVIBOND** et l'échelle de **PFUND** est représentée dans le tableau XVII (annexe n°3).

### **II.2.3. Dosage des éléments minéraux :**

Le dosage des deux éléments minéraux Na et K a été réalisé, par spectrométrie d'émission à flamme de type « Jenway PFP 7 » (voir figure 14 dans l'annexe 7).

#### **II.2.3.1. Dosage du sodium et potassium par spectrométrie à flamme :**

##### **- Principe :**

Dans un atome, ou un cation métallique, les électrons ont des niveaux énergétiques quantifiés. Toute variation d'énergie correspond au passage d'un électron d'un niveau énergétique à un autre. L'absorption d'énergie correspond à une transition électronique d'un état stationnaire à un autre de plus forte énergie : c'est l'état excité instable. L'émission énergétique, et en particulier l'émission de radiations électromagnétiques, correspond à la transition inverse : de l'état excité à l'état fondamental de plus basse énergie. Certains atomes ou cations métalliques sont susceptibles d'être excités par une flamme. Des électrons sont amenés à un niveau d'énergie supérieur par chauffage dans la flamme d'un brûleur à gaz, et, lors du retour à l'état fondamental, il y a émission d'énergie lumineuse, sous forme de photons. Pour un métal donné, il y a émission, dans ces conditions, d'un spectre de radiations simples, chacune d'elles correspond à une transition électronique possible. La photométrie de flamme permet le dosage des cations alcalins  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ .

##### **- Avantage de spectrométrie à flamme :**

- Certains éléments peuvent être analysés avec une plus grande sensibilité et moins d'interférences.
- L'émission atomique permet d'effectuer des analyses qualitatives, ce qui n'est pas le cas en absorption. En effet, c'est l'échantillon lui-même qui est la source de lumière dans une spectroscopie d'émission. Cela signifie que plusieurs éléments peuvent être analysés simultanément, ce qui représente un gain de temps appréciable, et donc un gain d'argent, même si un spectromètre d'analyse multi-éléments en émission coûte beaucoup plus cher qu'un spectromètre d'absorption atomique.

#### **II.2.3.1.1. Mode opératoire :**

##### **- Préparation des solutions étalons :**

Le but de la manipulation est de vérifier la teneur en ions sodium et potassium des différents échantillons du miel. A partir d'une solution mère de chlorure de sodium et de chlorure de potassium à  $1 \text{ g.L}^{-1}$ , on prépare une gamme de concentrations de (10, 20, 50 et 70 %). On analyse chacune de ces solutions au photomètre de flamme, ce qui permet de tracer une courbe d'étalonnage.

##### **- Etalonnage du photomètre de flamme :**

Le flux lumineux reçu par la cellule contient la somme de deux flux : L'un provient de l'émission de l'élément à doser, L'autre provient de la flamme elle-même. Cette dernière émission est le fond de flamme. Ce fond de flamme peut être compensé à l'aide de boutons qui permettent de ramener la valeur de l'indication à zéro lorsque l'échantillon est constitué

d'eau distillée. Le photomètre étant branché et réglé sur la position Na (ou K), pulvériser de l'eau distillée et faire le réglage du zéro (Afficher 0 à l'aide du bouton « Blank »).

**- Dosage des éléments minéraux (Na et K) :**

- Placer le filtre sur Na ou K selon le dosage.
- Faire passer la solution étalon fille la plus concentrée et afficher 100 à l'aide des deux potentiomètres « sensitivity fine et coarse ».
- Faire passer ensuite les autres solutions étalons filles, noter l'indication correspondante à chaque solution.
- Faire passer la solution à doser et noter la graduation.
- Entre chaque mesure, rincer le dispositif de pulvérisation à l'eau distillée.

**II.2.3.1.2. Expressions des résultats :**

Tracer les courbes d'étalonnage, sur papier millimétré, pour le sodium et le potassium (indication de l'afficheur en ordonnées, concentrations en abscisses). Déterminer, à l'aide des courbes d'étalonnages les concentrations massiques en sodium et potassium de pour les cinq variétés du miel.

**II.2.3.2. Analyses statistiques :**

Les données recueillies pour les teneurs en sodium et potassium des miels étudiés ont été analysées statistiquement et qui ont été enregistrés dans la figure 13 (annexe 6).

## **II.2.4. Analyse microbiologique :**

### **• Préparation des échantillons :**

La technique figure dans la norme (AFNOR, NF 08 010 de Mars 1996), il existe parallèlement une norme (ISO 6887 de 1999).

- Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques.
- Peser 25g de miel.
- Transférer dans un flacon stérile contenant 225 ml de TSE (Tryptone Sel Eau) : Obtention de la suspension mère.
- Prélever aseptiquement 1 ml de la suspension mère à l'aide d'une pipette graduée stérile de 1 ml munie d'une poire à aspiration ; l'homogénéisation du prélèvement se fait après aspiration est refoulement 3 fois ou par l'utilisation d'un homogénéisateur.
- Transférer aseptiquement le 1 ml prélevé dans le 1er tube ( $10^{-2}$ ), la pipette ne devrait pas pénétrer dans les 9 ml du diluant qui est le TSE.
- A l'aide d'une 2ème pipette stérile de 1 ml, procéder de même du tube  $10^{-2}$  au tube  $10^{-3}$ .

### **• Remarque :**

- Lors de l'ensemencement il est recommandé de commencer par la plus forte dilution à savoir  $10^{-3}$  dans le but de ne pas changer de pipettes.
- Entre la préparation de la suspension, des dilutions et la mise en culture, il ne doit pas s'écouler plus de 45°C.

## **II.2.4.1. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT) (AFNOR, NF 08-051, 1991) :**

### **a) Mode opératoire :**

- A partir des dilutions décimales  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter 1 ml dans deux boîtes de Pétri.
- Ajouter environ 20 ml de la gélose PCA (gélose glucosé à l'extrait de levure « Plate Count Agar ») fondu et refroidie à  $45\pm 1^\circ\text{C}$ .
- Effectuer des mouvements circulaires et de va et vient en forme de huit pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée.
- Laisser solidifier sur paillasse.
- Rajouter une deuxième couche de la même gélose pour éviter les contaminations.
- Incuber les boîtes couvercles en bas à  $30^\circ\text{C}$  pendant 72 heures.
- Effectuer la lecture chaque jour.
- Les colonies des GAMT se présentent sous forme lenticulaire en masse.

### **b) Dénombrement :**

Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte du facteur suivant :

- Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies.

**c) Expression des résultats :**

$N = C \times \text{inverse de la dilution}$

Où :

**N** = Nombres de micro-organismes par gramme de produit analysé.

**C** : Nombres de colonies de chaque boîte.

**II.2.4.2. Dénombrement des spores d'anaérobies sulfitoréducteurs (AFNOR NF 08-061, 1994) :**

**a) Principe :**

La méthodologie proposée permet la destruction des formes végétatives et le seul dénombrement des spores ayant résisté au traitement thermique. Les microorganismes anaérobies sulfitoréducteurs sporulent et sont capables de se développer en condition d'anaérobiose et de manifester des propriétés sulfitoréductrices. Le milieu viande foie (VF) contient de l'amidon qui favorise la germination des spores, du sulfite qui est réduit en sulfure qui précipite avec les ions ferriques en formant un précipité noir. Outre la thermorésistance des spores, la sélection est basée sur la culture en anaérobiose stricte (**Guiraud, 1998**).

**b) Mode opératoire :**

➤ **Préparation du milieu :**

- Faire fondre un flacon de la gélose viande foie (VF) puis le refroidir à 45°C.
- Ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium.
- Mélanger soigneusement et aseptiquement.
- Maintenir le milieu dans une étuve ou au bain-marie à 45°C jusqu'au moment de l'utilisation.

➤ **Ensemencement et incubation :**

- Porter aseptiquement 2 ml de chaque dilution ( $10^{-1}$  et  $10^{-2}$ ) en double dans deux tubes à vis stériles de 16 mm de diamètre.
- Les tubes contenant les dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$  seront soumis, d'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 minutes, puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.
- Puis ajouter environ 15 ml de gélose Viande Foie prête à l'emploi, dans chaque tube.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.
- Ces tubes seront ainsi incubés à 37°C pendant 16, 24 ou au plus tard 48 heures.

**c) Lecture :**

La première lecture doit se faire impérativement à 16 heures car :

- D'une part les colonies de Clostridium Sulfitoréducteurs sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse est à refaire.

- D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussée en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm.

Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique ré-incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures voir 48 heures.

### **II.2.4.3 Dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux :**

#### **a) But :**

L'intérêt de la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux est de déterminer, pour le produit testé une contamination fécale. Notons que E. coli représente un indice de contamination fécale récente (**Joffin et Joffin, 1985**).

#### **b) Principe :**

Les coliformes sont des bacilles à Gram-, non sporulés, aéro/anaérobies facultatives, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose, avec production d'acide et de gaz en 48h et à 35 et 37°C (**Hassley et Leclerch, 1993**).

Cependant les coliformes fécaux sont caractérisés par la fermentation du lactose avec production de gaz à 44°C, produisent de l'indole à partir du tryptophane (**Larpen, 1997**).

#### **c) Mode opératoire :**

Le dénombrement de ces germes s'effectue en milieu liquide, bouillon lactose bilié au vert brillant (BLBVL) par la technique de NPP, cette méthode fait appel à deux tests consécutifs à savoir : test de présomption suivi de test de confirmation.

##### **1) Test de présomption :**

- Préparer dans un portoir une série de tube contenant le milieu sélectif (VBL) à raison de 3 tubes par dilution.
- A partir des dilutions décimales  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement ml dans chacun des trois tubes correspondant à une dilution donnée.
- Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

##### **d-1) Lecture :**

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois un dégagement gazeux dans la cloche de Durham (an 1/10 de son volume) et trouble microbien ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu. La lecture se fait selon la prescription de la table de Mac-Grady.

Le résultat final est expliqué en germes/ ml ou g de produit. Cette recherche est un indice de présence probable de coliformes fécaux, pour cela on procède au test confirmatif « test de Machenzie ».

## 2) Test de confirmation :

A partir des tubes (BLBVL) trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse dans à la fois :

- Un tube de VBL munie d'une cloche.
- Un tube d'eau peptoné exempté d'indole (EPEI).

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 44°C pendant 24h.

### d-2) Lecture :

Les tubes considérés comme positifs sont les tubes qui présentent à la fois :

- Un dégagement gazeux dans les tubes VBL.
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowas dans les tubes d'EPEI.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de table de Mac Grady.

### e) Remarque :

Etant donné que les coliformes fécaux font partie de coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de coliformes fécaux que coliformes totaux.

### f) Normes :

Méthodes officielles.

## II.2.4.4. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (AFNOR NF ISO 7954, 1988) :

### a) Principe :

L'isolement des champignons est réalisé par l'emploi d'un milieu sélectif dotés de propriétés antibactériennes : le milieu OGA (à l'Oxytétracycline 0,1 mg/l).

### b) Mode opératoire :

#### ➤ Préparation du milieu :

- Faire fondre le milieu de base et le refroidir à 45°C.
- Ajouter à 10 ml du milieu de base 1 ml de la solution d'Oxytétracycline.
- Bien mélanger et couler en boîte de Pétri.
- Laisser solidifier sur paillasse couvercle fermé.

#### ➤ Ensemencement et incubation :

- Transférer à l'aide d'une pipette de 1 ml, à la surface de 3 boîte de Pétri contenant la gélose OGA, 4 gouttes de la prise d'essai.
- Répartir sur toute la surface à l'aide d'un râteau stérile.
- Incuber les boîtes retournées (couvercle en bas) pendant 5 jours à 20-25°C.

➤ **Remarques :**

- Opérer de la même façon et dans les mêmes conditions, avec le diluant (TSE), c'est-à-dire qu'il faut prendre quatre gouttes du diluant, les étaler avec un râteau à part et les incuber dans le même endroit que les boîtes tests, cette boîte constitue le témoin diluant.
- Incuber telle quelle, une boîte du milieu utilisé, cette dernière sera incubée également telle quelle dans le même endroit et dans les mêmes conditions de température, elle constitue le témoin du milieu.

**c) Lecture et interprétation :**

Après 48h d'incubation, repérer chaque jour les colonies sur les boîtes.

**$N = C \times 5 \times \text{inverse de la dilution}$ .**

**N :** Nombres de levures ou moisissures par gramme de produit analysé.

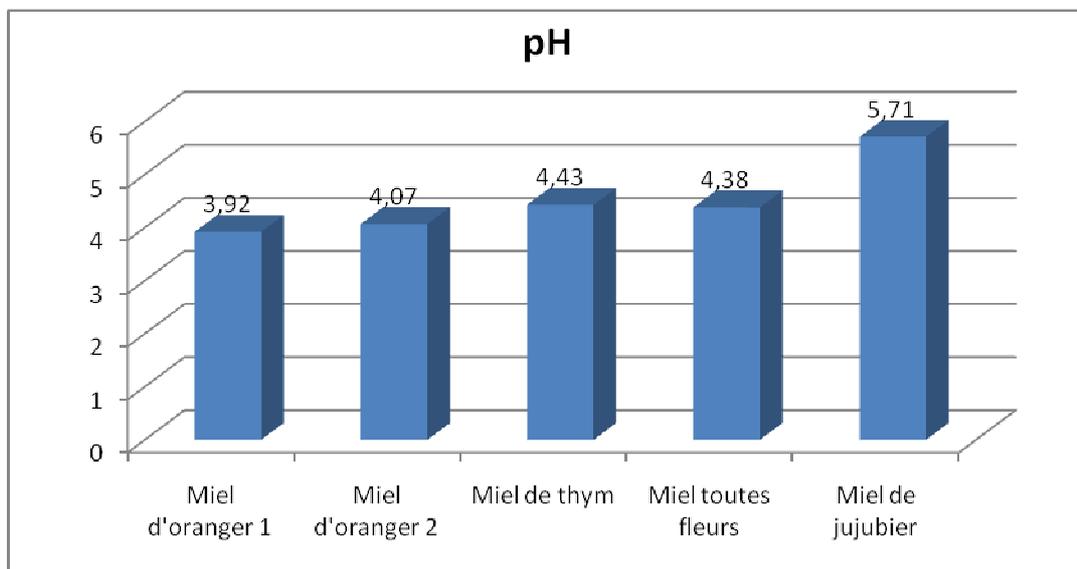
**C :** Nombres de colonies de chaque boîte.

### III. Résultats et discussion :

#### III.1. Résultats des analyses physico-chimiques :

##### III.1.1. Mesure du pH :

Les valeurs de mesure du pH nous donnent indication sur la réaction acide des miels analysés, et qui sont présentées dans la figure ci-dessous et le tableau VIII (annexe 1).



**Figure 5 :** Le pH dans l'ensemble des miels étudiés.

Les valeurs du pH de nos échantillons de miels oscillent entre 3,92 et 5,71 avec une moyenne de 4,81 ; donc tous les miels étudiés sont acides.

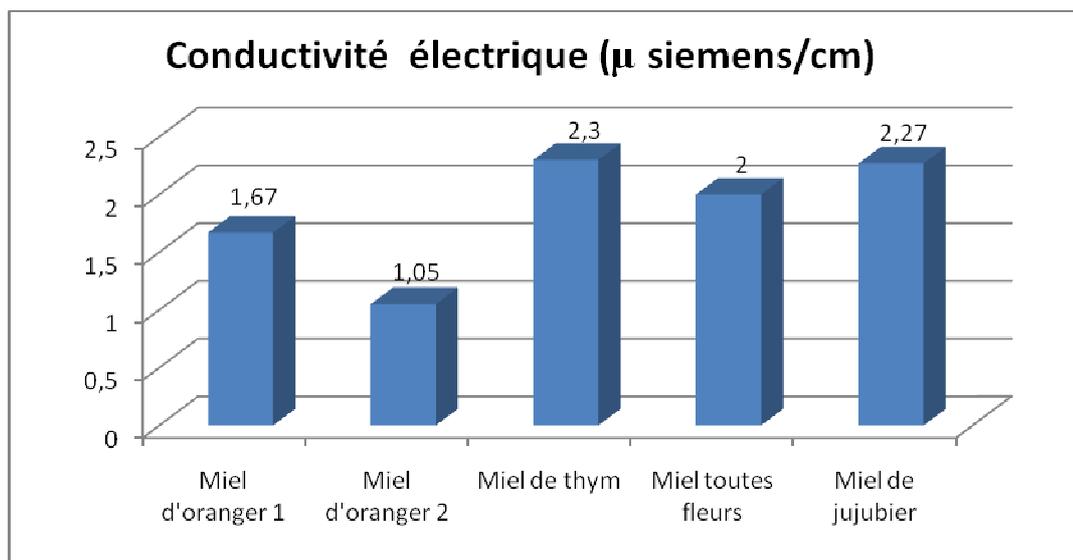
**Donadieu (1984)**, et **Gonnet (1982)**, signalent que le miel est acide, son pH est en moyenne entre 3,5 et 6. Le pH d'un miel est en relation avec la quantité d'acides ionisables qu'ils renferment (ions  $H^+$ ), ainsi de sa composition minérale.

**Gonnet (1986)**, ajoute que le pH est une mesure qui permet la détermination de l'origine florale du miel. Ainsi les miels issus de nectar ont un pH compris entre 3,5 et 4,5, par contre ceux provenant des miellats sont compris entre 5 et 5,5.

Nous remarquons ainsi que tous les miels étudiés respectivement sont issus du nectar selon les normes préconisées par **Gonnet (1986)**, sauf pour le miel de jujubier qui pourrait être un miel de miellat en attendant la confirmation par la suite des analyses, le même auteur affirme qu'un pH faible de l'ordre de 3,5 pour un miel, prédétermine un produit << fragile >> pour la conservation du quel faudra prendre beaucoup de précautions. Par contre un miel à pH 5 ou 5,5 se conservera mieux et plus longtemps.

### III.1.2. La conductivité électrique :

Les résultats de la conductivité électrique, nous donnent des renseignements sur l'origine des miels analysés, et sont portés sur la figure ci-dessous et le tableau IX (annexe 1).



**Figure 6 :** Valeurs de la conductivité électrique.

Les valeurs de la conductivité électrique obtenues sont comprises entre 1,05 et 2,30, avec une moyenne de  $1,85 \times 10^{-4}$  s/cm.

Ces valeurs correspondent à ceux rapportées par le *Codex*, ces dernières ne dépassant pas  $8 \times 10^{-4}$  s/cm pour les miels de nectar, et ne descendent pas en dessous de  $8 \times 10^{-4}$  s/cm pour les miels de miellat.

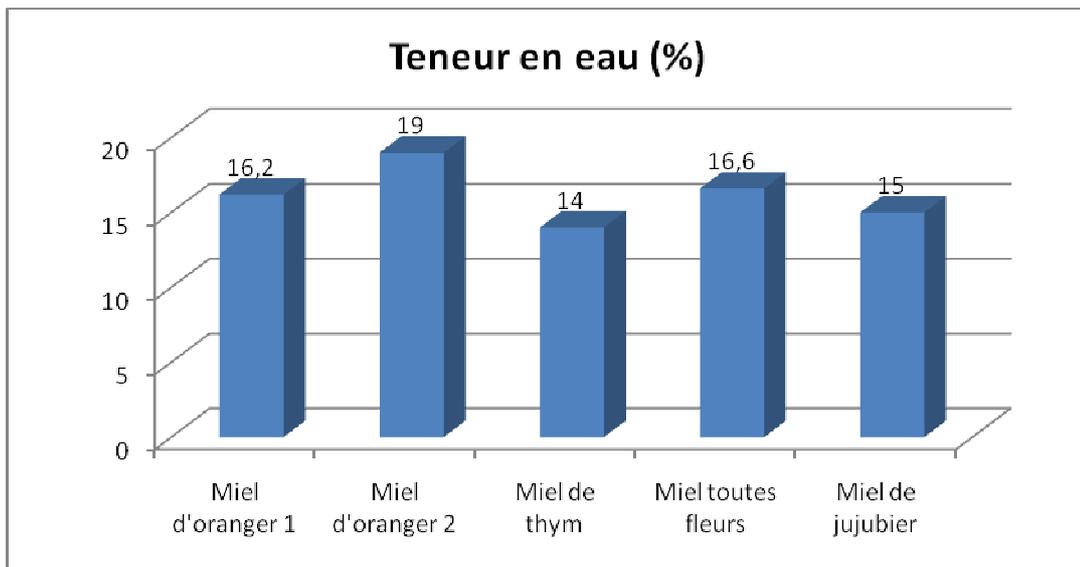
**Gonnet (1982)**, signale que les miels foncés sont les plus riches en matières minérales ionisables, et sont de bons conducteurs de courant.

D'après **Gonnet (1986)**, la conductibilité électrique du miel apporte une indication précieuse dans la définition d'une appellation, les miels issus de nectar ont une CE allant de 1 à  $5 \times 10^{-4}$  s/cm, et ceux issus de miellats de 10 à  $15 \times 10^{-4}$  s/cm, par contre, les valeurs médianes correspondent souvent à des mélanges naturels des deux origines.

Nous pouvons conclure que tous nos échantillons sont des miels de nectar, ils sont faiblement minéralisés et conduisent donc relativement mal le courant.

### III.1.3. Détermination de la teneur en eau par réfractométrie :

Après avoir rapporté les indices de réfraction obtenus à la table de CHATAWAY, nous avons obtenus les résultats suivants classés dans la figure ci-après et le tableau X (annexe 1).



**Figure 7 :** Pourcentage des teneurs en eau des miels.

Nous remarquons que la teneur en eau de nos échantillons du miel varie de 14 à 19 %, avec une moyenne de 16,16 %. Ces valeurs se situent bien dans l'intervalle préconisé par le *Codex alimentarius*, et qui ne dépasse pas 21% en général.

La teneur en eau est une donnée très importante à connaître, car elle conditionne la qualité du miel, en effet seuls les miels dont la teneur en eau est inférieure à 18% sont bon à conserver (**Gonnet, 1982**).

Les valeurs enregistrées de nos miels n'excèdent pas cette norme excepté le miel d'oranger 2 qui présente une valeur de 19 %. Ceci pourrait être expliqué par :

- ✓ une récolte précoce de ce miel, c'est-à-dire avant leur maturation.
- ✓ le nombre de jours que ce miel a passé dans le maturateur.
- ✓ des conditions dans les quelles ce miel est élaboré, récolté, transformé et entreposé dans la ruche.

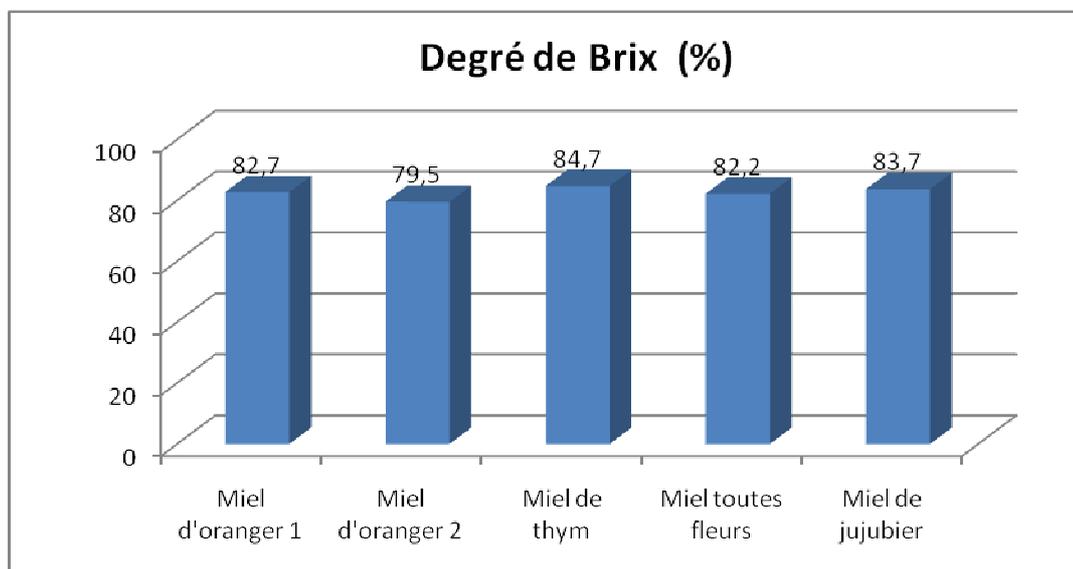
Le miel d'oranger 2 qui provient de la Mitidja région caractérisée par le taux élevé d'humidité atmosphérique surtout durant le printemps, période de récolte de cet échantillon de miel. Dans ce contexte **Lequet (2010)**, rapporte que la teneur en eau des miels est en fonction du climat, de la saison et de l'humidité des plantes butinées par l'abeille.

Les miels de thym et de jujubier sont les plus pauvres en eau, soit respectivement 14% et 15 %, ces derniers offrent une très bonne conservation. Leur faible teneur en eau pourrait être expliquée par :

- ✓ l'extraction qui est effectuée durant une période très chaude, ainsi que le miel de jujubier est pratiquement sec, et qui se conserve quelque soit la température du stockage et le nombre de levure qui contient, car selon **Gonnet (1982)**, en dessous de 15 % d'eau, la fermentation n'intervient jamais.

### III.1.4. Mesure du degré Brix :

Le degré de Brix du miel indique la quantité de sucre (en gramme) contenue dans 100 g du miel. le graphique ci-dessous et le tableau XI (annexe 1), nous donnent les valeurs de degré Brix obtenues pour les différents échantillons analysés.



**Figure 8 :** Pourcentage des valeurs de degré de Brix des miels.

Nous remarquons que les valeurs du Brix des échantillons analysés sont importantes et varient de 79,5 à 84,7%. Ceci peut être expliqué par la richesse de ces miels en sucres, puisque ces derniers sont les constituants majeurs du miel.

La variation de la teneur en matière sèche de nos miels est en relation directe avec la teneur du miel en eau. La valeur la plus élevée de la teneur en eau (19 % : miel d'oranger 2), correspond à la valeur la plus basse de la teneur en matière sèche (79,5%).

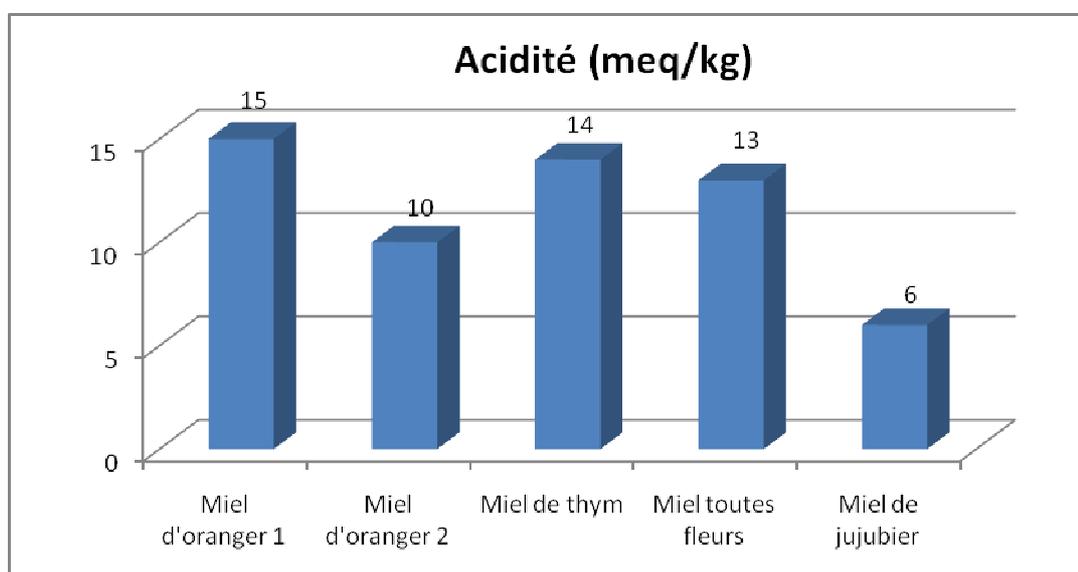
D'après **Raiffaud (2010)**, la teneur en sucre est évaluée grâce au degré Brix qui représente une bonne évaluation de celle-ci

Cependant, le dosage des différents sucres du miel est une analyse incontournable pour la détection de la fraude par ajout de sirop industriel.

Selon **Olivier (2003)**, l'identification et le dosage des glucides sont des éléments clés du contrôle des appellations florales et de la recherche de certaines fraudes.

### III.1.5. Détermination de l'acidité libre :

Les valeurs de l'acidité libre appliquées sur les miels analysés sont mentionnées dans la figure 9 et tableau XII (annexe 1).



**Figure 9 :** Valeurs de degré de l'acidité libre.

D'après la figure ci-dessus, nous remarquons que les valeurs de l'acidité libre des miels varient de 6,0 à 15,0 milliéquivalent/kg, avec une moyenne de 11,6 milliéquivalent/kg. Selon les normes internationales de Codex (2001), l'acidité libre du miel ne doit pas dépasser 50 milliéquivalents d'acide par 1000 g. Nos miels sont conformes aux normes préconisées.

**Gonnet (1982)**, affirme que tous les miels sont acides. Ils contiennent des acides organiques libres ou combinés sous forme de lactones.

D'après **Bogdanov (1999)**, l'acidité est un critère de qualité important, elle donne des indications fortes importantes de l'état du miel. Aucun échantillon analysé n'excède la limite autorisée, cela peut indiquer leur fraîcheur, ils peuvent donc se conserver longtemps surtout pour le miel de jujubier qui présente une très faible acidité.

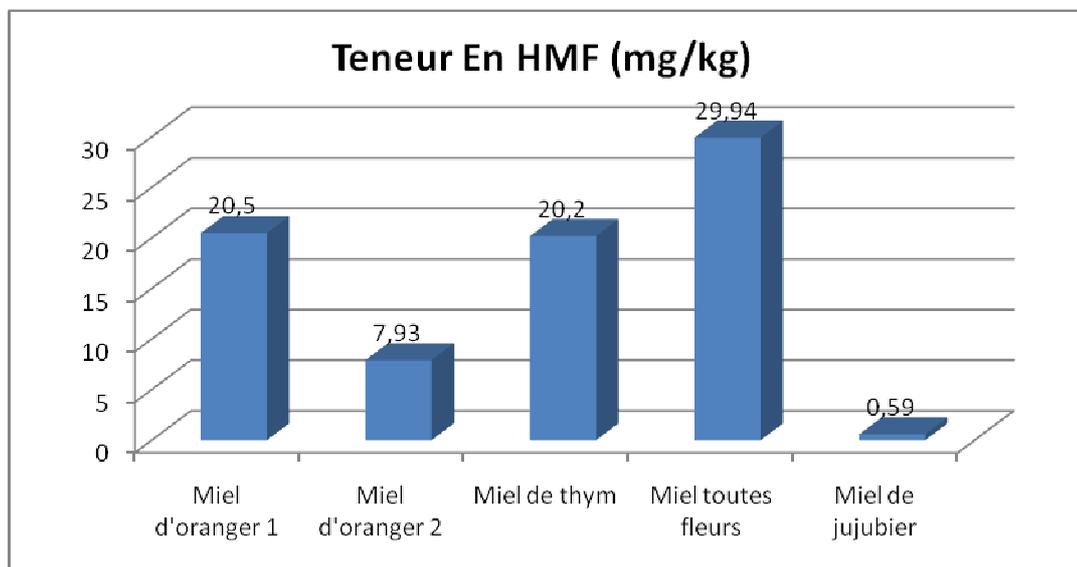
L'acidité forte de milieu favorise la dégradation des hexoses en HMF qui déprécie la qualité du miel. La fermentation du miel provoque une augmentation de l'acidité dans le miel.

La présence de certains acides dans ces miels est probablement due au nectar ou miellat, mais leur origine principale est à recherché dans les sécrétions salivaires de l'abeille et dans les processus enzymatiques et fermentatifs (**Louveaux, 1968**).

### III.1.6. Détermination de la teneur en HMF :

Les résultats obtenus sont montrés dans la figure 10 et le tableau XIII (annexe 1).

La législation impose que le taux de HMF reste inférieur à 40 mg/Kg, sauf pour les miels d'origine tropicale (80 mg) (Olivier, 2003).



**Figure 10** : Valeurs de degré d'HMF.

Les résultats permettent de constater que les miels analysés présentent une teneur en HMF comprise entre 0.59 et 29.94 mg/kg, avec une moyenne de 15.83 mg/kg.

**Marceau et al. (1994)**, signale que le principal critère d'évaluation mesurable de la qualité du miel est la concentration en Hydroxyle méthyle furfural.

D'un point de vue législatif, tous les miels analysés sont conformes aux normes de Codex alimentarius qui limitent l'HMF à 60 mg/kg, tandis que le miel de toutes fleurs qui présente une teneur de HMF conforme, mais qu'elle est un peu élevée par rapport aux autres échantillons analysés, cette teneur élevée pourra être expliquée par le fait que le miel de toutes fleurs provient de la région de Hassi Bahbah (w. Djelfa) qui a un climat désertique caractérisé par des températures élevées.

Selon **Marceaux et al., (1994)**, la chaleur excessive lors du conditionnement du miel est une des raisons principales de l'augmentation de la teneur en HMF.

D'après **Bogdanov (1999)** et **Mutsaers et al., (2005)**, la concentration en HMF augmente dans le temps et avec la température .

Selon **Bruneau (2005)**, un miel naturel, récolté sans chauffage particulier, ne contient pas plus de 5 mg d'HMF par Kg. durant le stockage du miel (à température ambiante), la concentration en HMF augmente d'environ 5 à 10 mg/ Kg par an.

On peut conclure que l'augmentation de la teneur en HMF de miel de toutes fleurs est le résultat de sa présence dans un climat chaud et par son traitement thermique excessif.

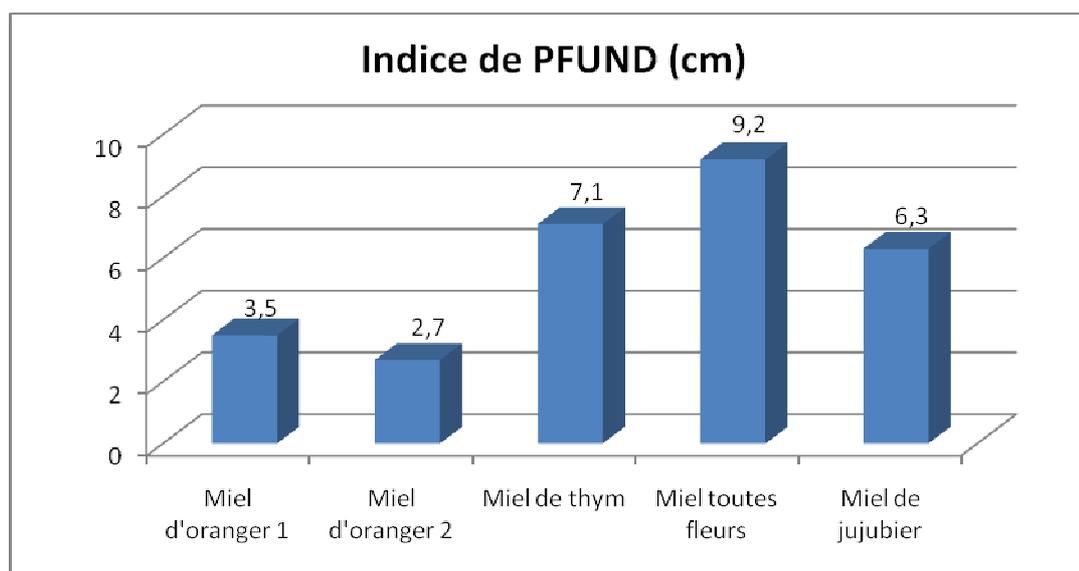
Selon **Hadorn et al. (1962)** cité par **MSDA (2003)**, les miels frais, récoltés après la miellée, ne contiennent aucune ou seulement des traces d'HMF (le plus souvent en dessous

de 3 mg/Kg). De ce fait, on remarque que le miel de jujubier récolté dans l'année 2012 est un miel d'excellence qualité.

### III.1.7. Détermination de la couleur selon Lovibond :

Les résultats de l'analyse de la coloration des miels sont représentés par la figure 11 et le tableau XIV (annexe 1).

Selon **Gonnet (1982)**, la concentration est une caractéristique physique importante des miels car elle est en rapport avec leur origine florale et avec leurs compositions.



**Figure 11** : Indice de PFUND des miels étudiés.

Pour les cinq échantillons, l'indice de PFUND varie de 2,7 à 9,2 cm. Selon les normes européennes, les miels clairs sont compris entre 1,1 et 6,2 cm PFUND et les miels foncés ont une coloration qui varie entre 6,2 à 11 cm PFUND.

Les résultats de la figure montrent que les miels de thym, toutes fleurs et jujubier sont des miels foncés appartenant à l'échelle B de PFUND ; ces derniers présentent des valeurs les plus élevées de la conductivité électrique (respectivement 2,3 ; 2 ;  $2,27 \times 10^{-4}$  S/cm) qui selon **Girard-Lagorce (2005)**, est une mesure indirecte du contenu minéral du miel.

Tandis que les miels d'oranger 1 et 2 sont les plus clairs que sur l'échelle de PFUND appartiennent à l'échelle A. Ces deux miels montrent des valeurs de conductivité très faible qui soient respectivement ( $1,67$  et  $1,05 \times 10^{-4}$  S/cm).

D'après **Bradbear (2005)**, les miels foncés sont plus riches en matières minérales que les miels clairs.

## III.2. Résultats de dosage des éléments minéraux :

### III.2.1. Résultats du dosage de sodium et potassium :

Les résultats de l'évaluation de la teneur en sodium et potassium des miels étudiés sont indiqués dans la figure ci-dessous et le tableau VI.

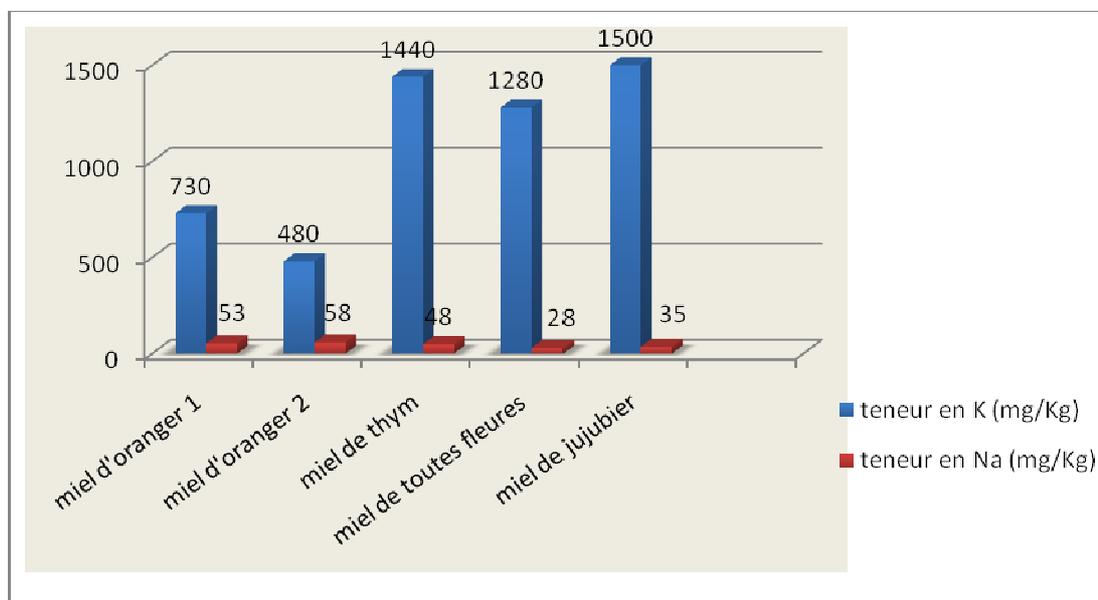


Figure 12 : Valeurs des teneurs en sodium et potassium des miels.

#### ✚ Le potassium (K) :

Les résultats montrent que les miels de jujubier, thym et toutes fleurs sont les plus riches en potassium avec des teneurs respectivement 1500, 1440 et 1280 mg/Kg, tandis que les miels d'oranger 1 et 2 sont les plus pauvres en potassium avec des taux de 730 et 480 mg/Kg respectivement.

Ces teneurs indiquent qu'il y a une variation dans les concentrations pour les cinq variétés du miel, mais qui rentrent quand même dans la fourchette des teneurs en potassium précisé par (Donadieu 2003) qui varie entre 200 – 1500 mg/Kg.

Ces teneurs élevées en potassium confirment l'étude réalisée par Alqarni et al. (2012), sur la composition minérale portée sur 23 variétés du miel d'Arabie Saoudite et 10 miels importés et qui a enregistré une dominance de taux de potassium dans tous les miels étudiés. La plus haute teneur en K (491,40 ppm) a été trouvée dans le miel d'acacia produit localement, et la plus basse (298,60 ppm) est celle du miel de colonie nourrie artificiellement.

Mbogning et al. (2011), ont détecté des valeurs en potassium allant du 136,53 mg/Kg jusqu'au 661,54 mg/Kg pour l'ensemble des 345 échantillons du miel d'origine Camerounais.

D'après Mbogning et al. (2011), la flore mellifère butinée présente dans chaque région peut expliquer cette forte concentration du potassium et surtout le taux de transfert de cet élément du sol vers le miel.

### 🚩 Le sodium (Na) :

Les concentrations de sodium pour l'ensemble des miels étudiés s'échelonnent entre 28 et 58 mg/ Kg pour le miel de toutes fleurs et pour le miel d'oranger 1 respectivement.

Ces résultats indiquent que les teneurs en sodium des miels étudiés sont tout à fait logiques, et qu'ils rentrent dans l'intervalle des valeurs enregistré par les travaux de (**Donadieu 2003**), fixés entre 16- 170 mg/Kg.

Ces résultats, sont en accord très proche avec ceux de **Mbogning et al. (2011)**, pour les miels camerounais qui ont enregistré des teneurs en sodium allant de 28,18 mg/ Kg jusqu'au 58,43 mg/Kg.

Les teneurs trouvées dans le présent travail sont similaires par rapport à ceux rapportés par la plupart des auteurs. Selon **Mbogning et al. (2011)**, le potassium (K) a été de loin l'élément majeur de concentration plus forte, suivi du calcium (Ca), du sodium (Na) et du magnésium (Mg).

### III.2.2. Résultats des analyses statistiques :

**Tableau V** : analyse de la variance pour les teneurs en sodium et potassium des miels .

Source	Sum of Squares	Df mean-Squar	F-ratio	P
Plantes hautes (les miels étudiés)	397372.600	499343.150	0.921	<b>0.531</b>
Éléments (Na , K)	2712326.400	12712326.400	25.139	<b>0.007</b>
erreurs	431576.00	4107894.150		

**P** : probabilité.

Les valeurs moyennes de chaque élément ont été comparés en utilisant la différence la moins significative du test porté à  $P < 0,05$ . On interprète nos probabilités obtenues par l'analyse de la variance en suivant un échelle bien défini qui est comme suit :

\* Si  $P < 0,05$  ; donc on peut dire il existe une différence significative.

\* Si  $P > 0,05$  ; c'est-à-dire qu'il n'existe pas de différence significative.

Bien que les probabilités ne la montre pas **P = 0,531** (il n'existe pas de différence significative), mais on estime d'après les valeurs et les graphes obtenues par l'analyse que les miels de jujubier, toutes fleurs et thym respectivement sont les plus riches en potassium tandis qu'ils sont les moins riches en sodium. Cependant, les miels d'oranger 1 et 2 sont moins riche en potassium par rapport aux autres miels mais qu'ils sont plus riche en sodium.

### III.2.3. Récapitulatif des résultats de l'étude de la composition minérale des différentes variétés du miel algérien :

L'ensemble de nos résultats « récolte 2012 » avec ceux de **Yaiche- Achour (2011)**, « récolte 2010 » portés sur l'étude de la composition minérale sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau VI :** Tableau récapitulatif des teneurs en éléments minéraux des miels analysés (exprimés en mg/Kg).

Variétés Elément à Analyser	Jubier	Eucalyptus 1	Oranger	Eucalyptus 2	Toutes fleurs	Oranger 1	Oranger 2	Thym	Toutes fleurs	Jubier
	Récolte 2010					Récolte 2012				
<b>Zn</b>	9,59	11,76	<b>14,51</b>	11,34	8,02					
<b>Mn</b>	3,42	3,03	2,50	<b>3,49</b>	2,87					
<b>Fe</b>	4,94	1,95	2,16	3,07	<b>6,37</b>					
<b>Cu</b>	3,14	<b>3,22</b>	2,72	2,94	2,94					
<b>Cr</b>	0,030	0,024	0,022	0,020	0,022					
<b>Ni</b>	0,359	0,321	0,313	0,308	0,303					
<b>Pb</b>	0,288	0,252	0,237	0,235	0,229					
<b>As</b>	0,022	0,021	0,024	0,021	0,020					
<b>Cd</b>	0,019	0,018	0,018	0,018	0,018					
<b>Na</b>						53	<b>58</b>	48	28	35
<b>K</b>						730	480	1440	1280	<b>1500</b>

L'étude des teneurs en minéraux dans diverses variétés du miel en Algérie a été mis en place avant, citons par exemple les travaux réalisés récemment par **(Yaiche- Achour 2011)**, qui se sont portés sur le dosage des éléments traces essentiels (Zn, Mn, Fe, Cu, Cr, Ni) et non essentiels (Pb, Cd, As), par spectrométrie d'émission optique couplée à un plasma inductif (ICP-AES).

Notre analyse est venue dans l'objectif d'enrichir et compléter ce qui a été réalisé par **(Yaiche - Achour 2011)** en évaluant les teneurs en deux macro-minéraux (Na et k) et cela dans la perspective de faire un balayage de tout le territoire algérien en ce qui concerne la composition minérale du miel.

D'après ce tableau on remarque une diversité des teneurs en minéraux pour l'ensemble des miels traités, qu'elle est due principalement au région et saison de la récolte avec une abondance remarquable du potassium, confirmant alors les travaux menés par **(Mbogning et al. 2011)** avec les miels camerounais, qui a souligné que la teneur en sels minéraux des miels est fortement influencée par la région et la saison. Le potassium (K) a été l'élément majeur de concentration, indépendamment des régions et des saisons.

### III.3. Résultats des analyses microbiologiques :

Selon **Fléché et al., (1997)** ; Les micro-organismes qui peuvent être rencontrés dans les produits de la ruche ont deux origines différentes : une flore habituelle, mésophile et mycélienne et un microbisme occasionnel, résultat des manipulations nécessaires au conditionnement.

Pour cela nous avons mené une série d'analyses microbiologiques de nos échantillons, qui se résume par le dénombrement des germes mésophiles totaux (GAMT), levures, moisissures, coliformes totaux, coliformes fécaux et Clostridium sulfito-réducteurs.

#### III.3.1. Résultats du dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux, Clostridium sulfito-réducteurs, coliformes totaux, coliformes fécaux, moisissures et levures :

Les résultats représentant le dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux Clostridium sulfito-réducteurs, coliformes totaux, coliformes fécaux, moisissures et levures présents dans les variétés de miels sont exprimés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau VII** : Résultats de dénombrement de l'ensemble des germes étudiés.

<b>Variétés</b> <b>m.o</b> <b>(UFC)</b>	<b>Miel</b> <b>d'oranger 1</b>	<b>Miel</b> <b>d'oranger 2</b>	<b>Miel de</b> <b>thym</b>	<b>Miel de</b> <b>toutes fleurs</b>	<b>Miel de</b> <b>jubier</b>
<b>C.S.R</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<b>Coliformes totaux</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<b>Coliformes fécaux</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<b>Moisissures</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<b>Levures</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

m.o : Microorganismes

C.S.R : Clostridium sulfito-réducteurs

Abs : Absence

Les résultats des analyses microbiologiques des 5 échantillons du miel indiquent l'absence totale de tous les germes recherchés, donc on peut conclure que nos miels sont de bonne qualité microbiologique.

Les butineuses sont en effet susceptibles de ramener à la ruche des spores de *Clostridium botulinum*, présentes dans la poussière ou dans l'environnement. La contamination humaine est également possible par défaut d'hygiène apicole, lors de la manipulation des cadres par l'apiculteur, lorsque les hausses sont posées à même le sol ou lorsque le matériel d'extraction ne répond pas aux normes sanitaires par exemple (**Becker, 2005**).

Selon **Leque (2010)**, les germes pathogènes pour l'abeille sont très spécifiques et ne peuvent en aucun cas être transmis à l'être humain. D'autre part, les abeilles sont d'excellentes nettoyeuses et, en conditions normales, réalisent une élimination permanente des germes et des parasites. Enfin, le miel est un aliment bactériostatique, de par sa haute teneur en sucres, sa faible teneur en eau libre et en humidité, son pH faible et la présence de substance à activité antibactérienne.

La législation Algérienne portant sur l'analyse microbiologique des miels est inexistante.

Les travaux du CNEVA Sophia-Antipolis (Centre National d'Etude Vétérinaire et Alimentaire en France) ont permis de préciser une échelle de numération, d'une part des micro-organismes susceptibles d'altérer la conservation, comme les levures, d'autre part des germes témoins d'une hygiène douteuse des manipulations qui suivent la récolte.

Pour les levures osmophiles, les normes sont les suivantes :

- moins de 100 levures osmophiles par gramme : bonne conservation du miel ;
- de 500 à 1 000 levures par gramme : le miel commence à fermenter ;
- au-dessus de 1000 levures par gramme : le miel ne peut plus être commercialisé.

## IV. Discussion générale

Au terme de notre étude, qui concerne les paramètres physico-chimique, microbiologique et l'évaluation de la composition minérale, montre que les cinq variétés du miel présentent les particularités suivantes :

✚ Comparativement aux normes préconisées relatives aux pH et la CE des miels, nous pouvons conclure que nos miels sont des miels de nectar.

✚ Nos miels enregistrent des teneurs faibles relativement en eau, ces miels offrent une très bonne conservation, à l'exception de l'échantillon d'oranger 2 de la Mitidja, récolté dans un milieu assez humide.

✚ Le miel de jujubier qui provient de la région de Berriane (w. de Ghardaïa), est un miel mono floral, il est pratiquement sec, se conserve quelque soit la température du stockage.

✚ Tous nos miels étudiés répondent aux recommandations décrites par le Codex Alimentarius pour la teneur en HMF qui est considéré comme un critère de qualité du miel.

✚ Le dosage des deux éléments minéraux (Na et K) par la méthode de spectrométrie d'émission à flamme de type Jenway, dans les cinq variétés du miel a présenté une prédominance du potassium et des teneurs qui sont ordinaire pour le sodium par rapport au règlement et qui ne présentent aucun danger pour la santé humaine. Les macro-minéraux, tels que le potassium, le calcium, et le sodium, et des oligo-éléments, tels que le fer, le cuivre, le zinc et le manganèse, jouent un rôle critique dans les systèmes biologiques. Ces éléments soutiennent une des réactions physiologiques normales, induisent le métabolisme général et influence la reproduction en tant que catalyseurs de diverses réactions biochimiques (Staniskien et al. 2006).

✚ Une différence significative a été observée entre les différentes variétés de miels dosés par (Yaiche- Achour 2011) concernant les concentrations en zinc et fer, par contre des doses très proches en Manganèse, Cuivre, chrome et Nickel ont été enregistrées pour les cinq miels.

✚ L'absence de la plupart des germes recherchés dans les cinq variétés de miels étudiés reflète une bonne hygiène lors de la récolte et du stockage de nos échantillons.

## *Conclusion*

L'étude que nous avons menée nous a permis d'évaluer la qualité des miels locaux à partir des différentes analyses effectuées et en appuyant sur les résultats de (**Yaich-Achour 2011**), pour la teneur en minéraux, en vue d'enrichir et diversifier notre travail.

Les résultats obtenus sont en concordance avec la plupart des études sur le miel des différentes régions d'Algérie et du monde, par rapport à la composition chimique.

Les éléments minéraux (Zn, Mn, Fe, Cu, Cr, Ni, Na, K), qui sont présent dans nos échantillons de miels font preuve de la diversité de notre source mellifère, ainsi qu'ils ne présentent aucun risque sur la santé puisque qu'ils sont à des concentrations modérés. Par contre, ils participent au bon fonctionnement de l'organisme.

Sur le plan microbiologique, les miels présentent une bonne qualité, grâce aux capacités des colonies d'abeilles d'éliminer les germes pathogènes et non pathogènes présents dans leur environnement, également à l'effet antibactérien et aux caractéristiques physico-chimiques du miel.

Notre étude nous conduit à déduire que nos miels répondent aux normes internationales, car ils sont naturels n'ayant subi aucun traitement technologique qui pourra nuire à leur qualité. Tous les auteurs sont unanimes, le chauffage des miels cause sa dégradation. Cependant on aurait complété notre étude par l'analyse des sucres et l'étude du rapport glucose fructose qui pourra nous aider à mieux interpréter sur la qualité et l'âge des miels en générale et ceux importés en particuliers. Nous tenons à citer que l'absence des moyens encore une fois nous a empêché de procéder à ce type d'analyse très importante pour l'étude des qualités des miels.

Ces résultats sont des informations utiles surtout actuellement, et avec l'ouverture du marché, la commercialisation d'un miel de qualité nécessite de développer sa technologie, suivre de bonnes conduites d'hygiène à fin d'offrir un produit sain, et propre à la consommation et à la conservation. Il faut aussi aider et encourager les apiculteurs en matière de disponibilité des produits sanitaires et des moyens matériels divers, œuvré à la labellisation des miels de terroir avec la création d'une marque, sensibiliser les consommateurs sur les bienfaits des produits de l'abeille, et enfin élaborer des réglementations (lois) sur la qualité des miels locaux, et travailler sérieusement sur la normalisation des miels algériens afin de faire face à l'importation frauduleuse sur certains miels de très mauvaise qualité.

## *Références bibliographiques*

- **Anonyme, 2001:** Revised codex standard for honey. Codex stan 12-1981, rev (2001).
- **Anonyme, 2003:** Décret n°2003-587 du 30 juin 2003 pris pour l'application de l'article L.214  
du code de la consommation en ce qui concerne le miel.
- **Anonyme, 2005:** « Commission du Codex Alimentarius \_ Manuel de procédure, Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires », Rome, Pp : 31.
- **Anonyme, 2007:** <http://www.dictionnaire.reverso.net/francais-definition>.
- **Adriano D.C., 2001:** « Trace elements in terrestrial environments »: Biochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer-Verlag, New York.
- **Ali M.H., 2010:** « Fundamentals of Irrigation and on-farm water Management », Vol.1, Ed. Springer, New York. Pp: 279.
- **Alqarni A., Ayman A., Owayss A., Awad A., Mohammed M et Hannan M., 2012:** «Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia », Journal of saudi chemical society. Pp: 8.
- **Antinelli J.F., Clement M.C., Moussa I., Cordella C et Faucon J.P., 2001:** « Détection de canne à sucre dans les miels par analyses isotopique et microscopique: étude et Comparaison ». Ann. Falsif. Expert. chim., 94, (954), Pp : 13-22.
- **Aubert S. et Gonnet M., 1983:** « Mesure de la couleur des miels », Rev. Apidologie, n° 14, Pp: 105-107.
- **Baker A.J.M. et Walker P.L., 1989:** «Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants ». Heavy metal tolerance in plants - Evolutionary aspects. Shaw, A.(Eds). CRC Press, Pp: 155-177.
- **Becker A., 2005 :** « Botulisme et Miel ». L'Abeille de France, 910, Pp : 18-20.
- **Benjamin A., 2009:** « Elever des abeilles et faire du miel ». Terres édition Cincinnati. Pp : 74, 80, 81, 124,125.
- **Biri M., 2010:** « tout savoir sur les abeilles et l'apiculture ». Edition De Vecchi S.A. Paris , Pp : 91.
- **Blanc M., 2010:** « Propriétés et usage médical des produits de la ruche ». Thèse pour l'obtention du grade de Docteur en Pharmacie, l'université de Limoges.142 p.
- **Bogdanov S., 1999 :** « Stockage, cristallisation et liquéfaction du miel ». Centre suisse de

recherche apicoles. Pp : 02-05.

- **Bogdanov S., Lüllmann C. et Martin P., 1999** : « Qualité du miel, méthode d'analyse et normes internationales », Ed. OFSP, Bern, Pp : 32.
- **Bogdanov S., 2002**: « Harmonised Methods of the International Honey Commission », Ed. Swiss Bee Research Centre, Bern, Pp: 09-15.
- **Bogdanov S., Bieri K., Gremaud G., Kanzig A., Seiler K., Stockli H. et Zurcher K., 2003** : « Produits apicoles », Ed. OFSP, Bern, Pp: 15.
- **Bogdanov S., 2006** : « Contaminants of bee products ». *Apidologie*, 37, (1), Pp : 1-18.
- **Bradbear N., 2005** : « Apiculture et moyens d'existence durable ». Ed, FAO, Rome, Pp: 35.
- **Bradbear N., 2011** : « le rôle des abeilles dans le developpement rural », Ed. FAO, Rome, Pp: 96-221.
- **Bromenshenk J.J., Gudatis J.L., Carlson S.R., Thomas J.M. et Simmons M.A., 1991**: « Population dynamics of honey bee nucleus colonies exposed to industrial pollutants». *Apidologie*, 22, (4), Pp : 359-369.
- **Bruneau E., 2002** : « Les produits de la ruche ». In *Le traité rustica de l'apiculture*. Paris, Rustica, Pp : 354-384.
- **Bruneau E., 2005** : « Voyage au cœur du miel », *Rev. Actuapi*, n°31, Ed. CARI, Louvain-La-Neuve, Pp : 05-07.
- **Bruneton J., 1996** : « Plantes toxiques, végétaux dangereux pour l'homme et les animaux ». Paris, Lavoisier, 529 p.
- **Cabasson S., Villega F., Guichoux J et Brissaud O., 2008** : « Un nouveau cas de botulisme infantile transmis par le miel ». *SFP-P137 – Neurologie, Archives de Pédiatrie* 15 : p 923-p1019. Bordeaux, Pp : 984.
- **Chairopoulos P. et Bequet A.L., 2011** : « Le miel n'échappe pas à la pollution. 60 millions de consommateurs », n° 464, Pp : 30-35.
- **Clement H., 2003** : « Créer son rucher ». Ed. Rustica / FLER, Paris, Pp: 41- 45.
- **Clement H., 2006** : « Le traité Rustica de l'apiculture », Ed. Rustica, Paris, Pp : 23-360.
- **Cotte J.F., 2003** : « Application de l'analyse des sucres au contrôle de l'authenticité des miels ». Adresse URL : <http://www.sca.cnrs.fr/sca/rub/recherche/posters/jfcotte.pdf> (page consultée le 01/10/2010).

- **Deschamps V.C., 1998** : « Production et commercialisation du miel ». Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul Sabatier, Toulouse, 118 p.
- **Devillers J. et Pham-Delegue M.H., 2002** : « Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals». Editions Taylor & Francis, Londres et New-York, Pp: 332.
- **Djerd A., 2008** : « Contrôle de qualité des miels de la région de Djelfa, comparaison avec des miels nationaux et des miels importés ». Thèse d'Ingénieur en biologie, Université de Djelfa.
- **Donadieu Y., 1982** : « Pollen : thérapeutique naturelles ». 5<sup>ème</sup> Ed Maloine S.A Paris, Pp : 31.
- **Donadieu Y., 1984** : « Le miel thérapeutique naturel ». 3<sup>ème</sup> édition. Paris, Pp : 13-28,61.
- **Donadieu Y., 2003** : « qu'est que le miel ». chapitre E. Faculté de médecine de paris.
- **Doner L.W., 1977** : « The sugars of honey ». Sev . Fd. Dep. Agri., Pp: 443-456.
- **Dutau G. et Rancé F., 2009** : « Allergies au miel et aux produits de la ruche ». Revue française d'allergologie. Toulouse : EMC (Elsevier Masson SAS), S16–S22, Pp : S16.
- **Feller-Demalsy M.j., Levac D et Marceau J., 1996** : « Apiculture – Qualité et manipulation du miel (cathérétique du miel) ». Comité apiculture du conseil des productions végétales du Quebec. Pp : 10-19.
- **Flamini C., 1986** : « Analyse de divers types de résidus en Apiculture ». Thèse de doctorat, Université de Nice, 101 p.
- **Fléché C., Clément M.C., Zeggane S. et Faucon J.P., 1997** : « Contamination des produits de la ruche et risques pour la santé humaine » : situation en France. Rev.Sci. Tech. Off. Int. Epiz, 16 (2). Pp : 609- 619.
- **Flurin C., 2009** : « Miels et gelée royale : leur origine, leur nature, leur composition et leurs propriété reconnues ». Nutrithérapie. Pp : 87.
- **Fronty L., 2008** : « Le miel et ses bienfaits ». Flammarion, Paris. Pp : 83.
- **Girard-Lagorce S., 2005** : « Le miel - un livre gourmand », Ed. Minerva, Genève. Pp :160.
- **Gonnet M., 1982** : « Le miel ; composition, propriétés, conservation». INRA station expérimentale d'apiculture. Pp : 1-18.
- **Gonnet M., 1986** : « L'analyse des miels. Description de quelques méthodes de contrôle de qualité ». Bul. Tech. Apic, 54, 13(1). Pp : 17-36.

- **Gomes S., Dias L.G., Moreira L.L., Rodrigues P., et Estevinho L., 2010:** « Food and Chemical Toxicology », Vol. 48, Ed. Elsevier, Pp: 545-546.
- **Guerzou M. et Nadji N., 2002 :** « Etude comparative entre quelques miels locaux et autres importés ». Mémoire d'Ingéniorat en Agronomie, Université Ziane Achour de Djelfa, Algérie. 96 p.
- **Hassley J.L. et Leclerch F., 1993 :** « Microbiologie des eaux de l'alimentation », Edition Technique et Documentation, Lavoisier, 2<sup>ème</sup> Edition. Pp : 185.
- **Hoyet C., 2005 :** « Le miel » : de la source à la thérapeutique. Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, présentée à l'université Henri Poincaré-Nancy I, 96 p.
- **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 Alimentaire. France. Pp : 16.
- **ISO 7954 ., 1988 :** Microbiologie : Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures. Technique par comptage des colonies à 25°C.
- **ISO 6887-1., 1999 :** « Microbiologie des aliments : Préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique ». Partie 1: Règles générales pour la préparation de la suspension mère et des dilutions décimales.
- **Jean-Prost P., 1987 :** « L'apiculture. Connaître l'abeille » .conduire le rucher. 6<sup>ème</sup> Edition, Lavoisier, Paris, 597 p.
- **Jean-Prost P et Le Conte Y., 2005 :** « Conduire l'abeille ; conduire le rucher ». 07<sup>ème</sup> Editon tec et doc lavoisier. Paris, Pp : 380-406.
- **Joffin C. et Joffin J.N., 1985 :** « Microbiologie alimentaire », Ed : centre régional de documentation. Pp: 80-144.
- **Keck G., 2002 :** « Contaminants et résidus chimiques dans les aliments d'origine animale », la sécurité sanitaire des aliments d'origine animale. Elsevier, Paris. Pp : 21,22.
- **Krell R., 1996:** « Value – added products from beekeeping » , Ed. FAO, Rome. Pp : 09.
- **Kronic M.D., Terzic L.R et Kulincec J.M., 1989:** « Honey resistance to air contamination with arsenic from a copper processing plant » . Apidologie, 20, (3), Pp : 251-255.
- **Larpent J.P., 1997 :** « Le lait et les produits laitiers : vache, brebis, chèvre » ; volume 3. Paris : Lavoisier Tec / Doc, Pp : 15,17.
- **Lefief-Delcourt A., 2010 :** « Le miel malin ». Paris, Leduc.s. 176 p.

- **Lequet L., 2010** : « Du nectar a un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur ». Thèse pour l'obtention du grade de Docteur Vétérinaire, école nationale vétérinaire de Lyon.194 p.
- **Lobreau-Callen D., Clément M.C et Marmion V., 2000** : « Les miels ». Edition technique de l'ingénieur. F7000(F4). Pp : 1-20.
- **Loué A., 1993** : « Oligo-éléments en agriculture ». Ed. Nathan (ed), Pp : 45-177.
- **Louveaux J., 1968** : « Composition, propriétés et technologie du miel ». Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3.
- **Louveaux J., 1985** : « Les abeilles et leur élevage». Édition Opida. Pp : 165-181.
- **Marceau J., Noreau J. et Houle E., 1994:** « Les HMF et la qualité du miel ».Volume 15 numéros 2. Fédération des Apiculteurs du Québec .service de zootechnie, MAPAQ. Pp : 04.
- **Marchenay P et Berard L., 2007** : « L'homme, l'abeille et le miel ». Editions de Borée, Romagnant, 224 p.
- **Mbogning E., Tchoumboue J. , Damesse F., Sanou Sobze M., Canini A., 2011** : « Caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone Soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun ». TROPICULTURA, 29, 3, Pp : 168-175.
- **Mcardle W.D., Katch F.I. et Katch V.L., 2004** : « Nutrition et performance sportives », Ed De Boeck, Pp : 98.
- **MSDA., (2004)** : « produit apicole. Revue par le groupe d'expert », produit apicole. Pp : 04.
- **Mutsaers M., Van Blitterswijk H., Vant Leven L., Kerkvliet J. et Van De Waerd J., 2005** : « Produit de l'apiculture », Ed. Agromisa, Wageningen, Pp : 73-74.
- **NF V 08 051., 1991** : Dénombrement de la flore mésophile totale (FMAT).
- **NF V 08 056., 1994** : Dénombrement en anaérobiose des bactéries sulfito-réductrices des colonies obtenues à 46°C.
- **NF V 08 060., 1996** : Dénombrement des Coliformes thermotolérants par comptage des colonies à 44°C.
- **Pacini E., Nepi M et Vesprini J.L., 2003:** « Nectar biodiversity: a short review ». Plant Syst. Evol., 238, Pp : 7-21.
- **Pudlowski G. et Rougemont M., 2000** : « Les trésors gourmands de la France », Ed. La Renaissance du livre, Tournai, Pp :177.

- **Raiffaud C., 2010 :** « Produits bio – de quelles qualité parle-t-on », Ed. Educagri, Pp : 184.
- **Rigal M.L., 2012 :** « Miel et gelée royale : utilisations thérapeutiques dans le domaine cutané et applications en cosmétologie ». Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, Université de Limoges.158 p.
- **Schweitzer P., 2012 :** « L'adultération des miels & les OGM dans le miel ». l'AG du GDSA du Bas-Rhin. Pp: 1-3.
- **Sharma R., 2005:** « Improve your health », Ed. The Book Factory, Pp: 31.
- **Sportisse B., 2007 :** « Pollution atmosphérique des processus à la modélisation », Ed. Springer, Paris. Pp: 350.
- **Staniskien B., Matusевичius P. et Budreckien R., 2006 :** « Honey as an indicator of environmental pollution». (Environmental Research, Engineering and Management) 2 (36), Pp : 53-58.
- **Vache G et Gonnet M., 1985 :** « Le gout de miel». Ed. UNAF, Paris. Pp : 150.
- **Vear F., Pham-Delegue M.H., Tourvieille De Labrouhe D., Marilleau R., Loublier Y et Le metayer M., 1990:** «Genetical studies of nectar and pollen production in sunflower». Agronomie, 10, (3),Pp : 219-231.
- **Yaiche Achour H., 2011 :** «Etude de la qualité physico-chimique, microbiologique et toxicologique de quelques variétés de miels algériens ». Thèse de fin d'étude pour l'obtention du master 2 en biologie, Université de SAAD Dahlab Blida , Algérie. P58.
- **Ziegler H., 1968 :** « La sécrétion du nectar, in Traité biologique de l'abeille ».Tome 3, Édition Masson de Cie, Paris.

## ANNEXE 1

### Résultats d'analyses physico-chimiques.

**Tableau VIII** : Les valeurs du pH des échantillons de miels analysés.

Les échantillons	Miel d'oranger 1	Miel d'oranger 2	Miel de thym	Miel de toutes fleurs	Miel de jujubier
<b>pH</b>	3,92	4,07	4,43	4,38	5,71

**Tableau IX** : La conductivité électrique en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  des miels analysés.

Les échantillons	Miel d'oranger 1	Miel d'oranger 2	Miel de thym	Miel de toutes fleurs	Miel de jujubier	Recommandations du Codex Alimentarius(2001)
<b>Conductivité électrique <math>\mu\text{S}/\text{cm}</math></b>	1,67	1,05	2,30	2,00	2,27	Max : 8 $\mu\text{S}/\text{cm}$

**Tableau X** : Les valeurs de la teneur en eau des échantillons de miel.

Les échantillons	Miel d'oranger 1	Miel d'oranger 2	Miel de thym	Miel de toutes fleurs	Miel de jujubier	Recommandations du Codex Alimentarius(2001)
<b>Teneur en eau (%)</b>	16,2	19	14	16,6	15	Max : 20 %

**Tableau XI** : Les valeurs de degré de Brix des miels étudiés.

Les échantillons	Miel d'oranger 1	Miel d'oranger 2	Miel de thym	Miel de toutes fleurs	Miel de jujubier
<b>Degré de Brix (%)</b>	82,7	79,5	84,7	82,2	83,7

**Tableau XII** : L'acidité libre des variétés de miels étudiés.

<b>Les échantillons</b>	Miel d'oranger 1	Miel d'oranger 2	Miel de thym	Miel de toutes fleurs	Miel de jujubier	<b>Recommandations du Codex Alimentarius(2001)</b>
L'acidité (meq/Kg)	15	10	14	13	6	Max : 40 meq/Kg

**Tableau XIII :** Teneurs en Hydroxy methyl furfural des miels analysés.

<b>Les échantillons</b>	Miel d'oranger 1	Miel d'oranger 2	Miel de thym	Miel de toutes fleurs	Miel de jujubier	<b>Recommandations du Codex Alimentarius(2001)</b>
<b>Teneur En HMF (mg/kg)</b>	20,5	7,93	20,2	29,94	0,59	Max : 60 mg/Kg

**Tableau XIV:** Les valeurs de l'indice de PFUND des miels analysés.

<b>Les échantillons</b>	Miel d'oranger 1	Miel d'oranger 2	Miel de thym	Miel de toutes fleurs	Miel de jujubier
Indice de PFUND (cm)	3,5	2,7	7,1	9,2	6,2

## ANNEXE 2

**Tableau XV :** Norme concernant la qualité du miel selon le projet CL 1998/12-S du Codex Alimentarius et selon le projet de l'UE 96/0114 (CNS).

<b>Critères de qualité</b>	<b>Projet du Codex-Alimentarius</b>	<b>Projet de l'UE</b>
<b>Teneur en eau</b>	< 21 g/100g	< 21 g/100g
<b>Teneur en sucre réducteurs</b>	< 65 g/100g	< 65 g/100g
<b>Teneur en saccharose apparent</b>	< 5 g/100g	< 5 g/100g
<b>Teneur en matières insolubles dans l'eau</b>	< 0,1 g/100g	< 0,1 g/100g
<b>Teneur en matières minérales (cendres)</b> Miel de miellat Miel de nectar	≤ 0,6 g/100g ≥ 1,2 g/100g	≤ 0,6 g/100g ≥ 1,2 g/100g
<b>Acidité</b>	< 50 meq/kg	< 40 meq/kg
<b>Conductivité électrique</b>  Miel de nectar Miel de miellat	≤ 0,8 ms/cm ≥ 0,8 ms/cm	≤ 0,8 ms/cm ≥ 0,8 ms/cm
<b>Activité diastasique, (indice diastasique en unités de Schade)</b>	> 8	> 8
<b>Teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF)</b>	< 60 mg/kg	<40 mg/kg

## ANNEXE 3

**Tableau XVI :** Table de conversion de l'indice de réfraction en teneur en eau des miels (Tableau de CHATAWAY).

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

<b>PFUND :</b> <b>expression conventionnelle</b>	<b>Lovibond :</b> <b>Numéro du filtre coloré</b>	<b>PFUND :</b> <b>Expression conventionnelle</b>	<b>Lovibond :</b> <b>Numéro du filtre coloré</b>
Miel clair		Miel foncé	
1,1	30	6,2	120
1,8	40	7,1	150
2,7	50	8,3	200
3,5	60	9,2	250
4,1	70	9,9	300
4,6	80	11,0	400
5,1	90	11,9	500
5,5	100	13,0	650
6,2	120	14,0	850

**Tableau XVII :** Correspondance entre la graduation des filtres de lovibond et l'échelle de couleur de PFUND.

## ANNEXE 4

### 1) Compositions des milieux de culture et solutions :

- **Solution Carrez I** : Dissoudre 24 g d'acétate de zinc et 3 g d'acide acétique glacial, compléter à 100 ml avec de l'eau distillée.

- **Solution de Carrez II** : Dissoudre dans l'eau 10,6 g de ferrocyanure de potassium, compléter à 100 ml avec de l'eau.

#### ➤ Milieu gélosé glucosé à l'oxytétracycline (OGA)

-Extrait de levure ..... 5 g  
-Glucose ..... 10 g  
-Agar... ..... 18 g  
-Eau distillée..... 1000 ml  
-pH = 6,8

#### ➤ Milieu lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL)

-Extrait de levures..... 3 g  
-Peptone de viande.....7 g  
-désoxycholate de sodium.....1,44 g  
-Lactose.....10 g  
-Sels biliaires.....2g  
-NaCl.....5 g  
-Rouge neutre.....30 mg  
-Cristal violet .....2 mg  
-Gélose.....11g  
-Agar.....18g  
-Eau distillée.....1000 ml  
-pH = 7,4.

#### ➤ Milieu Plate Count Agar (PCA)

-Tryptone.....5,0g  
-Extrait de levure .....2,5g  
-Glucose ..... 1g  
-Agar agar .....18 g  
-Eau distillée.....1000 ml  
-pH = 7,0 ± 0,2.

#### ➤ Milieu viande foie (VF)

-Base viande foie.....30g  
-Glucose.....2g  
-Amidon.....2g  
-Agar-agar.....6g  
-Eau distillée.....1000 ml  
-pH= 7,4 à 7,6.

## 2) Verrerie et accessoires :

- Baguette de verre.
- Barreau d'agitation magnétique.
- Béchers de 100 ml.
- Burette graduée avec robinet.
- Capsule en verre.
- Entonnoir.
- Eprouvette en verre.
- Erlenmeyers de 100 ml.
- Filtres de 22  $\mu\text{m}$ .
- Fiole de 50 ml.
- Fioles jaugées.
- Lames et lamelles.
- Pince de laboratoire.
- Pipettes graduées.
- Pipettes Pasteur.
- Pissette d'eau distillée.
- Portoir pour tubes.
- Seringues stériles en plastique de ml.
- Spatule.
- Tubes é essai en verre à vis stériles.

### **3) Appareillage et équipements :**

- Agitateur magnétique.
- Bain-marie.
- Balance analytique.
- Cellules en quartz de 1cm de trajet optique.
- Centrifugeuse.
- Comparateur de couleur de type LOVIBOND.
- Conductimètre.
- Etuve.
- Microscope optique avec appareil photo numérique.
- Ph mètre à affichage numérique.
- Réfractomètre Abbé.
- Spectrophotomètre opérant sur un intervalle de longueur d'onde incluant 284 et 336nm.
- Spectromètre d'émission à flamme.

## ANNEXE 6

### Résultats des analyses statistiques de la teneur en sodium et potassium des miels.

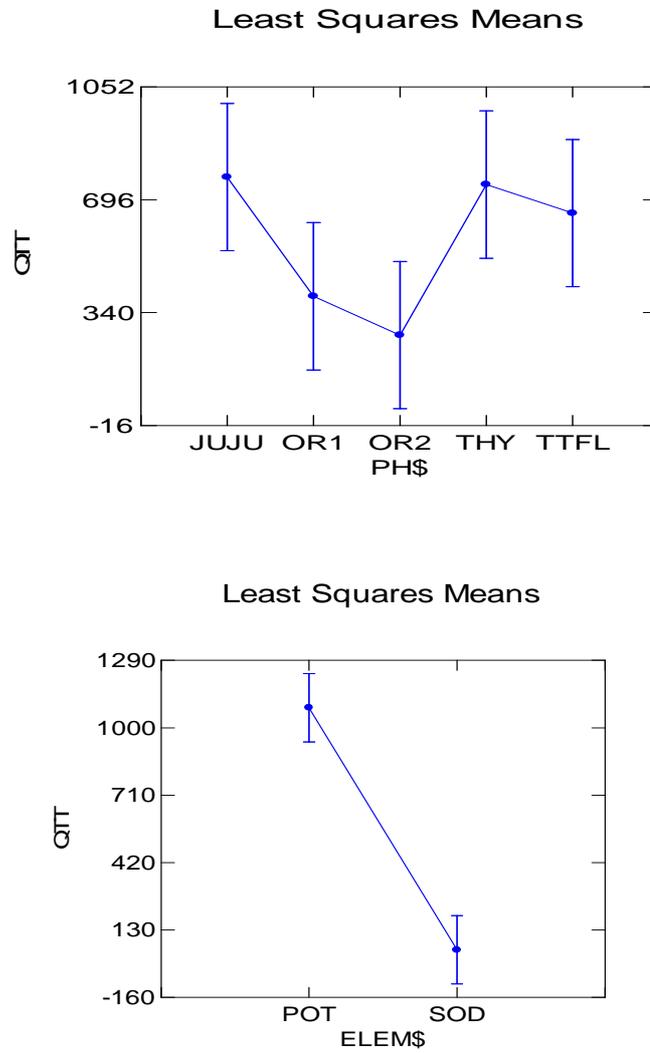


Figure 13 : graphiques des résultats d'analyses statistiques.

## Annexe 7



**Figure 14 :** spectromètre d'émission à flamme de type Jenway pfp 7.



**Figure 15:** Comparateur de type LOVIBOND.