

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2022

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV

Filière : Science Biologique

Spécialité : Biochimie appliquée

Présenté par :

*Melle Bouchentouf Selma & Melle Hamlaoui Souhila*

*Thème*

**Comparaison entre les différents types de miel de la région  
de Bouira**

Soutenu le: / 07/2022

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mr. Adrar Nassim Salem</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mr. Tighrine Abderrahmane</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
<i>Mr. Chergui Achour</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examineur</i>

**Année Universitaire : 2021/2022**

## Remerciements

Tout d'abord, nous remercions **ALLAH** pour la volonté, la force, la santé et patience qu'il nous a donné pour réaliser ce travail.

La réalisation de ce travail n'aurait pas pu se faire sans l'aide et la contribution de plusieurs personnes, auxquelles je tiens à adresser mes sincères remerciements et gratitude.

Tout d'abord, nous remercions notre encadrant **Dr. Tighrine Abderrahmane** d'avoir accepté de nous encadrer. Merci pour tous vos conseils qui nous ont aidés à terminer nos travaux de fin d'étude. Cela nous a permis d'approfondir et d'élargir nos connaissances sur les bienfaits du miel.

Nous remercions **Dr. Chergui Achour** d'avoir accepté d'étudier ce travail dans le jury, malgré son emploi du temps chargé,

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

Nous remercions nos enseignants et tous les membres du département de biologie

A tous nos amis.

A toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou indirectement, à la réalisation de ce travail.

Selma et Souhila.

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail: A mes très cher parents, pour leurs sacrifices*

*durant tous ces années d'études*

*A mes frères Mohamed et Rachid et a mes sœurs*

*A mon mari et à toute ma belle famille*

*A tout mes amis A tous ce qui mont aider de près et de loin A tous ceux*

*qui me sont chers*

*Souhila.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail: A mes très cher parents, pour leurs sacrifices*

*durant tous ces années d'études*

*A mon frère Mohamed Abdel Allah et mes sœurs Ikram et Kenza*

*A tout mes amis A tous ce qui mont aider de près et de loin*

*A tous ceux qui me sont chers*

*Selma.*

# Sommaire

**Sommaire**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

**Introduction ..... 1**

## **Synthèse bibliographique**

### **Chapitre 1 : Généralités**

**1. Apiculteur en Algérie .....2**

**2. Abeille mellifère .....2**

2.1. Sous espèce *Apis mellifera intermissa* .....3

2.2. Sous espèce *Apis mellifera sahariensis* .....3

**3. Habitat de la ruche .....3**

**4. Produit de la ruche .....4**

**5. Miel .....5**

**6. Fabrication de miel .....5**

**6.1. Fabrication de miel par les abeilles .....5**

6.1.1. Récolte .....5

6.1.2. Transformation et concentration .....5

6.1.3. Maturation .....6

**6.2. Récolte de miel par l'apiculteur .....6**

6.2.1. Récolte .....6

6.2.2. Désoperculations .....	6
6.2.3. Extraction .....	6
6.2.4. Filtration et maturation .....	7
6.2.5. Conditionnement .....	7
<b>7. Composition du miel .....</b>	<b>7</b>
7.1. Eau .....	8
7.2. Glucides .....	8
7.3. Protéines, acides aminés, enzymes, acides organiques .....	8
7.4. Vitamine .....	9
7.5. Sels minéraux, oligo-éléments .....	9
7.6. Hydroxyméthylfurfural (HMF).....	9
7.7. Lipides .....	10
7.8. Pigments (polyphénols) .....	10
<b>8. Facteur influençant la composition du miel .....</b>	<b>10</b>
8.1. Facteurs climatique .....	10
8.2. Facteurs tellurique .....	10
<b>9. Classification des miels .....</b>	<b>11</b>
9.1. En fonction de l'origine sécrétoire .....	11
9.2. En fonction de l'origine botanique .....	11
9.3. En fonction du mode de récolte .....	12

## **Chapitre 2 : Qualité et propriétés du miel**

<b>1. Qualité et adultération du miel .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Date de consommation .....</b>	<b>13</b>
<b>3. Propriétés du miel .....</b>	<b>14</b>

<b>3.1. Propriétés physicochimiques .....</b>	<b>14</b>
3.1.1. Densité .....	14
3.1.2. Viscosité .....	14
3.1.3. Conductivité électrique .....	14
3.1.4. pH et acidité .....	15
3.1.5. Teneur en eau et humidité .....	15
3.1.6. Couleur .....	15
3.1.7. Consistance .....	15
<b>3.2. Propriétés organoleptiques du miel .....</b>	<b>16</b>
3.2.1. Couleur.....	16
3.2.2. Texture .....	16
3.2.3. Gout et arômes .....	16
<b>3.3. Propriétés biologiques du miel .....</b>	<b>16</b>
3.3.1. Composés bioactifs du miel .....	16
3.3. 2. Valeur nutritionnelle .....	17
3.3.3. Propriétés pharmaceutiques .....	17
3.2.4. Propriétés thérapeutiques .....	17
a) Effet antimicrobien .....	17
b) Effet antioxydant .....	18
c) Activité anti-inflammatoire .....	18
<b>4. Effets thérapeutiques de quelques composés du miel sur certaines maladies.....</b>	<b>19</b>

## **Partie expérimentale**

<b>1. Matériels et méthodes .....</b>	<b>21</b>
1.1. Echantillonnage .....	21
1.2. Matériels .....	21

1.3. Méthodes d'analyses physicochimiques .....	22
1.3.1. Détermination de la teneur en eau et en sucre par réfractométrie .....	22
1.3.2. Détermination du pH .....	23
1.3.3. Détermination de l'acidité libre .....	24
1.3.4. Détermination de la conductivité électrique .....	24
1.3.5. Détermination de la concentration en hydroxy-Méthyl-Furfural (HMF) .....	25
1.3.6. Détermination de la teneur en cendre .....	27
1.3.7. Dosage des protéines .....	27
1.3.8. Dosage des polyphenols totaux .....	28
1.3.9. Détermination de l'activité antioxydante .....	29
<b>2. Résultats et discussion .....</b>	<b>31</b>
2.1. Résultats d'analyses physicochimiques .....	31
2.1.1. Teneur en eau .....	31
2.1.2. Teneur en sucre totaux .....	32
2.1.3. Densité .....	33
2.1.4. pH .....	34
2.1.5. Acidité .....	35
2.1.6. Conductivité électrique .....	36
2.1.7. Teneur en HMF .....	37
2.1.8. Détermination de la teneur en cendre .....	38
2.1.9. Dosage des protéines .....	39
2.1.10. Dosage des polyphenols totaux .....	40
2.1.11. Détermination de l'activité antioxydante .....	42

**Conclusion .....44**

**Références bibliographiques**

**Résumé**

**Annexes**

## Liste des tableaux

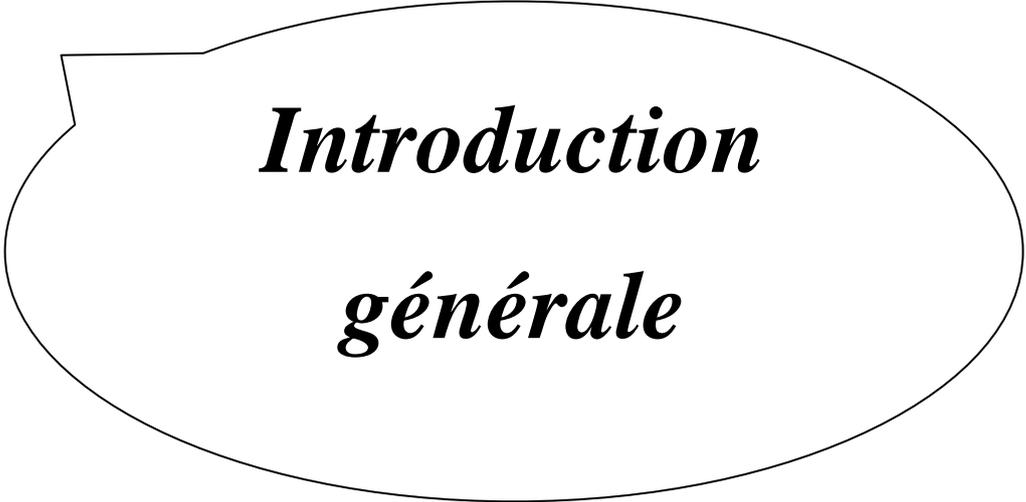
N°	Tableau	Page
I	Les différentes couleurs des miels en fonction de leur origine florale.	16
II	Présente les effets thérapeutiques de quelque composé du miel sur certain maladie.	19
III	les échantillons de miel.	21
IV	matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques.	22

## Liste des figures

N°	Figures	Page
1	Abeilles <i>apis mellifera</i> sur la planche d'envol (risque de nosémose)	3
2	la composition du miel	7
3	l'appareil réfractomètre	23
4	Détermination de la conductivité électrique	25
5	Détermination de la teneur en cendre	28
6	Histogramme de variations des teneurs en eau des miels de la région de Bouira	31
7	Histogramme des variations de la teneur en sucre des miels de la région de Bouira.	33
8	Histogramme des variations de la densité des miels de la région de Bouira	34
9	Histogramme des variations de pH des miels de la région de Bouira	35
10	Histogramme des variations de l'acidité des miels de la région de Bouira	36
11	Histogramme des variations de la conductivité électrique des miels de la région de Bouira	37
12	Histogramme des variations de la teneur en HMF des miels de la région de Bouira.	38
13	Histogramme des variations de la teneur en cendre des miels de la région de Bouira.	39
14	Teneur en protéine totale des échantillons du miel analysés.	40
15	Histogramme représentant les teneurs en composés phénoliques totaux des cinq échantillons des miels de la région de Bouira.	41
16	Histogramme représentant les pourcentages d'inhibitions des radicaux libres des échantillons de miels de la région du Bouira.	42

## Liste des abréviations

<b>BSA</b>	Bovine Serum Albumin (Albumine de sérum bovin)
<b>DPPH</b>	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle)
<b>EAG</b>	Equivalent acide gallique
<b>EBSA</b>	Equivalent Sérum Albumine Bovine
<b>HMF</b>	Hydroxymethylfurfural
<b>KCl</b>	Chlorure de potassium
<b>LT</b>	Lymphocyte T
<b>LB</b>	Lymphocyte B
<b>NH<sub>3</sub></b>	Ammoniac
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	Carbonate de sodium
<b>UV</b>	spectroscopie ultraviolet



***Introduction***

***générale***

## Introduction

Le miel est un produit alimentaire naturel, visqueux et aromatique, apprécié pour ses propriétés organoleptiques (goût et saveur) et ses apports nutritionnels. Il est consommé partout dans le monde, c'est pourquoi il nécessite certaines normes qui garantissent sa qualité. Le miel est le produit sucré des abeilles à partir du nectar et d'autres substances sucrées (miellat) qu'elles récoltent sur les plantes. C'est un nutriment de haute qualité énergétique, et possède d'importantes propriétés thérapeutiques (**Kouanou et al, 2020**).

Le miel est une matrice soumise à un ensemble de modifications en fonction de temps, conduisant à la diminution de ses différentes caractéristiques. La composition et les propriétés du miel varient selon plusieurs paramètres, dont l'origine végétale et la zone géographique, ... etc (**Avisse, 2014**).

Cette étude réalisée dans le but de comparer entre les différents types de miels produits localement dans la région de Bouira en termes de leur qualité et voir leur fraîcheur.

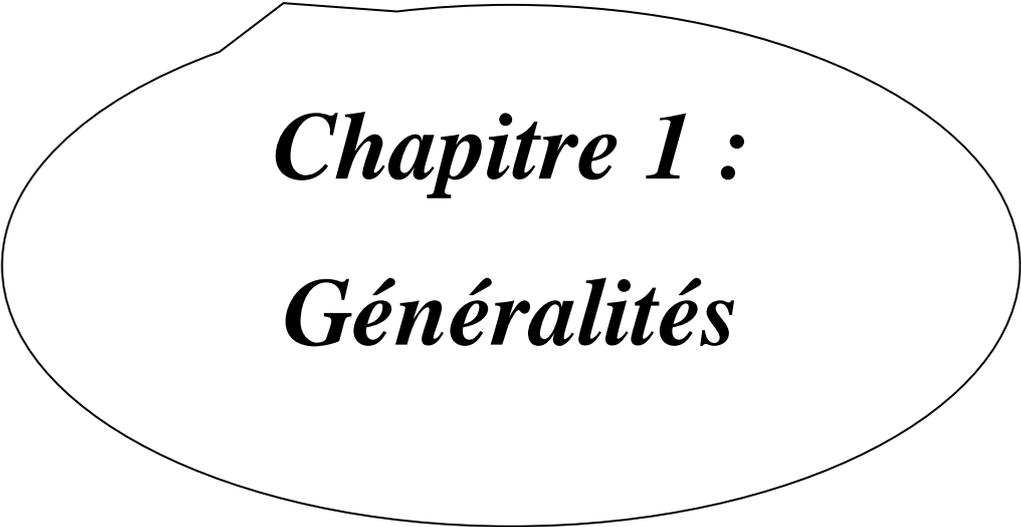
Les principaux paramètres qui nous informent sur la fraîcheur et la qualité du miel sont l'humidité, le pH et l'acidité, la teneur en Hydroxyméthylfurfural (HMF), en cendres, en composés phénoliques, en sucre totaux et la conductivité électrique.

Cette étude est répartie en trois parties ;

La première partie consiste à une étude bibliographique, comportant les étapes d'élaboration de miel, sa récolte, ses différentes propriétés biologiques, mais aussi ses adultérations.

La deuxième partie, évoque la partie pratique divisée en matériels et méthodes utilisés pour les analyses physico-chimiques.

La troisième partie est destinée à la présentation des résultats obtenus dans cette étude et leur discussion.



***Chapitre 1 :***  
***Généralités***

## 1. Apiculture en Algérie

Les premières traces d'apiculture en Algérie sont celles découvertes dans les ruines romaines de Timgad à Batna sous forme de boîtes ornées d'abeilles. D'autres découvertes historiques sur des pierres tombales indiquent la présence d'apiculteurs portant des rayons de miel à Djemila (Sétif). Les apiculteurs en Algérie utilisaient diverses formes de ruche allongée, carrée ou cylindrique.

L'apiculture en Algérie a commencé à se développer après la colonisation française lorsque le médecin REISSER a créé la Société Algérienne des Apiculteurs à Bordj Menail en 1884 (**Chelighoum, 2011**).

En termes de production, l'Algérie ne représente pas un grand pays producteur de miel, mais elle a connu un développement de la production au cours des trente dernières années en deux phases :

- De 1990 à 2000 : la fabrication a connu une évolution en dents de scie autour d'une moyenne de 1.700 t/an avec un minimum en 1990 (1.000 t) et un maximum en 1994 (2.800 t),
- De 2001 à 2019 : la fabrication augmente de manière constante au taux de 277 t/an pour arriver au seuil de 6 400 t en 2015 et 7 400 t en 2019 (**Haderbache, 2021**).

## 2. Abeille mellifère

L'abeille est définie comme un insecte de l'ordre des hyménoptères, social, et il existe plus de 20 000 espèces d'abeilles qui ont une grande importance dans la pollinisation, ainsi que dans la survie, la propagation et le développement des plantes à fleurs. Par ailleurs, les abeilles utilisent le miel comme source d'énergie et de nourriture pendant les saisons de froid tel que l'hiver où la récolte de matière première est impossible.

L'abeille mellifère ou *Apis mellifera* est une espèce dont l'élevage des différents genres est pour produire du miel, du pollen, de la gelée royale, de la propolis, de la cire et dans certains cas du poison. Parmi les différentes races, la plus productive et la plus appréciée est la *ligustica*, connue dans le monde entier sous le nom d'abeille italienne (**Avisse, 2014**).

D'un point de vue morphologique, le corps d'une abeille est divisé en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen (**Peter et al. 2008**).



**Figure 1 :** Abeilles *Apis mellifera* sur la planche d'envol (risque de nosémose) (Riondet, 2010).

### 2.1. Sous espèce *Apis mellifera intermissa*

C'est l'une des espèces d'*Apis mellifera* qui vit dans les telliennes de Maghreb jusqu'à la Libye, se sont très agressive, bonne reproductrice de miel et grande constructrice de cellule royale (Avisse, 2014).

### 2.2. Sous espèce *Apis mellifera sahariensis*

Ce genre d'abeille vit dans le nord-ouest du Sahara dans les oasis Marocaines jusqu'à Ain-Sefra en Algérie (distance maximale de 600 km), reconnu comme une abeille docile. Ces abeilles ont une résistance remarquable aux conditions climatiques difficiles, en particulier les températures à partir de  $-10^{\circ}$  jusqu'à  $50^{\circ}$  C (Avisse, 2014 ; Clément, 2015).

## 3. Habitat de la ruche

La société d'abeille vie en groupe dans l'ordre chaque groupe assuré la survit de la colonie (aucun individu peut vivre indépendamment), ces groupes sont divisés en trois types de caste d'abeille : la reine, les ouvrières et les faux-bourçons, sont morphologiquement différents selon leur taille et leur stade de développement de la colonie (Rossant, 2011).

La reine est la seule femelle fertile qui donne des œufs fécondés (abeilles ouvrières) et des œufs non fécondés (abeilles mâles), permettant la formation de colonie.

Les ouvrières, se sont les femelles qui constituent les castes les plus nombreuses, et leur système buccal permet de récolter du nectar ou des pucerons (miellat), qu'elles stockent dans le jabot. L'espérance de vie moyenne d'une ouvrière au cours de l'année varie de quatre à cinq semaines pour les abeilles d'été à plusieurs mois pour les abeilles d'hiver.

Les faux-bourçons, les mâles naissent vingt-quatre jours après la ponte des œufs déposés dans les cellules. Elles apparaissent au printemps lorsque la colonie se développe fortement et que les jeunes reines commencent à naître. Leur rôle unique est en fait d'assurer la fécondation de ces reines (Avisse, 2014).

#### **4. Produits de la ruche**

Il existe deux sous-espèces d'*Apis mellifera* en Algérie qui produisent principalement du miel et d'autres substances dans la ruche : cire, pollen, gelée royale, poison et propolis.

##### **Cire**

C'est la substance grasse sécrétée par les glandes cirières des jeunes ouvrière. Elle est résistante à l'hydrolyse et l'oxydation naturelle ainsi qu'elle est insoluble dans l'eau. Cette substance est composée de plusieurs éléments telles que : hydrocarbures, des monoesters, des diesters, des acides libres, des hydroxymonoesters (Nair, 2014).

##### **Pollen**

Ce sont des graines mâles de la fleur (seule source d'azote pour la ruche) que les abeilles transportent, mais une quantité de cette substance est perdue sur les cultures agricoles lors de leur déplacement et le reste est stocké dans les alvéoles comme le miel (Bonté et al, 2011).

##### **Propolis**

Les abeilles protègent la ruche avec une substance résineuse, qui est la propolis, qu'elles recueillent sur les bourgeons et les exsudats des arbres et des plantes. Leur couleur peut être verte, rouge ou brune sombre, selon l'origine florale et l'âge de la colonie (Bonté et al, 2011).

##### **Gelée royale**

C'est une substance blanche ou jaune claire sécrétée (composition : protéine, lipide, vitamine, glucide, enzyme, eau et hormone) par les abeilles pour assurer la nourriture de la colonie (tous les larves jusqu'aux 3<sup>ème</sup> jours de leur existence, les larves choisi pour devenir des reines et la reine) (Nair, 2014).

##### **Venin**

Le venin d'abeille est sécrété par les abeilles ouvrières à travers les glandes acides et glandes alcalines inclus dans l'abdomen d'abeille, il agit comme un anticoagulant et un stimulateur biologique (Nair, 2014).

## **5. Miel**

Les abeilles fabriquent du miel qui est défini comme une substance liquide collante et sucrée produite à partir du nectar des plantes ou à partir des sécrétions de plantes vivantes, collectées, traitées et stockées par les abeilles dans leurs nids. De plus, le miel est considéré comme une source d'énergie, mais il n'est pas considéré comme un produit alimentaire complet selon les normes de nutrition humaine. Par ailleurs, il possède un potentiel comme complément alimentaire Pour les enfants et les personnes âgées car il est facile a digéré et plus appétissant que le saccharose (Iftikhar et al, 2014).

## **6. Fabrication de miel**

### **6.1. Fabrication de miel par les abeilles**

#### **6.1.1. Récolte**

Dans un premier temps, les abeilles butineuses commenceront la recherche des matières premières telles que le nectar, le miellat et le pollen afin de les récolter. Le voyage d'une abeille butineuse pour récolter le nectar et le miellat faite selon les conditions climatiques et la nature de sol celle-ci s'effectue aux alentours de leur ruche environ 500 m jusqu'à 2 km. La matière première récoltée est mélangée avec leur salive ce qui les rend fluide et riche en enzyme, des catalyseurs biochimiques qui ont un rôle dans la transformation des sucres végétales complexes en glucose, fructose et saccharose (Rossant, 2011).

Par ailleurs, pendant la récolte les abeilles passent d'une fleur à l'autre ce qui permet aux granules de pollen de coller à ses jambes, en particulier dans les poils lieu de stockage de pollen (Nair, 2014).

#### **6.1.2. Transformation et concentration**

La transformation commence dès que le nectar est récolté, de sorte que la transformation continue jusqu'à arriver à la ruche où son contenu est transféré en abeilles ouvrières, qui le transportent également entre elles jusqu'à ce qu'ils atteignent une certaine

qualité et certaine concentration, ce processus est appelé trophallaxie à la fin le miel fabriqué est stocké dans les alvéoles (**Bonté et al, 2013 ; Nair, 2014**).

### **6.1.3. Maturation**

Le miel immature qui contient 50 % d'eau, va atteindre une autre concentration par influence de deux paramètres : la température de la ruche (36°C) et la Ventilation de la ruche avec les ailes des abeilles, qui produit un fort courant d'air, ces facteurs réduisent le taux d'eau dans le miel de sorte que l'eau s'évapore jusqu'à atteindre 18% ce qui augmente la concentration des sucres et empêche sa fermentation.

De plus, pour bonne conservation de miel, les abeilles injectent une goutte de leur venin dans chaque ruche contenant du miel et la recouvrent d'une fine couche de cire (**Nair, 2014**).

## **6. 2. Récolte de miel par l'apiculteur**

### **6.2.1. Récolte**

Le miel peut être récolté en fin de miellée. Le miel à fleur unique il est récolté en fin de la floraison de la plante concerné, contrairement à la récolte du miel à fleurs multiples qui a lieu à la mi-août.

L'apiculteur doit signaler sa présence aux abeilles en fumant la ruche à récolter afin de s'approcher silencieusement de cette ouverture pour que les abeilles soient moins agressives, permettant d'extraire confortablement le miel. De plus, l'apiculteur enlève les rayons supérieurs de la ruche remplie aux 3/4, mais laisse les cadres inférieures pour que les larves d'abeilles se nourrissent et passent l'hiver (**Rossant, 2011**).

### **6.2.2. Désoperculassions**

Avant de retirer le miel d'un cadre, il faut d'abord retirer le couvercle en retirant la fine couche de cire qui protège les alvéoles à l'aide d'un couteau ou d'une griffe en inox avec les déchets sont posés dans des boîtes spéciales. Ces cadres il faut les transportés de lieu de récolte jusqu'à la miellerie dans des bonnes conditions pour éviter leur contamination (**Kouanou et al, 2020**).

### **6.2.3. Extraction**

Le miel est extrait au moyen d'un extracteur radial ou tangentiel sous force centrifuge puis recueilli dans une bouteille en inox (de 50 Kg à 2 tonnes) à des températures autour de 30-35 °C de manière à retarder la cristallisation du miel (**Rossant, 2011**).

#### 6.2.4. Filtration et maturation

Le miel est ensuite récupéré et décanté dans le maturateur équipé de filtres de diamètres décroissants. De plus, à la fin du processus d'extraction, le miel comporte de nombreux résidus et impuretés, à savoir la cire ou le pollen, lequel doit être éliminé.

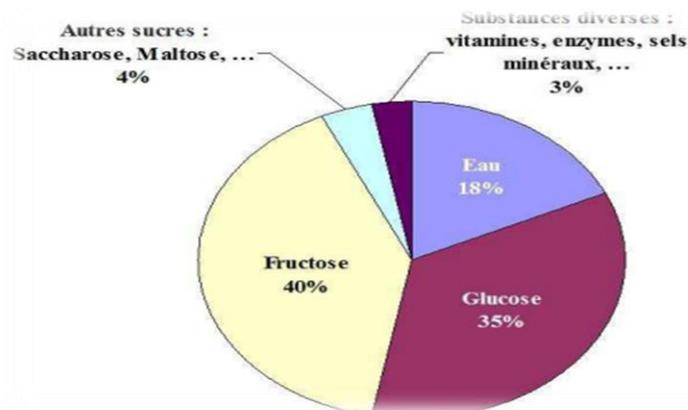
En outre, Le miel est soumis à un repos de trois à quatre jours à une température de 20°C dans un maturateur hermétiquement fermé pour que toutes les impuretés émergent à la surface et forment une mousse qui sera retirée (**Kouanou et al, 2020**).

#### 6.2.5. Conditionnement

Le miel mature peut être commercialisé directement ou stocké : le miel destiné à la vente doit porter une étiquette indiquant l'origine des fleurs (miel mono florale), la composition des feuilles (miel multifloraux), le poids, le nom et l'adresse de l'apiculteur, la date, le numéro du lot et la date de vente. D'autre part, le produit conçu pour être stocké dans des grands fûts dans des conditions appropriées (chambre froide 4 °C, bien ventilée) pour éviter la fermentation et qu'il doit être chauffé de temps en temps pour éviter la cristallisation (**Brischoux et al, 2013**).

### 7. Composition du miel

Selon **Balas (2015)**, le miel est constitué de divers composés selon leur source florale, les facteurs environnementaux et la technologie de la récolte :



**Figure 2** : la composition du miel (**Lequet, 2010**).

### **7.1. Eau**

Le contenu du miel en eau varie de 14 à 25% selon le type de miel. Pour éviter la fermentation du miel destiné à la conservation pendant plus de deux ans leur taux d'humidité doit être inférieur à 18 %. Ainsi que, la limite d'humidité fixée par le législateur est de 20% pour la plupart des miels, à l'exception de quelque miel comme le miel de bruyère destiné à la consommation directe 23% (**Kouanou et al, 2020**).

### **7.2. Glucides**

La matière sèche de miel est constituée de glucose et de fructose à 95 % qui sont des monosaccharides résultant de la dégradation de saccharose par l'invertase (**Balas, 2015**).

Notamment, il y a aussi des di-tri-polysaccharides ces derniers composés représentent que 1,5 % de miel, ces sucres certaines sont d'origine végétale comme : le mélézitose et le raffinose avec le glucose et fructose, et d'autres sont les résultats de dégradation de ses sucres par les enzymes d'abeilles telles que : le maltose, l'isomaltose, l'erlose et le dextrantriose.

Selon le *Codex Alimentarius* (décret n° 2003-587 du 30 juin 2003) la teneur totale en fructose et en glucose ne doit pas être inférieur de 60 g/ 100 g d'un miel de fleur ainsi que le miel de miellat ou le mélange entre les deux (miellat et nectar) ne doivent pas être inférieur de 45g / 100g, tandis que la quantité de saccharose non dégradé ne dépasse pas 5 g/100 g (**Kouanou et al, 2020**).

### **7.3. Protéines, acides aminées, enzymes, acides organiques**

Le miel est constitué d'hydrate de carbone sous forme de monosaccharides et polysaccharides, où les monosaccharides représentent 31 % de glucose et 38 % de fructose, qui sont les principaux sucres produits par la décomposition du saccharose par l'invertase. Les disaccharides (ou diholosides) comprennent le maltose (7,3 %) et le saccharose (1,3 %).

Les acides aminés et les protéines sont présents en faible quantité dans le miel (0,26%), qui sont des peptones, de l'albumine, de la globuline et des nucléoprotéines qui proviennent soit de la plante, soit des sécrétions des abeilles (**Bonté et al, 2013**).

De plus, l'acidité du miel est régulée par la quantité d'acide gluconique produit par l'oxydation du glucose par l'enzyme glucose oxydase, parmi les acides organiques existe dans

le miel : les acides acétique, benzoïque, citrique, lactique, malique, oxalique, butyrique, pyroglutamique et succinique (**Balas, 2015**).

Un faible taux d'enzyme peut signifier que le miel a été chauffé sachant que les miels de bon qualités sont pauvres en enzymes ou bien ne contiennent que des traces. En particulier, l'indice diastasique d'un miel doit être supérieur à 8, sauf les miels ayant une faible teneur naturelle en enzyme (par exemple les miels d'agrumes) et leur teneur en HMF inférieur à 15 mg/Kg leur indice doit être supérieur à 3 (**Lequet, 2010**).

### **7.8. Vitamine**

Les vitamines se trouvent à des faibles quantités, ils proviennent généralement à partir des graines de pollen, notamment, les vitamines B dont la plus abondante est B1 (thiamine) (**Zafar et al, 2020**).

### **7.9. Sels minéraux, oligo-éléments**

Le miel présent des faibles teneurs en minéraux allant de 0,02 à 1,03% pour les miels de la fleur tandis que les miels de miellat peuvent atteindre 1% donc les plus importants sels sont le potassium, le sodium, le calcium et le magnésium. Le potassium est l'élément le plus abondant d'environ un tiers de la teneur totale en minéraux ainsi que les oligoéléments à des faibles quantités.

En particulier, ces teneurs en minéraux varient selon l'origine botanique, conditions pédoclimatiques et la technologie de la récolte. Leurs teneurs est importante dans les miels foncés que les miels clairs (**Pavlova et al, 2018**).

En général, la teneur en sels minéraux est mesurée pour distinguer entre les miels monofloraux mais aujourd'hui cette méthode a été remplacée par la détermination de la conductivité électrique (**Grigoryan, 2016**).

### **7.10. Hydroxyméthylfurfural (HMF)**

C'est une substance qui apparaît lentement durant le stockage ou rapidement après le chauffage du miel. Cette molécule est le résultat de la déshydratation du fructose lors du vieillissement naturel du miel donc un critère important pour déterminé la fraîcheur du miel. Les normes normales de HMF sont fixées à 40 mg/g au-delà de cette valeur le miel n'est pas acceptable (**Tura et al, 2019**).

### **7.11. Lipides**

La cire d'abeille donne généralement la matière grasse du miel sous forme de glycérides et d'acides gras (acide palmitique, acide oléique et acide linoléique) (**Bonté et al, 2011**).

### **7.12. Pigments (polyphénols)**

Les composés phénoliques sont présents en faible quantité dans le miel, et leur identification permet de connaître la qualité du miel (couleur et arôme) et son origine florale, comme l'acide benzoïque, l'acide cinnamique et les flavonoïdes qui sont les principales polyphénols du miel, ces derniers ayant des propriétés antioxydantes qui neutralisent les radicaux libres dans le miel, donc la teneur en polyphénol du miel est variée entre 60 et 460 mg/100 g. Ainsi que, ces polyphénols et certaines substances donnent un goût amer en miel à savoir les plantes qu'elles sont butinent les abeilles (**Pavlova et al, 2018**).

## **8. Facteur influençant la composition du miel**

De nombreux facteurs internes et externes affectent la production de nectar, tels que la photosynthèse, l'apport de composants organiques à partir du nectar et la croissance des plantes.

### **8.1. Facteurs climatiques**

La photosynthèse est nécessaire pour fournir au nectar des composants organiques.

Selon **Shuel (1964)**, la température influence sur la quantité de nectar de fleurs, ce qui affecte la production de miel, car des études ont montré que pendant les années les plus chaudes aux États-Unis, une grande récolte de miel de bruyère a été enregistrée. Ainsi que, peu de données indiquent l'effet de l'humidité sur la sécrétion de nectar, où les échanges des molécules d'eau avec l'atmosphère peuvent également affecter l'accessibilité et l'attractivité de la plante aux insectes.

### **8.2. Facteurs tellurique**

A la différence des facteurs climatiques, les facteurs telluriques présentent un intérêt pratique parce qu'ils peuvent être influencés par l'activité humaine. Un apport en eau du sol approprié pour une bonne croissance végétale est une condition nécessaire pour une bonne saison apicole. De façon similaire, tous les facteurs qui améliorent la fertilité du sol (phosphore, potassium, azote, etc.) améliorent la production de nectar (**Shuel, 1964**).

## **9. Classification de miel**

### **9.1. En fonction de l'origine sécrétoire**

Selon l'origine sécrétoire le miel provient des plantes par le biais des abeilles à partir du nectar des fleurs ou des pucerons récoltés sur les plantes :

#### **Miel de nectar**

Selon **Rossant (2011)** et **Nair (2014)** le nectar est une substance sucrée et moins visqueuse fabriquée par les glandes nectarifères que l'on trouve souvent dans les fleurs et les feuilles. Il est constitué principalement de trois sucres majeurs : glucose, fructose et saccharose en faible quantité car il est décomposé lors de la fabrication du miel en plus d'autres substances : protéines, graisses (qui proviennent de la couche de cire), sels minéraux, enzymes, vitamines, substances aromatiques et phénoliques, tant que leur quantité ne dépasse pas 1%. Néanmoins, plusieurs facteurs influencent sur la quantité de nectar sécrété telles que :

- L'inflorescence et leur duré ;
- Le rythme nyctéméral (jour / nuit) ;
- L'humidité de la zone affecte la viscosité du nectar. Lorsqu'il est dilué, il n'attire pas les abeilles pour l'aspirer. Au contraire, lorsqu'il est plus concentré, l'abeille est attirée par lui et le butiné.

#### **Miel de miellat**

C'est une substance sucrée et visqueuse, synthétisée par les excréments de certaines insectes piqueur suceurs de sève (qu'ils vivent en mode parasite sur les plantes) comme : le puceron, cochenille et cicadelle blanches.

Le miellat est récolté aléatoire et se fait essentiellement sur des arbres forestiers ou ornementaux de type sapin, épicéa par les abeilles en supplément ou en remplacement du nectar et produit un miel assez foncé, moins humide que le miel de nectar (**Bonté et al, 2013**).

De plus, le miel fabriqué à partir de miellat est riche en azote, sucre complexe (triholose), protéines, acides aminés, vitamine (thiamine), dextrine, acide organique (acide nitrique, acide malique) et la charge minérale très important (**Nair, 2014**).

### **9. 2. En fonction de l'origine botanique**

D'après **Bonté et al (2013)**, à savoir l'origine florale (nectar et/ou miellat) deux principaux types de miel, distingué :

**Miel monofloraux**

C'est du miel composé du nectar d'un seul groupe de fleurs que les abeilles visitent et se nourrissent tout au long de la saison comme le colza. Mais pas à 100% ce miel provient d'une seule plante.

**Miel multifloraux**

C'est un miel qui est reconnu comme n'ayant pas d'origine végétale, c'est-à-dire que les abeilles absorbent le nectar de différentes plantes. En général, ce type de miel est constitué de pollen ou mosaïque de pollen.

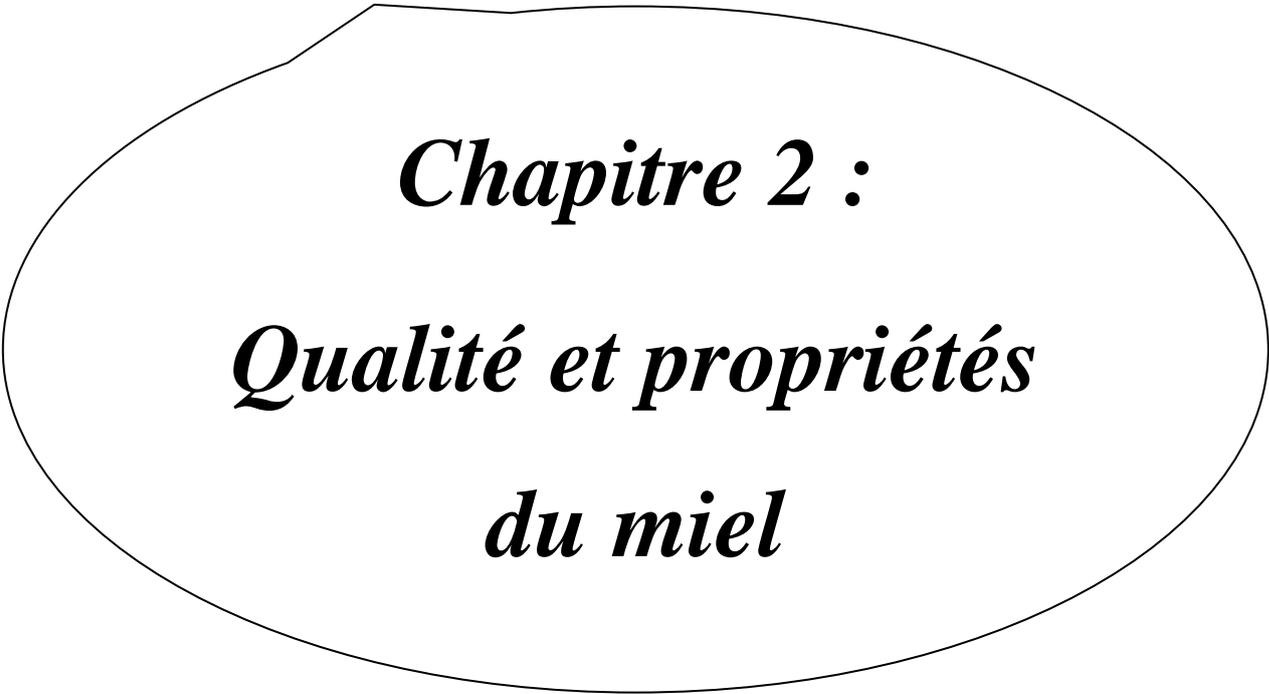
**9. 3. En fonction de mode de récolte**

Selon **Nair (2014)** et le *Codex Alimentarius (2011)*, le miel peut être classé en :

- **Miel en rayon** : Ce miel est contenu dans les alvéoles sans couvains et se vend également dans les rayons ;

- **Miel coulé** : Il est obtenu en centrifugeant les alvéoles sans couvain alors que la température de la ruche est encore atteinte ;

-**Miel pressé** : Il est récolté à froid à l'aide d'un presseur hydraulique parce que les alvéoles sont libres de couvain.



***Chapitre 2 :***  
***Qualité et propriétés***  
***du miel***

## **1. Qualité et adultération de miel**

Un miel de haute qualité doit être sain et exempt de divers contaminants comme les antibiotiques, les pesticides, les métaux lourds, etc. En particulier, ces dernières années, le miel est de plus en plus contaminé par les antibiotiques utilisés contre les maladies du couvain d'abeilles. Le miel peut contenir des substances toxiques provenant du nectar des plantes dont se nourrissent les abeilles, par exemple : Espèces Ericaceae (les substances toxiques sont des hydrocarbures polyhydroxylés toxiques ou diterpénoïdes).

Les symptômes observés sont : douleurs à l'estomac, maux de tête, vomissements, déficience visuelle, etc... (**Bogdanov et al, 2008**).

D'après **Tura et al (2019)**, durant les années 70, l'adultération de miel est apparue sur le marché quand les industries ajoutent les sirops sucrés tels que le sirop de maïs (à haute teneur en fructose) pour augmenter la quantité de produit :

- falsification intentionnelle : l'ajoute des substances de qualités moindres ou inférieures à l'aliment mais ses propriétés sont presque les mêmes que l'aliment ce qui les rendre difficiles à détecter comme inclusion de sirop de sucre au miel ;
- falsification non intentionnelle: l'ajout de substances indésirables est due à l'ignorance, à la négligence ou au manque d'installations adéquates et d'hygiène pendant la transformation des aliments comme l'altération par les microorganismes (levures et moisissures) durant la récolte, le stockage ou bien transformation;
- ajout des substances à l'aliment pour augmenter le volume ou le poids.
- ajout des substances à l'aliment pour le faire apprécier comme un aliment de valeur.

## **2. Date de consommation**

Le miel perde ses propriétés lors de vieillissant et sa couleur devient sombre avec un goût plus amer. Pour cela, les apiculteurs mentionnent la DLUO (Date limite d'utilisation optimale) du miel sur les pots. Il ne constitue pas une date de péremption, puisque le miel peut être consommé sans doute après cette date, mais un délai pour assurer que le miel n'a pas fermenté, qu'il respecte toujours les critères de qualité.

Cependant, les apiculteurs préfèrent une période de deux ans pour la consommation de miel, mais il existe des types de miel qui vieillissent rapidement en raison de la température

de stockage élevée, ou si le miel est plus acide ou a une forte teneur en eau ou si la teneur en HMF est élevée pendant le stockage. Pour cette raison l'apiculteur doit connaître l'évolution de son produit pour réaliser des analyses proche à la DLUO pour savoir si les propriétés de leur miel sont dans les normes (**Kouanou et al, 2020**).

### **3. Propriétés du miel**

#### **3.1. Propriétés physicochimiques**

##### **3.1.1. Densité**

La densité est l'une des propriétés du miel qui est affectée par la forte teneur en sucre. Elle est exprimée par le rapport de la masse volumique de miel et la masse volumique de l'eau pure à 4°C. La densité du miel varie approximativement de 1,39 à 1,44 à 20 °C. Le miel est donc un produit relativement dense. Les variations de la densité proviennent surtout des variations de la teneur en eau. Plus le miel est riche en eau leur densité va diminuer contrairement quand elle est riche en matière solide (**Louveaux, 1959; Kumar et al, 2010**).

##### **3.1.2. Viscosité**

La viscosité du miel varie selon la température, la teneur en eau et leur composition chimique. En effet, les miels sont fluides à 35°C et quelques miels à des propriétés thixotropes c'est-à-dire lorsqu'on les agite devenaient liquide mais après repos reprennent leur première viscosité (**Hoyet, 2005**).

##### **3.1.3. Conductivité électrique**

La conductivité électrique est liée à la quantité de sels minéraux, elle est donc très faible. C'est l'une des paramètres utilisés dans le contrôle de qualité de routine du miel et peut être utilisé pour vérifier leur origine botanique. Les normes normales varient entre 0,39 à 0,76 mS/cm, alors que le miel de châtaignier et le miel de miellat ont une conductivité électrique élevée, contrairement au miel d'acacia ont une conductivité plus faible (**Pavlova et al, 2018**).

De plus, la conductivité électrique et la quantité des cendres sont liés en pourcentage des sels minéraux dans le miel alors que les miels de miellats ayant une conductivité électrique plus élevé que les miels de nectars (**Machado et al, 2018**).

#### **3.1.4. pH et acidité**

Le miel est un produit alimentaire acide leur pH situe entre 3,2- 4,5 ce qui empêché le développement de différents microorganismes (**Kumar et al, 2010**).

#### **3.1.5. Teneur en eau et humidité**

Selon **Achour et al (2014)** et **Dailly (2008)**,

La maturité du miel est liée à la teneur en eau qui a un rôle dans la stabilité du miel lors de son stockage. La teneur en eau du miel est également affectée par la période de récolte et les conditions environnementales qui peuvent être variable d'une année à l'autre. De plus, la teneur en eau est un facteur qui affecte les interactions du miel, il est donc important de connaître la teneur en humidité du miel qui affecte le rapport G/E ainsi que l'état physique du miel, et donc plus le pourcentage de sucre est faible plus la teneur en eau du miel est élevée, si :

- le rapport G/E faible le miel à l'état liquide (la teneur en eau est élevée);
- le rapport G/E élevé le cristallisé (rapidement).

#### **Remarque :**

Le problème de fermentation du miel peuvent être existe si le miel est trop liquide (> 18 %) tandis que si le miel trop sec (peut exister 15 %) provoque des problèmes de diffusions des molécules de sucre qui influence sur la cristallisation du miel.

De plus, la teneur en eau du miel est varie entre 14% à 25% et pour bon conservation de miel jusqu'à 2 ans, la teneur en eau ne doit pas être supérieur de 18 % (**Lequet, 2010**).

#### **3.1.6. Couleur**

L'un des paramètres physiques importants pour la détermination de l'origine florale et la composition de miel, sa couleur peut aller d'une teinte presque incolore à un brun foncé (**Lequet, 2010**).

#### **3.1.7. Consistance**

L'état physique du miel varie selon sa composition et ses conditions de stockage, il peut être liquide, dense ou cristallisé (**Kouanou et al, 2020**).

### **3.2. Propriétés organoleptiques du miel**

D'après **Hoyet (2005)**, les propriétés organoleptiques de miel son les suivantes :

#### **3.2.1. Couleur**

Selon sa provenance florale et géographique, le miel peut présenter différentes couleurs. Il y a des miels limpides comme l'eau, jaune, ambré, verdâtre, rougeâtre, et quelques-uns presque noir et a part le violet et le bleu, la couleur des miels varie infiniment.

**Tableau I** : Les différentes couleurs des miels en fonction de leur origine florale.

<b>Origine florale</b>	<b>Couleur</b>
Acacia	Incolore
Lavande, Tilleul	Ivoire
Tournesol, Pissenlit	Jaune
Châtaignier, Bruyère	Brun

#### **3.2.2. Texture**

Cristallisé de façon fine ou grossière, dure ou souple, pâteuse ou liquide, le miel peut prendre plusieurs aspects. Bien qu'il soit parfaitement liquide au moment de son extraction, le miel ne demeure pas indéfiniment dans cet état.

La vitesse de cristallisation dépend de la composition en sucre, du contenu en eau, de la température de stockage.

#### **3.2.3. Goût et arômes**

En fonction de son origine florale, le miel peut avoir un large éventail de saveurs et d'arômes. Il y a une roue des odeurs et des arômes qui permet de décrire, les sensations perçues à la fois olfactif et gustatif en dégustant un miel.

### **3.3. Propriétés biologiques du miel**

#### **3.3.1. Composés bioactifs du miel**

Les propriétés antioxydantes et bioactives du miel sont liées à sa teneur en enzymes (diastase, invertase, glucose oxydase) et autres substances non enzymatiques (acides phénoliques, flavonoïdes, acides aminés, acides organiques), Ces composants diffèrent selon

l'origine des fleurs. Pour cette raison, le miel possède de nombreuses propriétés biologiques antibactérienne, anti-inflammatoire, antiallergique et anticoagulante,...etc.

De plus, l'activité antioxydante est corrélée non seulement avec la teneur en flavonoïdes et en composés phénoliques totaux du miel mais également avec la couleur, sachant que le miel de couleur foncée est riche en composés phénoliques et a donc une activité antioxydante plus élevée (**Grigoryan et al, 2016**).

### **3.3.2. Valeur nutritionnel**

Le miel est constitué de sucres simples facilement assimilables par l'organisme : il passe rapidement dans le sang et fait chuter lentement le taux de sucre. Il est très utilisé par les sportifs pour sa valeur énergétique : 310kCal/100g. En outre, il a également été démontré que le miel facilite l'absorption du calcium et la rétention du magnésium (**Kouanou et al, 2020**).

En outre, il est utilisé pour améliorer le goût et la saveur des produits de boulangerie alimentaire tels que le pain, les biscuits, les gâteaux, etc., et il peut être utilisé comme source de sucre dans la fabrication de confitures et de produits sucrés... (**Grigoryan, 2016 ; Zafar, et al, 2020**).

### **3 .3.3. Propriétés pharmaceutiques**

Le miel est largement utilisé dans le domaine médical dans la préparation de médicaments traditionnels, soit comme conservateur, soit comme ingrédient pour faciliter l'absorption des médicaments.

Le miel n'est pas le seul produit de la ruche utilisée dans ce domaine, aussi la cire qui est une substance jaune solide, non glycérique et sa composition principale est l'acide gras et d'esters, utilisé comme base naturelle dans la préparation des crèmes. De plus, pour les diabétiques il est conseillé d'utiliser le miel à des petites quantités comme un édulcorant à la place du sucre par ce que la valeur calorique de miel est minime et leur richesse en vitamines (B2, B4, B5, B6, B11 et de la vitamine C) et des sels minéraux (le calcium, le fer, le zinc, le potassium, phosphore, magnésium, sélénium, ...) (**Zafar et al, 2020**).

### **3. 3.4. Propriétés thérapeutiques**

#### **a. Effets antimicrobiennes**

Le miel a une capacité d'inhibition de l'activité des microorganismes sur toutes les bactéries gramme positives, cet effet est dû aux différentes substances selon l'origine botanique de miel.

En effet, l'inhibiteur antimicrobien présent dans le miel est le peroxyde d'hydrogène sachant que sa production dépend de l'activité de la catalase dans le miel (glucose oxydase convertit le glucose en acide gluconique et en peroxyde d'hydrogène dans la présence d'eau et d'oxygène). La faible activité de l'eau donne un effet inhibiteur au miel, l'osmolarité élevée (due en forte teneur en sucre) du miel signifie est un facteur antibactérien et agent cicatrisant. Il existe aussi des inhibiteurs d'origine chimique telle que les composés phénoliques, flavonoïdes, acides aromatiques et l'acidité de miel (**Grigoryan et al, 2016**).

Ces composés chimiques ayant des activités antimicrobiennes dans les miels de fleurs plus importantes que les miels de miellat et pour avoir une activité antibactérienne optimale le miel doit être stocké dans un endroit frais et sombre et consommé frais (**Bogdanov et al, 2008**).

#### **b. Effets antioxydantes**

Le mot stress oxydatif désigne le manque d'équilibre entre la production de radicaux libres et l'activité antioxydante dans le corps. La réduction du stress oxydatif évite le développement de maladies chroniques, par exemple la maladie de l'athérosclérose due au changement dans le site oxydatif des lipoprotéines.

En outre, des études ont montré que le miel contient une importante activité antioxydante, incluant le glucose oxydase, la catalase, l'acide ascorbique, les flavonoïdes, les acides phénoliques, les acides organiques, les acides aminés, les protéines, et les carotènes.

En effet, l'activité antioxydant de miel dépend de l'origine botanique et elle est plus importante dans les miels provenant de différentes sources botaniques (**Bogdanov et al, 2008**).

#### **c. Activité anti-inflammatoire**

D'après **Balas (2015)**, Il a été rapporté que le miel stimule la prolifération des LT et des LB en culture, et qu'il active également les neutrophiles polymorphes. Il a également été rapporté que la stimulation des monocytes en culture libère les cytokines TNF- $\alpha$ , l'interleukine IL-1 et IL-6 qui est impliquées comme messagers cellulaires qui activent la réponse immunitaire aux l'infection.

Des études ont été menées sur des souris atteintes d'une maladie inflammatoire chronique de l'intestin, où du miel est injecté à ces souris. Après un certain temps, on a remarqué une diminution de l'inflammation avec diminution de l'œdème et de l'exsudat sur les plaies, et en même temps la douleur est également réduite. Les études histologiques effectuées sur des biopsies de plaies animales ont montrés que les tissus affectés ont été attaqués par un petit nombre de leucocytes, ce qui indique que le miel a des propriétés anti-inflammatoires (Boulaaba, 2019).

#### **4. Effets thérapeutiques de quelques composés du miel sur certaines maladies.**

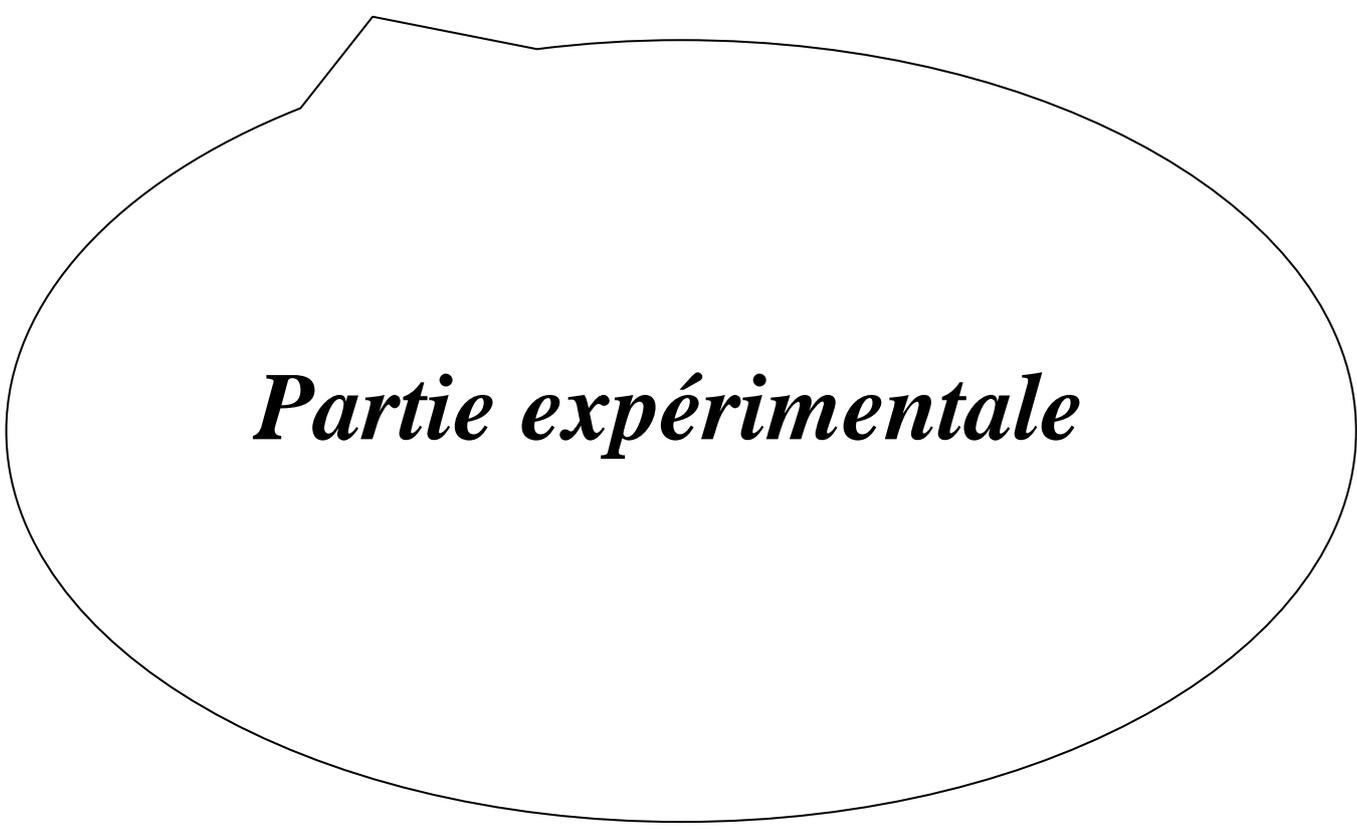
**Tableau II :** les effets thérapeutiques de quelque composé du miel sur certain maladie.

<b>Maladie</b>	<b>Portion de miel</b>	<b>Composé</b>	<b>Effets thérapeutiques</b>
Plaie superficielle <b>(Boulaaba, 2019).</b>	Quantité de miel nécessaire pour la blessure.	peroxyde d'hydrogène .	Activité anti inflammatoire. Activité antioxydante.
Ulcère de l'estomac par <i>Helicobacter pylori</i> <b>(Avisse, 2014).</b>	Administration orale de la solution du miel (120 ml eau chaude + 33% miel).	Flavonoïdes.	Activité anti-inflammatoire. Activité antibactérien. Amélioré la circulation sanguin microcapilaire. Diminue l'acidité gastrique.
L'anémie <b>(Boulaaba, 2019).</b>	Prendre 2 cc de miel avec 1 cc d'hydrolate d'ortie ( <i>Urtica dioica</i> ) aux vertus antianémiques, absorbé matin et soir pendant 25 jours.	Sels minéraux (Fer), vitamine B <sub>12</sub> .	Fournir le besoin en fer et vitamine pour les globules rouges

Cancer (Avisse, 2014).	Administration de miel a long terme.	Flavonoïdes.	Activité antitumorale.
---------------------------	--------------------------------------------	--------------	------------------------

**Remarque :**

- Il est conseillé de boire une solution chaude de miel 40 à 60 min avant les repas pour réduire l'acidité gastrique.



***Partie expérimentale***

## 1. Matériels et méthodes

Ce travail est réalisé au niveau des différents laboratoires de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Science de la Terre de l'université de Bouira, du 20 mars jusqu'à fin Mai.

Dans le but de comparer entre les différents types de miels produits localement dans la région de Bouira en termes de qualité et fraîcheur, cinq types de miels ont été récoltés de différents endroits.

Les analyses effectuées sont des analyses physico-chimiques afin de déterminer quelques paramètres tels que : la teneur en eau, la densité et l'acidité qui sont des indices de qualités et d'autres paramètres comme le pH, la conductivité électrique et la teneur en cendres donnant des informations sur l'origine florale de miel.

### 1.1. L'échantillonnage

Pour l'échantillonnage nous avons travaillé sur cinq échantillons de miels locaux codés comme suit (E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, E<sub>4</sub>, E<sub>5</sub>), respectivement.

Les échantillons ont été récoltés des apiculteurs et de différents endroits comme mentionné dans le tableau ci-dessous. Ces échantillons ont été conservés dans des pots en verre hermétiquement fermés, à l'abri de la lumière et de l'humidité.

**Tableau III** : Les échantillons de miel.

<b>Échantillons</b>	<b>Régions</b>	<b>Années de récolte</b>	<b>Couleurs</b>	<b>Types</b>
<b>E<sub>1</sub></b>	Foret d'El riche	Septembre 2021	Brun clair	Caroube Sidr
<b>E<sub>2</sub></b>	Ait Laziz	Juillet 2021	Jaune pâle	Inule visqueuse
<b>E<sub>3</sub></b>	Ahl El Ksar	Juin 2021	Jaune d'or	Romarin
<b>E<sub>4</sub></b>	Foret d'El riche	Juillet- Aout 2021	Brun foncé	Eucalyptus
<b>E<sub>5</sub></b>	montagnes Agar Ait Laziz	Juillet- Aout 2021	Jaune pâle	Thym

### 1.2. Matériels

Le tableau ci-dessous représente les différentes analyses réalisées et les matériels utilisés.

**Tableau IV : matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques.**

Analyse	Paramètres	Matériels	Verrerie
Physico-chimiques	Teneur en eau	Réfractomètre portable (ATC)	Tubes à essais
	Teneur en sucres		Bain-marie
	Densité	Réfractomètre portable (ATC)	Tubes à essais Bain-marie
	Acidité libre		Bain-marie
	pH	pH-mètre (Mettler Toledo), la Suisse	Burette, agitateur.
	Conductivité électrique	Conductimètre (AD 3000)	Bécher, balance, agitateur.
	Polyphenols	Spectrophotomètre UV-Visible (Sp-3000nano), Japon	Tubes à essais, vortex, micropipette, cuves, balance.
	Activité antioxydantes		
	Teneur en cendre	Four à moufle fermé (Wisd)	Pots, balance
H.M.F	Spectrophotomètre UV-Visible (Sp-3000nano), Japon	Tubes à essais, bécher, entonnoirs, micropipette, papier filtre.	

### 1.3. Méthodes d'analyses physicochimiques

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

D'après **Daily (2008)**, la teneur en eau et en sucre des échantillons de miel sont obtenues par le réfractomètre qui est un instrument servant à mesurer trois paramètres :

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

Le miel analysé doit être complètement liquide. Si le produit est présenté à l'état cristallisé, il doit être soigneusement fondu au bain-marie à une température de 35-40 ° C.

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

Les résultats de la teneur en sucre et en eau sont lus directement sur le réfractomètre, la teneur en eau exprimé en % et celle de sucre en Brix où 1°Brix = 1% de matière sèche.

- La densité peut être déduite par cette loi :  $d = 145 \div (145 - B^\circ)$
- **d** : la densité.
- **B°** : le degré Baumé.

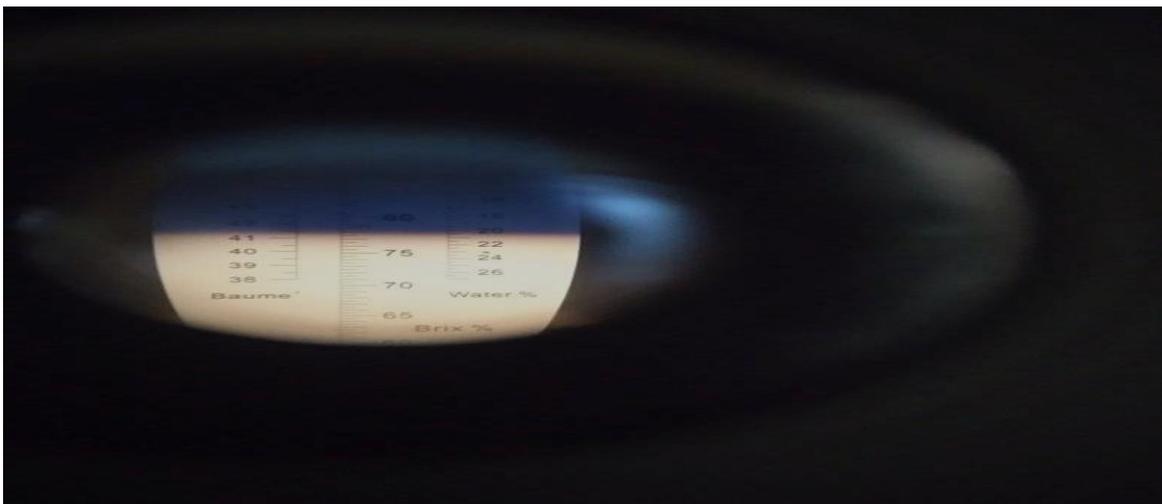


Figure 3 : l'appareil réfractomètre

### 1.3.2. Détermination du pH

Le pH est une mesure des ions hydrogène (protons) dans une solution. C'est une mesure du paramètre qui caractérise l'acidité ou la basicité d'un milieu.

D'après **Iftikhar et al (2014)**, la mesure du pH est effectuée comme suit :

Dissoudre 10 g du miel dans 75 ml d'eau distillée. Ensuite, mettre l'électrode du pH-mètre dans cette solution diluée du miel et lire la valeur du pH sur l'appareil (répéter l'expérience 3 fois).

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

### 1.3.3. Détermination de l'acidité libre

L'acidité est déterminé par titrage avec une solution base standard à température ambiante selon la méthode d'**Iftikhar et al (2014)** :

#### Mode opératoire :

Dissoudre 10g du miel dans 75 ml d'eau distillée. Ensuite, remplir la burette de 25 ml avec la solution de l'hydroxyde de sodium (NaOH à 0,1N). Après, neutralisé la solution du miel avec NaOH à 0,1 N jusqu'à pH 8,3. Enfin, noté le volume équivalent de NaOH.

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

$$AL \text{ meq/kg} = \frac{V_{eq} * 0,1N}{m}$$

- **AL** : acidité libre (milliéquivalent / Kg).
- **V<sub>eq</sub>** : volume équivalent de NaOH titré.
- **m** : masse de la prise d'essai en Kg.

### 1.3.4. Détermination de la conductivité électrique

La conductivité est étroitement liée à la teneur en minéraux et à l'acidité du miel, et elle est exprimé en  $\sigma$  (sigma) et son unité est le millisiemens/centimètre (mS/Cm) ou micro siemens/centimètre ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ ). La norme prévoit généralement :

- Si  $\sigma \leq 800 \mu\text{S} / \text{Cm}$  pour les miels de nectar et mixte.
- Si  $\sigma \geq 800 \mu\text{S} / \text{Cm}$  pour les miels de miellats et le châtaignier.

La technologie est basée sur la mesure de la résistance électrique à 20°C. Pour cette analyse, nous préparons une solution de miel à 10% dans laquelle nous introduisons une cellule de mesure de conductivité, puis la valeur est affichée sur l'écran de l'appareil (Bogdanov et al, 1999 ; Živkov-Baloš et al, 2018).

### **Mode opératoire :**

Dissoudre 5g du miel dans de l'eau distillée et mélanger. Ensuite, transférer cette solution dans une fiole jaugée de 50 ml et compléter avec d'eau distillée jusqu'au trait de jauge, puis mélanger. Après, verser la solution du miel dans une bécher et ensuite, introduire la cellule de conductimètre et lire la valeur affichée sur l'écran de l'appareil.

- La cellule conductimétrique doit être rincée avec l'eau distillée et séchée délicatement, avant et après chaque mesure.
- Répéter l'expérience trois fois.



**Figure 4 :** Détermination de la conductivité électrique.

### **Important**

L'étalonnage du conductimètre est nécessaire avant son utilisation, ceci est réalisé avec la solution KCl.

### **1.3.5. Détermination de la concentration en hydroxy-Méthyl-Furfural (HMF)**

La détermination de la teneur en HMF est basée sur la méthode de **White (1979)**, c'est-à-dire sur la détermination de l'absorbance UV à 284 nm (pour éviter les interférences d'autres composés à cette longueur d'onde) et à 336 nm. Afin de calculer la différence entre les deux absorptions, on utilise deux solutions, la première contenant une solution de miel, et la seconde contenant la même solution additionnée de bisulfite de sodium.

### ➤ Préparation des solutions

- La solution Carrez I : 15g d'Hexacyanoferrate de potassium dans 100 ml d'eau distillée.
- La solution Carrez II : 30g d'acétate de zinc dans 100ml d'eau distillé.
- La solution de méta bisulfite de sodium diluée dans 100ml d'eau distillée (0.2g/100ml).

### Mode opératoire :

#### • Préparation de la solution mère

Premièrement, peser 5 g de miel dans un bécher et dissoudre dans 25 ml de l'eau distillée. Deuxièmement, transférer cette solution dans une fiole jaugée de 50 ml et mélanger avec vortex pendant 5 min. Puis ajouter en première 0,5 ml de la solution de Carrez I et mélanger avec vortex. Ensuite, ajouter 0,5 ml de la solution de Carrez II et mélanger à nouveau. Après, ajuster le volume de la solution jusqu'au trait de jauge par l'eau distillée. Enfin, filtrer la solution à l'aide d'un papier filtre où on jetant la première dizaine de millilitre de filtrat.

#### • Préparation de la solution échantillon et de la solution référence

- Pipeter dans deux tubes à essais :
  - ✓ 1 er tube : mélanger 5 ml de filtrat et 5ml d'eau distillée (solution échantillon).
  - ✓ 2 ème tubes : ajouter 5ml de la solution méta bisulfite de sodium à 5 ml de filtrat (solution de référence).
- Mélanger à l'aide d'un mélangeur vortex.
- Mesurer l'absorbance de l'échantillon par rapport à la référence à 284 nm et 336 nm.

Les résultats sont exprimés comme suit :

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

$A_{284}$  : absorbance à 284 nm.

$A_{336}$  : absorbance à 336 nm.

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

### 1.3.6. Détermination de la teneur en cendre

La teneur en cendres du miel est le reflet de sa composition en minéraux présents dans un échantillon après qu'il a été cendré. C'est une norme de qualité pour les origines botaniques et géographiques du miel.

Cette teneur est déterminée selon la méthode **d'El Sohaimy et al. (2015)** :

Premièrement, peser 5g de miel dans des pots à combustion (s'ils ont été rincés. Alors, ils doivent être chauffés pendant 20 min avant l'utilisation). Deuxièmement, incinérer les échantillons dans un four à moufle à haute température (environ 550° C pendant 5h) puis refroidir à température ambiante (de préférence durant une nuit). Enfin, peser la cendre obtenue.

La teneur en cendre est obtenue par la formule suivante :

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

**M<sub>1</sub> (g)** : poids de pot avec les cendres.

**M<sub>2</sub> (g)**: poids de pot vide.

**M<sub>0</sub> (g)**: prise d'essai.



**Figure 5** : Détermination de la teneur en cendre.

### 1.3.7. Dosage des protéines

La teneur en protéines est évaluée à l'aide de la méthode de Bradford (1976), une méthode colorimétrique dans laquelle le bleu de Coomassie (G250) change de couleur du vert foncé en milieu acide au bleu lorsqu'il est lié à des acides aminés du groupe (NH<sub>3</sub>).

- ***Préparation de la solution de Bradford***

- Dissoudre dans un bécher 12,5 mg de réactif de bleu de Coomassie (G250) dans 12,5 ml de l'éthanol (95%).
- Placer le bécher sur une plaque agitatrice pour agiter la solution pendant 2h.
- Ajouter 25 ml d'acide phosphorique (85 %) petit à petit à la solution préparé.
- Transférer la solution dans une fiole jaugé de 250 ml et compléter avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, avec agitation.
- Filtrer la solution par papier Whatman.

***Remarque***

Conservation de la solution de Bradford pendant 3 semaines à 4° C et à l'abri de la lumière.

La concentration des protéines déterminées selon la méthode décrite par **Cimpoiu et al. (2013)** avec quelques modifications :

***Mode opératoire***

D'abord, dissoudre 2,5 g de miel dans 25ml d'eau distillée, puis agiter le mélange. Ensuite, ajouter 4000 µl de réactif de Bradford à 200 µl de la solution précédente, puis mélanger à nouveau.

Enfin, incuber la solution pendant 2 min à température ambiante et à l'abri de la lumière. Lire les absorbances à 595 nm contre le blanc (200 µl d'eau distillée avec 4000 µl de réactif de Bradford).

La teneur en protéines est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec un standard qui est la sérum albumine bovine (BSA). Le résultat est exprimé en mg équivalent de BSA par 100 g de miel (mg EBSA/100g) (Annexe 1, figure 15)

### **1.3.8. Dosage des polyphénols totaux**

La concentration des composés phénoliques est déterminée selon la méthode de Folin-Ciocalteu décrite par **Cimpoiu et al. (2013)** :

### Préparation des solutions :

- *Solution de carbonate de sodium ( $Na_2CO_3$ ) à 0,7M* : dissoudre 7,42g de carbonate de sodium dans 100 ml de l'eau distillée.
- *Réactif de Folin-Ciocalteu à 0,2N* : 1 ml de réactif mélangé avec 9 ml de l'eau distillée.

### Mode opératoire :

Prélever 300  $\mu$ l à partir de solution de miel aqueuse à 10% dans des tubes à essais et homogénéiser avec 1500  $\mu$ l de réactif de Folin-Ciocalteu (0,2N). Après 5 min, ajouter 1200  $\mu$ l de solution de  $Na_2CO_3$  (0,7M). Ensuite, incuber les tubes à températures ambiante et à l'obscurité pendant 2 h. Lire les absorbance à 760 nm contre le blanc (300  $\mu$ l de la solution de miel + 2700  $\mu$ l de l'eau distillée).

#### 1.3.9. Détermination de l'activité antioxydante

- **Activité antiradicalaire**

Pouvoir scavenger du radical DPPH où le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle qui est un radical stable lorsqu'un électron se déplace autour de la molécule.

L'activité antioxydante est basée sur la réduction de la coloration violette intense du DPPH qui interagit avec les antioxydants qui ont la capacité de réduire le DPPH en donnant un atome d'hydrogène ou un électron. La diminution de l'intensité de la couleur violette est due à la présence d'antioxydants.

L'activité antioxydante du miel est montrée par DPPH selon la méthode décrite par **Tornuk et al, (2013)** avec quelques modifications :

### Mode opératoire

3,9 ml de la solution du DPPH (0,1 mM : 4mg de DPPH dissoute dans 100 ml d'éthanol) sont ajoutés à 100  $\mu$ l de la solution du miel à 20 % (1 g de miel est dissout dans 5 ml d'eau distillée) avec préparation d'une solution contrôle où on ajoute 100  $\mu$ l d'eau distillée à 3,9 ml de solution DPPH, puis incubation pendant 30 min à la température ambiante et à l'abri de la lumière.

Les absorbances sont mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre de longueur d'onde de 517 nm. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la réduction selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = \frac{\text{Abs C} - \text{Abs E}}{\text{Abs C}} \times 100$$

**Abs C** : Absorbance du contrôle (3,9 ml de DPPH additionnés de 100 µl d'eau distillée).

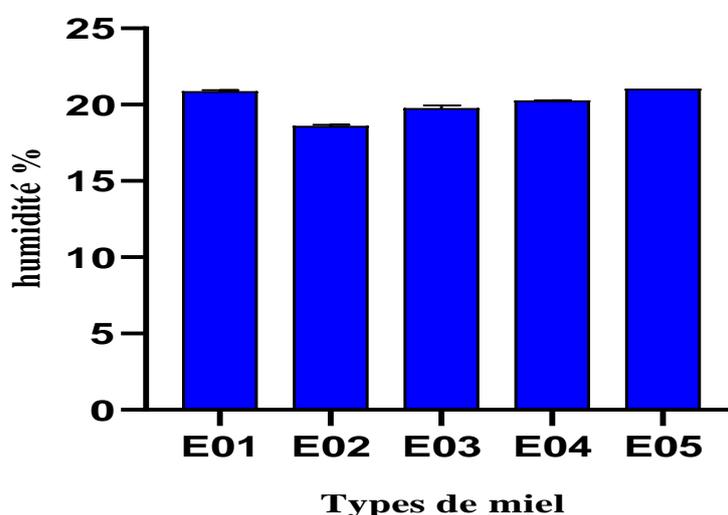
**Abs E** : Absorbance de l'échantillon (absorbance de la solution du DPPH en présence de l'échantillon).

### 2. Résultats d'analyse physicochimiques

#### 2.1. Teneur en eau

La teneur en eau est un facteur critique car elle permet d'estimer le degré de maturité du miel et fournit des informations sur sa stabilité biochimique, en particulier, sa fermentation et son potentiel de cristallisation pendant le stockage (Pavlova et al, 2018).

Les teneurs en eau des différents échantillons de miels analysés sont présentées dans la figure 6.



**Figure 6 :** Histogramme de variations des teneurs en eau des miels de la région de Bouira.

Les valeurs obtenues variaient entre  $(18,6 \pm 0,12\%)$  et  $(21 \pm 0,00\%)$  pour les différents échantillons analysés. Certains résultats sont conformes aux normes du **Codex Alimentarius (2001)**, dont l'échantillon E02 provenant de la région (Ait Laziz) présente la faible teneur en eau  $(18,6 \pm 0,12\%)$ . Cet échantillon contient une forte teneur en matières sèches. Le risque de fermentation est faible pour cet échantillon. Contrairement, les échantillons E03 Romarin (Ahl El Ksar) et E04 Eucalyptus (montagnes Agar Ait Laziz) présentent des teneurs élevées en eau  $(19,7 \pm 0,21\%)$  et  $(20,23 \pm 0,06\%)$ , respectivement tandis que l'échantillon E05 Thym (Foret d'El riche) présente la plus forte teneur en eau 21%.

Les valeurs élevées de l'eau peut être expliqué par :

- Une maturation incomplète dans les rayons, associée à une récolte précoce ou prématurée ;
- ces miels sont été extrait dans des milieux et/ou aux temps humides ;
- mauvais conditionnement, car le miel est hygroscopique, il peut aussi absorber ou perdre l'humidité de l'air selon l'atmosphère humide ou sèche.

En général, des teneurs élevées en eau peuvent provoquer :

- une fermentation du miel ainsi que la perte de sa qualité ;
- accélération de la cristallisation de certains types de miels ;
- augmentation de l'activité de l'eau qui provoquant le développement de certaines levures.

En effet, la variation de l'humidité peut être expliquée par la composition et l'origine florale du miel. La forte interaction du sucre avec les molécules d'eau réduit l'eau disponible pour le développement des micro-organismes.

Selon **Avisse (2014)**, le délai de consommation d'un miel dont le taux d'humidité est supérieur à 18,5 % est inférieur à deux ans. Le miel à forte teneur en eau (19 à 20%) peut être fermenté plus ou moins vite.

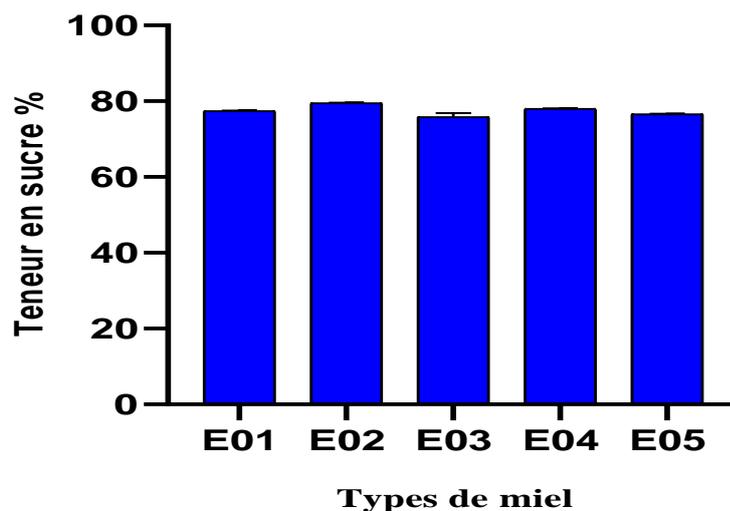
### **Remarque :**

Il convient de noter que chaque résultat de toutes les analyses effectuées représente la moyenne de trois tests.

### **2.2. Teneur en sucre totaux**

Le glucose et le fructose sont les principaux sucres du miel représentant la majorité de la matière sèche ; selon le **Codex Alimentaire (2001)**, leur teneur totale ne doit pas être inférieure à 60 g pour 100 g d'un miel florale et 45 g pour 100 g d'un miel de miellat ou mélange de miel de miellat avec du miel florale.

Les résultats d'analyse obtenus sur la teneur en matière sèche des différents types du miel sont représentés par la **figure 7**.



**Figure 7** : Histogramme des variations de la teneur en sucre de la région de Bouira.

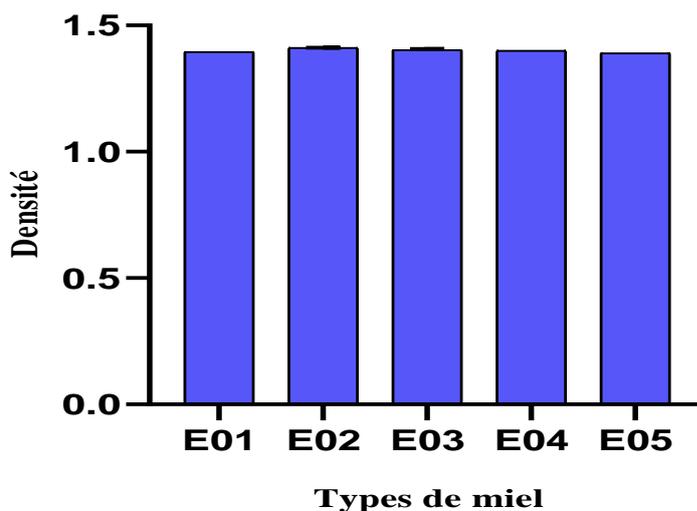
Les taux de la matière sèche (Degré Brix) des différents types de miels analysés varient entre ( $76,6 \pm 0,12$  %) à ( $79,5 \pm 0,06$  %). Ces résultats sont conformes aux normes du (*Codex Alimentarius*, 2001) et sont liés directement à la teneur en eau.

Le miel d'E02 et d'E03 présentent la forte valeur ( $79,5 \pm 0,06$ %) et ( $79 \pm 0,00$ %), respectivement), par contre le miel d'E05 Thym présente les valeurs faibles ( $76,6 \pm 0,12$ %).

### 2.3. Densité

Selon le *Codex Alimentarius*, les normes préconisées pour la densité du miel doivent varier entre 1,32 à 1,42.

La densité des différents échantillons de miels analysés dans notre étude est présentée dans **la figure 8**.



**Figure 8 :** Histogramme des variations de la densité des miels de la région de Bouira.

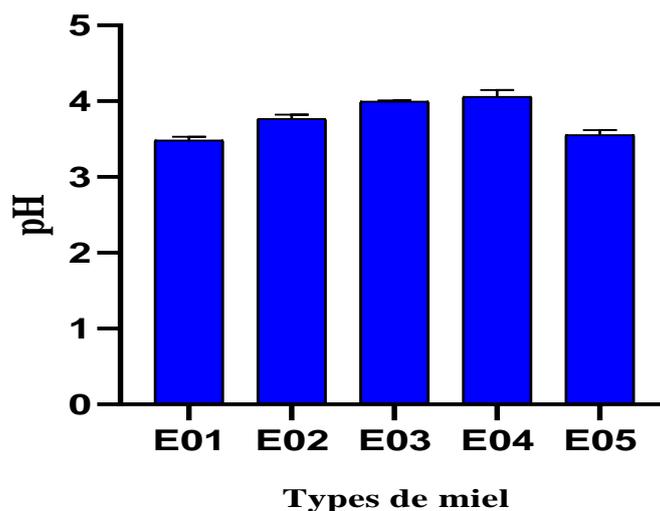
Les résultats de l'analyse des échantillons de miels varient entre  $1,39 \pm 0,0006$  et  $1,41 \pm 0,0005$ . Ainsi, nous constatons que nos résultats sont conformes aux normes admises (1,32 à 1,42). L'échantillon E02 présente la densité la plus forte de ( $1,41 \pm 0,0005$ ). Par ailleurs, les échantillons E03 et E04 de 1,40 et les échantillons (E01, E05) présentent la densité la plus basse de ( $1,39 \pm 0,0006$ ). Les résultats obtenus sont comparables à ceux trouvés par **Chefrour et al (2009)** et qui variaient entre 1,37 et 1,5.

La densité du miel varie en fonction de la teneur de miel en eau. Ainsi, plus la teneur en eau est importante, plus la densité est faible.

#### 2.4. pH

La différence de pH est liée aux plantes dont se nourrissent les abeilles, à la présence de sécrétions de salive d'abeille et aux processus enzymatiques et fermentaires de métamorphose de la matière première (**Doukani et al, 2014**).

Les valeurs de pH des différents miels analysés dans notre étude sont présentées dans la **figure 9**.



**Figure 9** : Histogramme des variations de pH des miels de la région de Bouira.

Les résultats de pH des échantillons du miel analysés varient entre  $3,48 \pm 0,04$  et  $4,06 \pm 0,07$  par conséquent, tous les échantillons analysés sont jugés acides. Les échantillons (E01, E02, E05) sont plus acides que les échantillons (E03, E04).

Le pH le plus élevé est celui du miel d'eucalyptus ( $4,06 \pm 0,07$ ), ce résultat est en accord avec celui obtenu par **Hédi et al, (2014)**.

Selon **Chefrour et al. (2009)**, le pH de miel de la fleur est de 3,5 à 4,5 alors que celui de miellat est de 4,5 à 5,5. Ces valeurs confirment que les échantillons analysés dans cette étude sont d'origine des fleurs.

Aucun des échantillons étudiés n'a dépassé la limite autorisée, ce qui peut être considéré comme un indicateur de fraîcheur.

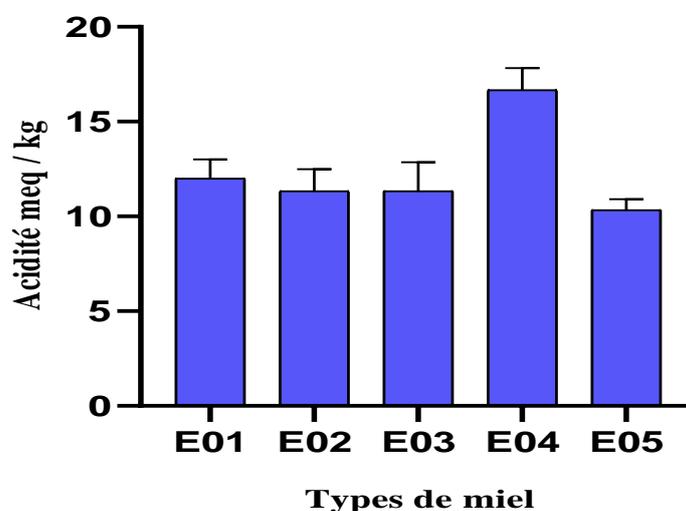
### 2.5. Acidité

L'acidité du miel est due à la formation d'acides gluconiques. Si l'acidité du miel est très élevée. Cela indique la fermentation des sucres en acides organiques et donnent aussi un gout amer du miel.

Les résultats d'analyse d'acidité des différents échantillons du miel sont présentés sur la **figure 10**.

Une acidité adéquate permet de garder la saveur du miel, d'améliorer son activité antioxydante et de le protéger contre la prolifération de micro-organismes nuisibles. Cette

acidité peut varier d'un miel à un autre selon la source florale et la saison de récolte. (Gizaw et al., 2020)



**Figure 10 :** Histogramme des variations de l'acidité des miels de la région de Bouira.

Les valeurs d'acidité libre des échantillons du miel analysés variaient entre  $10,33 \pm 1,53$  et  $16,67 \pm 1,15$  mEq/Kg. Le miel d'eucalyptus présente une acidité plus élevée de  $16,67 \pm 1,15$  mEq/Kg. Par ailleurs, le miel de romarin présente une acidité plus faible de  $10,33 \pm 1,53$  mEq/Kg. Alors que, les valeurs d'acidité libre de miel de caroube, inule visqueuse et thym ont été respectivement de  $12,33 \pm 1$  mEq/Kg,  $11,33 \pm 1,15$  mEq/Kg et  $11,33 \pm 1,15$  mEq/Kg.

L'acidité est un critère de qualité important, car elle donne des informations sur l'état du miel. En effet, l'acidité est un critère qui nous renseigne sur la fermentation du miel.

L'ancienne norme prescrite présente une valeur maximale de 40 mEq/kg, et elle a été augmentée dans le projet de Codex à 50 mEq/Kg, parce que seuls quelques types de miel sont riches en acides naturels (Bogdanov et al, 1999)

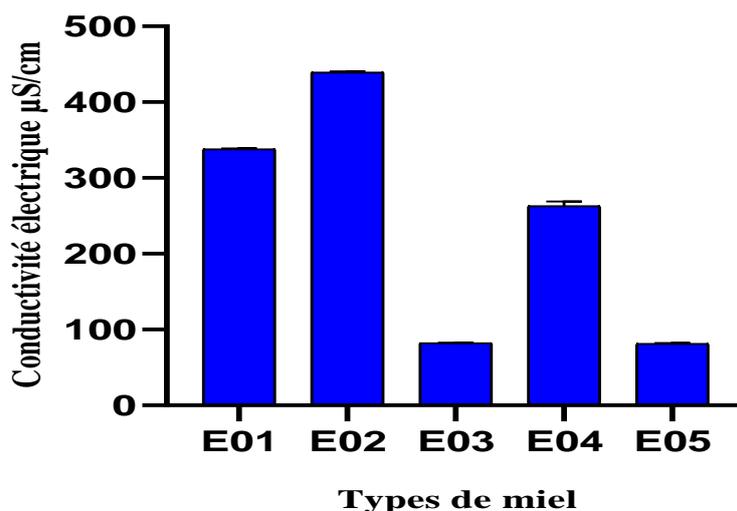
On constate que les valeurs d'acidité totale de nos échantillons sont inférieures aux normes établies par le *Codex Alimentarius* (2001) de 50 mEq/Kg. Cela indique qu'il n'y a pas de fermentation indésirable.

### 2.6. Conductivité électrique

La conductivité électrique est liée à la concentration de sels minéraux, d'acides organiques et d'acides aminés (Gizaw et al., 2020).

La conductivité électrique est affectée par le pH de la solution, la valence des ions et le degré d'ionisation. C'est un bon paramètre lié à l'origine botanique du miel, et est souvent utilisée dans les procédures de contrôle du miel plutôt que la teneur en cendres (**Bogdanov et al. 1999; Doukani et al. 2014**).

Les résultats d'analyse de la conductivité électrique des différents échantillons du miel sont représentés par la **figure 11**.



**Figure 11** : Histogramme des variations de la conductivité électrique des miels de la région de Bouira.

D'après la figure ci-dessus, les résultats de la conductivité électrique sont compris entre  $(81,33 \pm 1,15) \mu\text{S}/\text{cm}$  et  $(439,33 \pm 1,15) \mu\text{S}/\text{cm}$ . Le miel d'inule visqueuse présente la valeur la plus élevée de  $(439,33 \pm 1,15) \mu\text{S}/\text{cm}$ . En revanche, le miel de thym et le miel de romarin possèdent les plus faibles valeurs  $(81,33 \pm 1,15) \mu\text{S}/\text{cm}$  et  $(82 \pm 0,57) \mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivement.

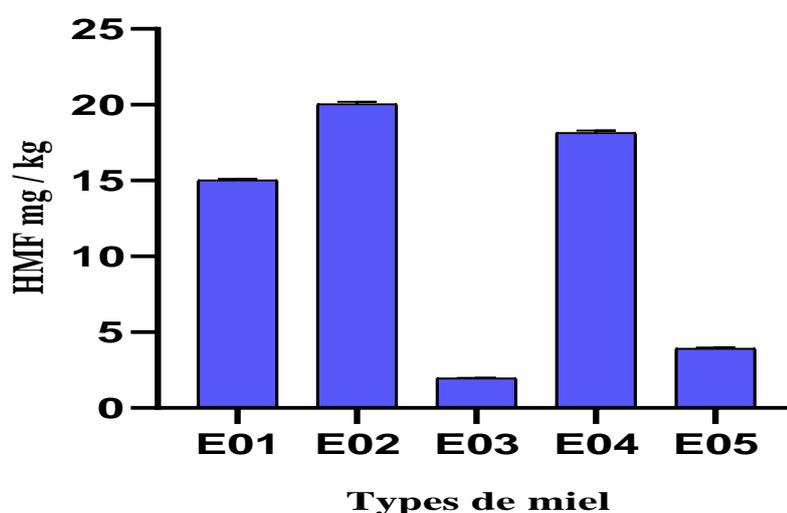
Selon le *Codex Alimentarius* (2001), le miel de nectar doit avoir des valeurs de conductivité inférieures à  $800 \mu\text{S}/\text{cm}$ , tandis que le miel de miellat et les mélanges doivent avoir des valeurs supérieures à  $800 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Les valeurs obtenues pour les échantillons analysés sont inférieures à  $800 \mu\text{S}/\text{cm}$ , cela confirme qu'ils sont d'origine de nectars.

### 2.7. Teneur en HMF

L'Hydroxyméthylfurfural (HMF) est un composé naturellement produit par la décomposition des sucres simples (fructose ou glucose), sa concentration augmente avec le chauffage ou lors du vieillissement du miel (Makhloufi et al, 2010 ; Doukani et al, 2014).

La concentration de HMF est considérée comme un indicateur de la fraîcheur du miel, dont la teneur maximale autorisée est de 40 mg/kg (Gizaw et al, 2020).

Les résultats obtenus des différents miels analysés dans notre étude expérimentale sont présentés dans **figure 12**.



**Figure 12** : Histogramme des variations de la teneur en HMF des miels de la région de Bouira.

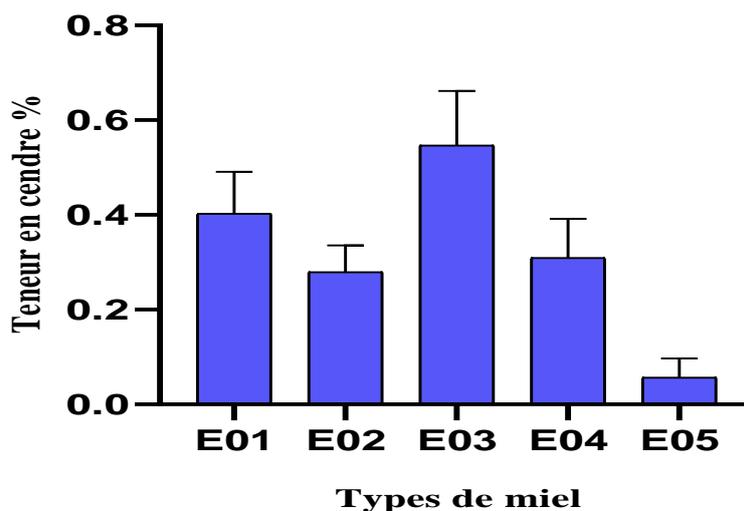
Les résultats montrent que la concentration en HMF des échantillons analysés a été de  $1,95 \pm 0,04$  mg/Kg pour l'échantillon E03 Ahi El Ksar et  $20,05 \pm 0,14$  mg/Kg pour l'échantillon E02 Inule visqueuse.

Les résultats obtenus dans ce travail sont conformes aux normes fixées par la Commission du *Codex Alimentarius* (2001) qui est de 40 mg/Kg. Ces résultats confirmant la haute qualité de nos produits.

### 2.8. Détermination de la teneur en cendre

La teneur en cendres est affectée par la source botanique et la technologie utilisée pour la détermination (Terrab et al, 2003).

Les teneurs en cendre des différents miels analysés dans notre étude expérimentale sont présentées dans la **figure 13**.



**Figure 13 :** Histogramme des variations de la teneur en cendre des miels de la région de Bouira.

La teneur en cendres des échantillons analysés variait de  $0,06 \pm 0,04\%$  à  $0,55 \pm 0,12\%$ . La valeur la plus élevée ( $0,55 \pm 0,12\%$ ) est pour l'échantillon E03 (romarin) et la valeur la plus basse ( $0,06 \pm 0,04\%$ ) correspond à l'échantillon E05 (thym). La teneur en cendre des échantillons E02, E04 et E01 ont été respectivement de  $0,24 \pm 0,09\%$ ,  $0,31 \pm 0,08\%$  et  $0,40 \pm 0,08\%$ . Ces valeurs trouvées sont proches de celles trouvées par **Ouchemoukh et al (2007)**.

Les valeurs de cendres trouvées sont inférieures à 0,6 %. Ces résultats sont en accord avec les résultats de **Bogdanov et al (1999)** et du **Codex Alimentarius (2001)** pour le miel de nectarine, tandis que pour le miel de miellat, la valeur acceptable est égale ou inférieure à 1,2 %.

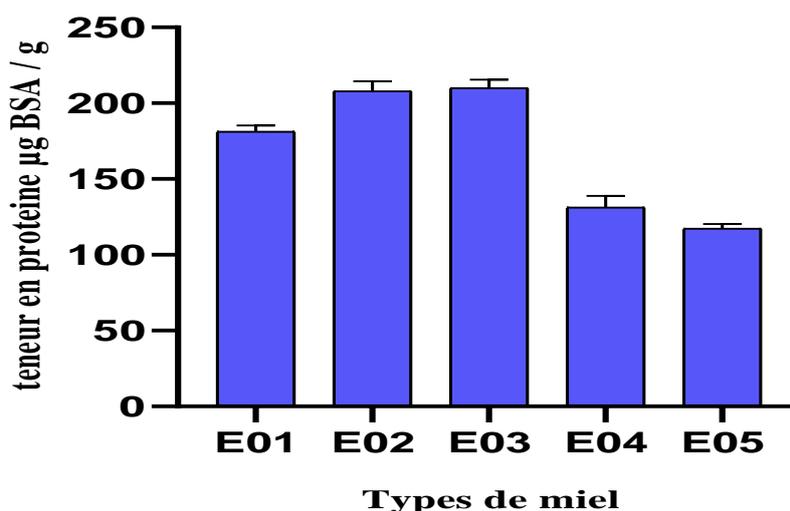
La différence de teneur en cendres peut s'expliquer par les processus de récolte, les techniques apicoles et les matériaux collectés par les abeilles sur les fleurs qui sont principalement déterminés par les caractéristiques du sol et du climat (**Belhaj et al, 2015**).

### 2.9. Dosage des protéines

La teneur en protéines a été estimée par la méthode de Bradford. La courbe d'étalonnage a été établie à l'aide de différentes concentrations de sérum albumine bovine (BSA) (Annexe 1). Les concentrations sont rapportées en milligramme équivalent BSA par 100 gramme du miel (mg BSA/100 g miel).

Les concentrations des protéines correspondantes aux échantillons ont été calculées à partir de la courbe d'étalonnage (Annexe 1) en utilisant l'équation de type :  $y = 1,033 X - 0.052$ .

Les teneurs en protéines des différents échantillons analysés sont présentées dans la **figure 14**.



**Figure 14** : Teneur en protéine totale des échantillons du miel analysés.

Les échantillons des miels analysés ont des teneurs en protéines qui varient de  $117 \pm 0,003 \mu\text{g BSA/g}$  de miel pour l'échantillon E05 (Thym) à  $210 \pm 0,004 \mu\text{g BSA/g}$  de miel pour l'échantillon E03 (Romarin). Les échantillons E02 et E03 sont les plus riches en protéines contrairement aux échantillons E05, E04 et E01, qui présentent des teneurs faibles.

Les teneurs en protéines sont conformes aux normes, car elles sont inférieures à 5 mg/g. Pour les échantillons E02 et E03, les teneurs trouvées sont comparable à celles obtenues par l'étude brésilienne d'**Azeredo et al (2003)** et qui variaient entre 199 et 2236  $\mu\text{g/g}$ .

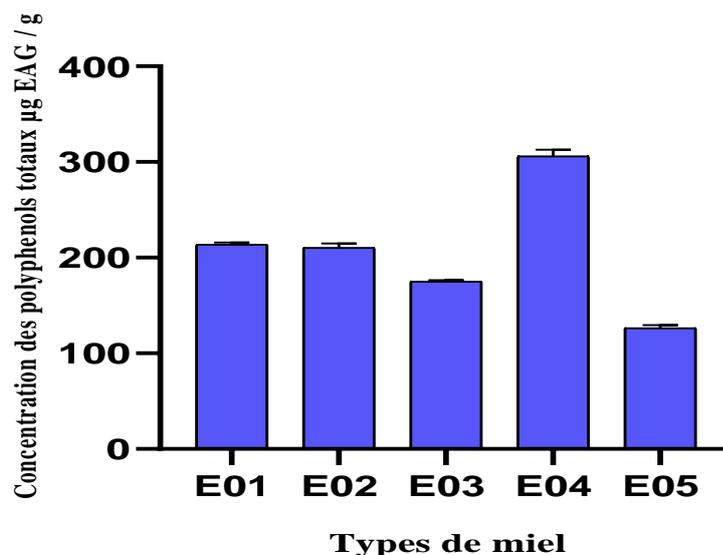
D'après **Cimpoi et al. (2013)**, la teneur en protéines totales du miel est liée à la source florale et peut être due à la présence d'enzymes apportées par les abeilles elles-mêmes et d'autres issues du nectar (**Zerrouk et al, 2013**).

### 2.10. Dosage des polyphenols totaux

La détection de la concentration des composés phénoliques totaux est également jugée comme une méthode prometteuse pour établir les origines florales du miel. C'est l'origine

botanique et géographique qui influence la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante du miel (**Doukani et al. 2014**)

La teneur en polyphénols totaux, exprimée en mg EAG/100g, est déterminée à partir de l'équation de régression de la courbe d'étalonnage ( $y = 1,4395 X - 0,0349$ ) réalisée avec l'acide gallique. Les résultats des composés phénoliques obtenus sont représentés dans la **figure 15**.



**Figure 15 :** Histogramme représentant les teneurs en composés phénoliques totaux des cinq échantillons des miels de la région de Bouira.

A la lumière de ces résultats, on remarque que la variabilité de la teneur en polyphénols totaux en fonction du type de miel est très importante dans tous les types de miel.

En effet, les concentrations en composés phénoliques des miels analysés varient de  $124,349 \pm 2,89 \mu\text{g EAG/g}$  à  $298,715 \pm 6,56 \mu\text{g EAG/g}$ . Ces valeurs varient selon le type du miel. La valeur la plus basse a été trouvée dans l'échantillon E05  $124,349 \pm 2,89 \mu\text{g EAG/g}$  de miel et la plus élevée a été enregistrée à  $298,715 \pm 6,56 \mu\text{g EAG/g}$  de miel pour l'échantillon E04 ce qui indique qu'il a un meilleur potentiel antioxydant.

D'après **Doukani et al (2014)**, la nature et la concentration des composés phénoliques varient selon l'origine florale du miel et ce sont les principales responsables des activités biologiques du miel (les flavonoïdes sont les composés phénoliques les plus impliqués dans les activités biologiques du miel).

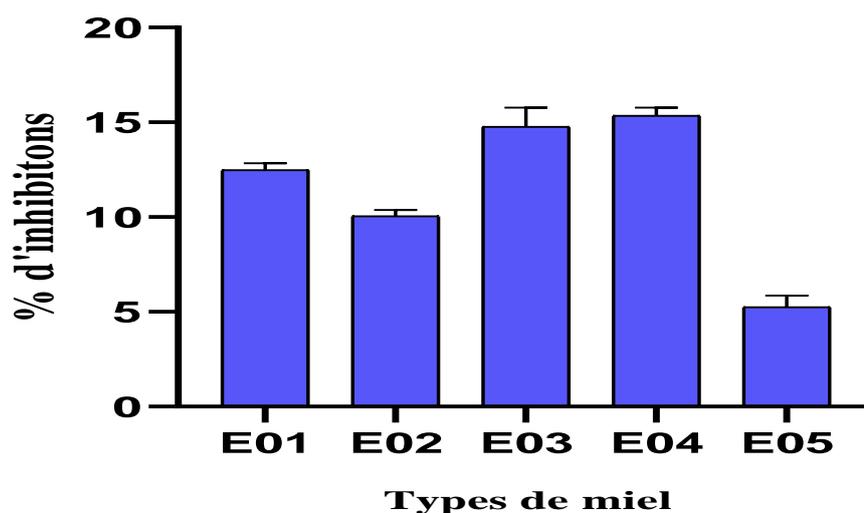
### 2. 11. Détermination de l'activité antioxydante

- **Test de DPPH (activité antiradicalaire)**

Le DPPH est un radical stable à base d'azote et qui est largement répandu pour contrôler la capacité de piégeage des radicaux libres de diverses substances. Une haute activité de piégeage du DPPH donne un haut niveau d'activité antioxydante à l'échantillon. Le radical DPPH est l'un des supports les plus fréquemment utilisés pour la détermination rapide et directe de l'activité antioxydante en vue de sa stabilité sous forme de radical et de sa facilité d'analyse (Bozin et al. 2008).

D'après Doukani et al (2014), l'activité antioxydante est évaluée par la diminution de l'absorbance d'une solution méthanoïque de DPPH, qui est liée à sa dégradation en sa forme non radicalaire DPPH-H par les antioxydants qui donnent de l'hydrogène contenus dans les échantillons.

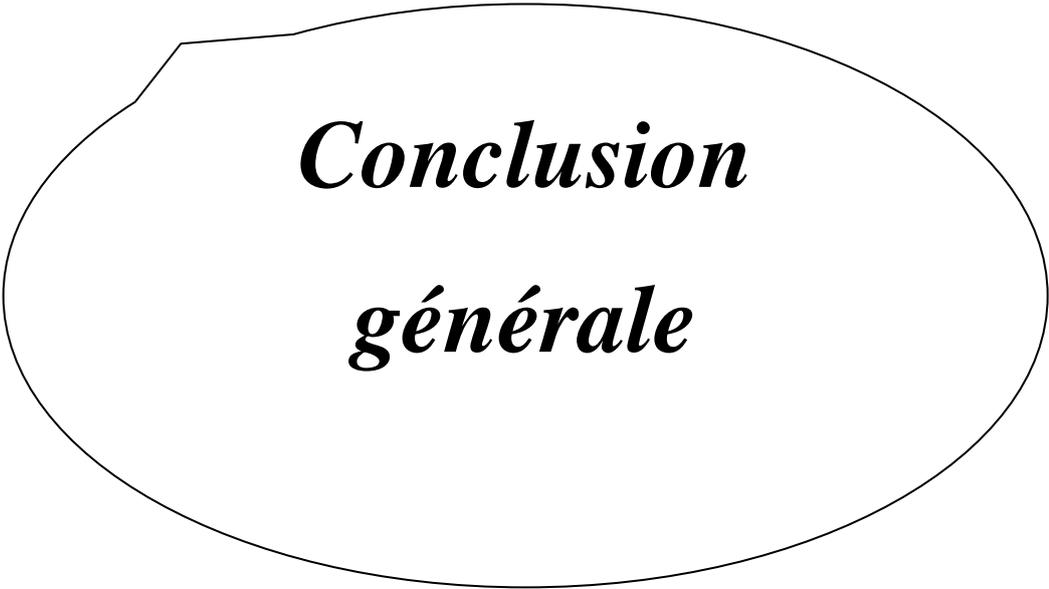
Selon les résultats présentés dans la **figure 16**, le pouvoir anti-radicalaire des échantillons étudiés vis-à-vis du radical DPPH (le DPPH est un radical de couleur violette) varie de  $(5,26 \pm 0,59) \%$  à  $(15,36 \pm 0,41) \%$  pour une concentration de 1g/5 ml. Le miel de Thym (E05) présente la plus faible activité antiradicalaire et le miel de Romarin (E03) présente la meilleure activité anti-radicalaire.



**Figure 16 :** Histogramme représentant les pourcentages d'inhibitions des radicaux libres des échantillons de miels de la région du Bouira

L'étude réalisée par **Boyahya et al. (2018)**, sur des miels Marocains, présente des résultats qui varient entre 36,38% et 61,94%. Ces derniers sont supérieurs aux résultats rapportés dans la présente étude.

L'activité antiradicalaire des échantillons de miel analysés dépend du type de miel, de sa diversité et de sa composition chimique. Cette dernière est liée à son origine florale, aux conditions environnementales et aux conditions de conservation (**Doukani et al, 2014**).



***Conclusion  
générale***

## Conclusion

---

### Conclusion

L'étude réalisée nous a permis de déterminer la qualité du miel à travers l'analyse des principaux paramètres physico-chimiques tels que : la teneur en eau, la densité, la teneur en sucre, le pH, l'acidité libre, teneur en cendre, la conductivité électrique et la teneur en HMF.

Au terme de ce travail, nous avons pu constater que la quasi-totalité des résultats des différents paramètres se situent dans la limite des valeurs recommandées par le *Codex Alimentarius*, pour les différents types de miels analysés, mais ils présentent quelques variations concernant la teneur en eau.

L'évaluation de la teneur en eau du miel est le paramètre le plus importante pour estimer la qualité du miel. Elle permet de connaître les conditions de son extraction et de son stockage, sa fermentation, et son environnement. Les résultats obtenus variaient entre (18,6% à 21%) montrent que la plupart des échantillons de miel étudiés ont une teneur en eau qui ne correspond pas aux normes, ce qui peut être dû à un stockage dans des conditions inadéquates donc ils ne sont pas protégés contre les altérations microbiennes, sauf pour l'échantillon E02 qui présente des teneurs conformes aux normes 18,6 %.

L'ensemble des échantillons analysés présente des teneurs en sucres, en cendres, correspondant aux normes variant entre (76,5% à 79,5%). Les résultats de l'acidité (10,33 à 16,67 mEq/Kg et du pH (3,47 à 4,06) montrent que les échantillons analysés sont en accord avec les normes recommandées.

Les teneurs d'HMF trouvées (1,95 mg/Kg à 20,23 mg/Kg) pour tous les résultats sont en accord avec les normes et représentent un excellent indicateur de la fraîcheur du miel.

Pour la densité, plus un miel est très riche en eau, et moins il est dense et dans notre étude, tous nos échantillons ont suivi cette direction avec des résultats conformes aux normes (1,39 à 1,41).

A partir des résultats des analyses physicochimiques qui nous ont été obtenus sur les différents types de miels de la région de Bouira on ne peut pas conserver plus de 2 ans à cause de leur teneur élevée en eau sauf l'échantillon l'Inule (18,6 %).

*Références*

*bibliographiques*

## Références bibliographiques

---

### A

**Achour, H. Y., & Khali, M. (2014).** Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*. 10 (2), 127-136.

**Adjlane, N., Doumandji, S.-E., & Haddad, N. (2012).** Situation de l'apiculture en Algérie: facteurs menaçant la survie des colonies d'abeilles locales *Apis mellifera intermissa*. *Cahiers Agricultures*. 21(4), 235-241.

**Avisse, I., & Odoux, J. F. (2014).** Grand traité des miels. Mondovi, Itali . *Adipis*, P 1-139.

**Azeredo, L. D. C., Azeredo, M., De Souza, S., & Dutra, V. (2003).** Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry*, 80(2), 249-254.

### B.

**Balas, F. (2015).** Les propriétés thérapeutiques du miel et leurs domaines d'application en médecine générale : *revue de la littérature*. Repéré à <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01293955>

**Belhaj, O., Oumato, J., & Zrira, S. (2015).** Étude physico-chimique de quelques types de miels marocains. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*. 3 (3), 71-75.

**Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., & Gallmann, P. (2008).** Honey for nutrition and health: a review. *Journal of the American college of Nutrition*. 27(6), 677-689.

**Bogdanov, S., Lüllmann, C., Martin, P., von der Ohe, W., Russmann, H., Vorwohl, G., Piro, R. (1999).** Honey quality and international regulatory standards: *review by the International Honey Commission*. *Bee world*. 80(2), 61-69.

**Bonté, F., & Desmoulière, A. (2013).** Le miel: origine et composition. *Actualités pharmaceutiques*. 52(531), 18-21.

**Bonté, F., Rossant, A., Archambault, J. C., & Desmoulière, A. (2011).** Miels et plantes: De la thérapeutique à la cosmétique. *La Phytothérapie Européenne*. 63, 22-28.

## Références bibliographiques

---

**Brischoux, S., Desmoulière, A., Faucher, Y., Pautard, G., & Sparsa, A. (2013).** Le miel: qualité, produits et utilisation. *Actualités pharmaceutiques*. 52(531), 26-31.

**Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Goran, A., & Igc, R. (2008).** Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). *Food Chemistry*. 111(4), 925-929.

**Bouyahya, A., Abrini, J., Et-Touys, A., Lagrouh, F., Dakka, N., & Bakri, Y. (2018).** Analyse phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des échantillons du miel marocain. *Phytothérapie*, 16(S1), S220-S224.

### C

**Codex Alimentarius., (2001).** Codex stan 12-1981, Rev.1 (1987).

**Chefrour, C., Draiaia, R., Tahar, A., Kaki, Y. A., Bennadja, S., & Battesti, M. (2009).** Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some north-east Algerian honeys. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 9(5), 1276-1293.

**Chelighoum, A. (2011).** Etude comparative de deux méthodes de récolte de miel (unique et partielles) dans la Mitidja (thèse en vue d'obtention du diplôme de magister en science agronomique, El-Harrach, Alger).

**Cimpoiou, C., Hosu, A., Miclaus, V., & Puscas, A. (2013).** Determination of the floral origin of some Romanian honeys on the basis of physical and biochemical properties. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 100, 149-154.

### D

**Dailly, H. (2008).** Cristallisation du miel, le savoir et le faire. *Abeilles & cie.* (124), 24-28.

**Doukani, K., Tabak, S., Derriche, A., & Hacini, Z. (2014).** Étude physico-chimique et phyto-chimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement*. 10, 37-49.

### E

**El Sohaimy, S. A., Masry, S., & Shehata, M. (2015).** Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences*. 60(2), 279-287.

### G

## Références bibliographiques

---

**Gizaw, A., Tassew, A., & Begna, D. (2020).** The Status of Honey Quality Produced in Gedebano Gutazer Wolene, Central Ethiopia. *J. Food Sci. Eng.* 10, 110-119.

**Grigoryan, K. (2016).** Safety of honey regulating safety of traditional and ethnic foods (pp: 217-246): Elsevier.

### H

**Hoyet, C. (2005).** Le miel: de la source à la thérapeutique. UHP-Université Henri Poincaré.

**Hédi, M., Ayadi, A., Mechlouch, F; R. (2014).** Caractérisation physico- chimique et activité antibactérienne de trois variétés de miel (Eucalyptus, Orange et Thym).

**Haderbache. L (2021).** Caracterisation des miels algeriens et recherche des polluants. Thèse de doctorat en science en génie des procédés, faculté de technologie. Université de Boumerdes, p. 1-198.

### I

**Iftikhar, F., Mahmood, R., Islam, N., Sarwar, G., Masood, M. A., & Shafiq, H. (2014).** Physicochemical analysis of honey samples collected from local markets of Rawalpindi and Islamabad, Pakistan. *American journal of Biochemistry.* 4(2), 35-40.

### K

**Kouanou, E. F. B., Latifou, A. B., Christiane, A., Lucienne, E., Vissienon, C., Vissienon, Z., & Virgile, A. (2020).** Le Miel: Facteurs Influençant sa Qualité. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies.* 21(1), 79-107.

**Kumar, K. S., Bhowmik, D., Biswajit, C., & Chandira, M. (2010).** Medicinal uses and health benefits of honey: an overview. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research.* 2(1), 385-395.

### L

**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 de Doctorat en vétérinaire, numéro de thèse 085. Université de Claude ....

**LouvEaux, J. (1959).** La technologie du miel (1). *Les Annales de l'Abeille.* 2(4), 343-354.

## Références bibliographiques

---

### M

**Machado De-Melo, A. A., Almeida-Muradian, L. B. d., Sancho, M. T., & Pascual-Maté, A. (2018).** Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of apicultural research*, 57(1), 5-37.

**Makhloufi, C., Kerkvliet, J. D., D'albore, G. R., Choukri, A., & Samar, R. (2010).** Characterization of Algerian honeys by palynological and physico-chemical methods. *Apidologie*, 41(5), 509-521.

### N

**Nair, S. (2014).** Identification des plantes mellifères et analyses physico-chimiques des miels Algériens. Thèse de Doctorat de Biologie en Biochimie, Faculté des Sciences de la nature et de la terre. Université d'Oran, p. 28-43.

### O

**Ouchemoukh, S., Louaileche, H., & Schweitzer, P. (2007).** Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food control*, 18(1), 52-58.

### P

**Paterson, D. P., & Cockle, A. (2008).** L'apiculture: éditions Quae.

**Pavlova, T., Stamatovska, V., Kalevska, T., Dimov, I., & Nakov, G. (2018).** Quality characteristics of honey: a review. *Proceedings of University of ruse*, 57(10.2), 32-37.

### R

**Rossant, A. (2011).** Le miel, un composé complexe aux propriétés (Thèse de doctorat pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, université de Limoges), p : 1-133.

**Riondet, J. (2010).** *L'apiculture mois par mois*. Paris : Ulmer, p 16-20.

### S

**Shuel, R. (1964).** L'influence des facteurs externes sur la production du nectar. *Les Annales de l'Abeille*, 7(1), 5-12.

## Références bibliographiques

---

**Silici, S., Sagdic, O., & Ekici, L. (2010).** Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of Rhododendron honeys. *Food Chemistry*. 121(1), 238-243.

### T

**Terrab, A., Díez, M. J., & Heredia, F. J. (2003).** Palynological, physico-chemical and colour characterization of Moroccan honeys. II. Orange (*Citrus sp.*) honey. *International journal of food science & technology*. 38(4), 387-394.

**Tornuk, F., Karaman, S., Ozturk, I., Toker, O. S., Tastemur, B., Sagdic, O., Kayacier, A. (2013).** Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products*. 46, 124-131.

**Tura, A. G., & Seboka, D. B. (2019).** Review on honey adulteration and detection of adulterants in honey. *Gastroenterology*. 4(1), 1-6.

### W

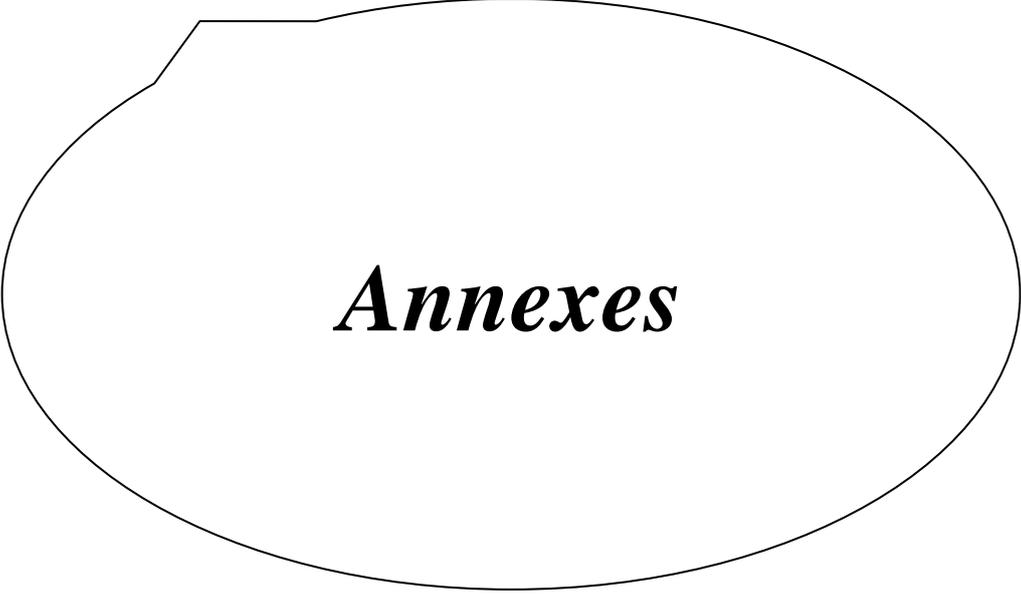
**White Jr, J. W. (1979).** Spectrophotometric method for hydroxymethylfurfural in honey. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*. 62(3), 509-514.

### Z

**Zafar, M., Latafat, T., Zehra, A., & Farooqui, Y. (2020).** Therapeutic properties of honey: a review of literature. *Res Rev J Pharmacol*. 10(1), 41-49.

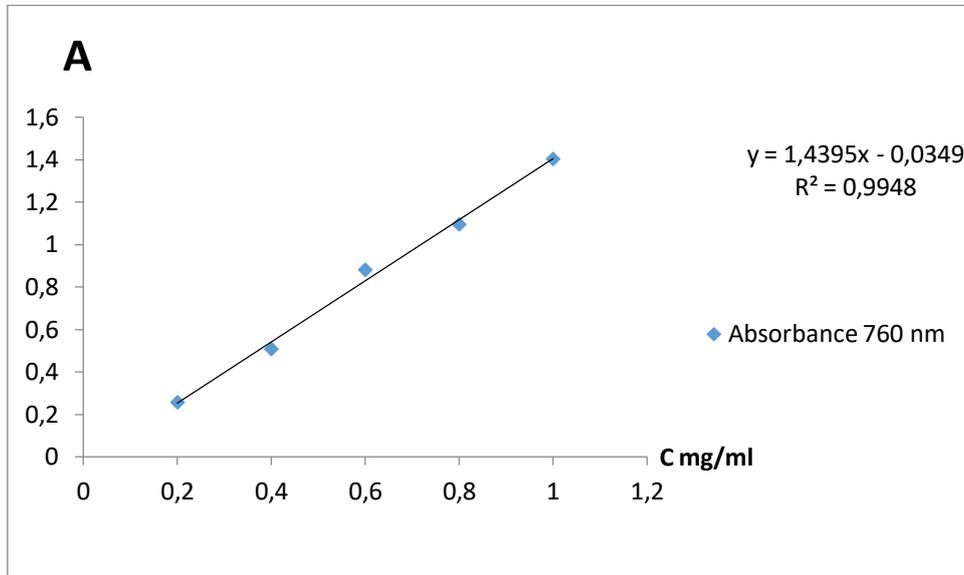
**Zerrouk, S., Boughediri, L., Seijo, M. C., Fallico, B., Arena, E., & Ballistreri, G. (2013).** Pollen spectrum and physicochemical attributes of sulla (*Hedysarum coronarium*) honeys of Médéa region (Algeria). *Albanian J. Agric. Sci*, 12(3), 511-517.

**Živkov-Baloš, M., Popov, N., Vidaković, S., Ljubojević-Pelić, D., Pelić, M., Mihaljev, Ž., & Jakšić, S. (2018).** Electrical conductivity and acidity of honey. *Original scientific paper*. 11(1),91-101.

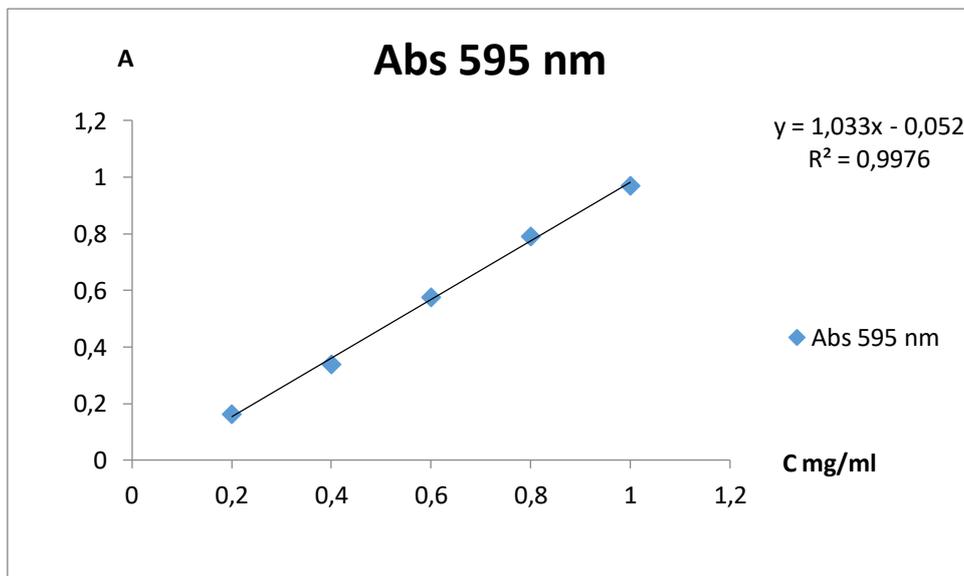


***Annexes***

## Annexes 1



**La courbe d'étalonnage d'acide gallique.**



**La courbe d'étalonnage de BSA**

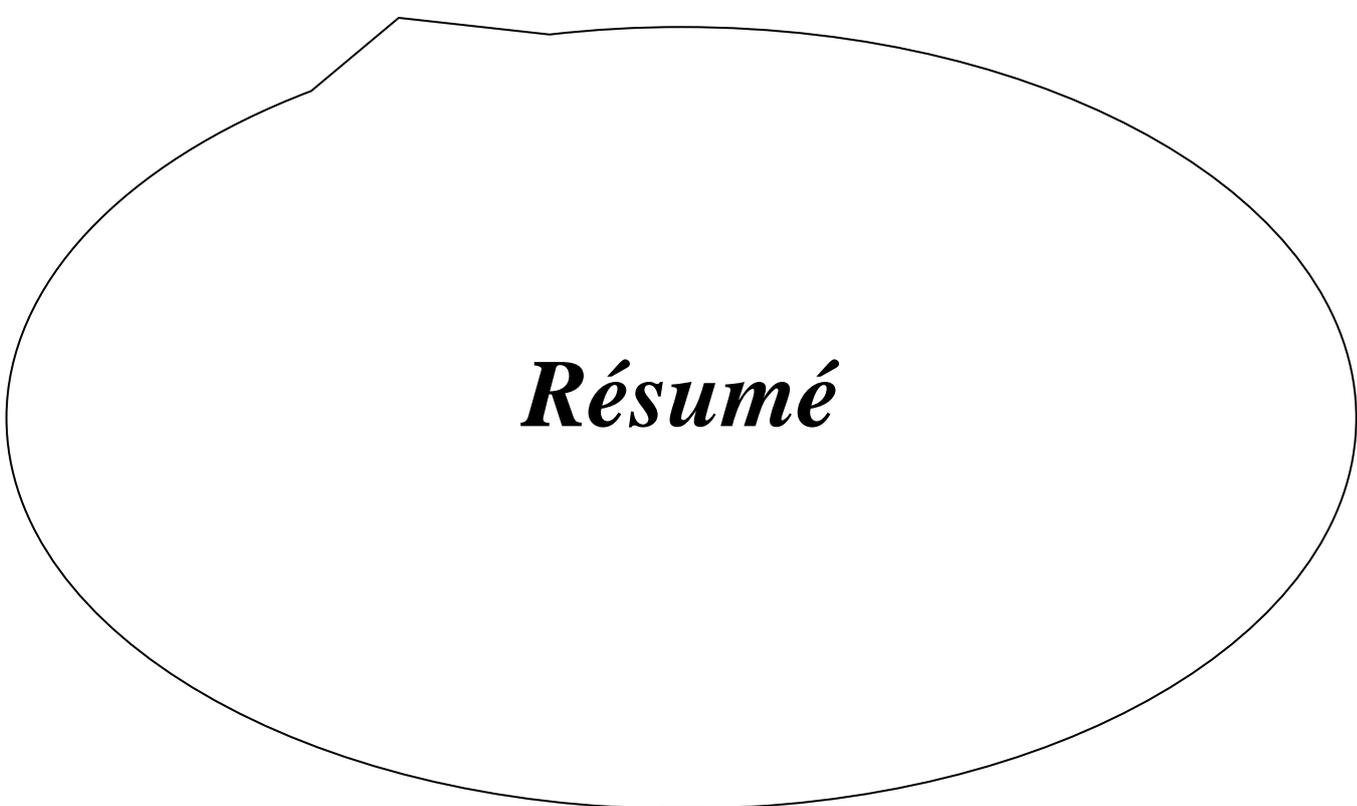
## Annexes

---

### Annexe 2

#### Les normes interactionnelles du miel

<b>Critères de compositions</b>	<b>Valeur</b>
Teneur en sucre (fructose et glucose)  -miel de fleurs  -miel de miellat ou mélange	  Pas moins de 60g/100g  Pas moins de 45g/100g
Teneur en eau  -en général	  Pas plus de 20%
Conductivité électrique  -miel de fleurs  -miel de miellat	  Pas plus de 0,8 mS/cm  Pas moins de 0,8 mS/cm
HMF  Miel en général	  < 40 mg/kg
Teneur en cendre  Miel de fleurs  Miel de miellat ou mélange avec le miel de fleurs	  < 0,6 %  < 1 %
Acidité  Miel en général	  < 50 meq/kg



# ***Résumé***

### Résumé

Le miel est un matrice biologique très complexe et d'une très large variété, ce qui lui donne de nombreuses vertus. Dans le but de comparer entre les différents types de miels de la région de Bouira en termes de leur fraîcheur et qualité, nous avons travaillé sur cinq échantillons récoltés en 2021.

Notre étude a consisté à l'analyse physico-chimique des différents échantillons, afin de déterminer leurs humidités, la teneur en sucre, la densité, l'acidité et l'hydroxy-méthyl-furfural (HMF) qui sont des indicateurs de qualité. D'autres tests sont effectués tels que : la mesure du pH et de la conductivité électrique qui donne des informations sur l'origine florale. Le dosage et la détermination de la teneur des composés phénoliques totaux et la détermination de l'activité antioxydante des différents échantillons de miels permettent de connaître le pouvoir d'inhibiteur de miel.

Les résultats enregistrés ont montré des valeurs comprises plus ou moins dans les limites établies par le *Codex alimentaire*.

**Mots clés:** Miel, région de Bouira, qualité, analyse physico- chimique.

### Summary

Honey is a very complex biological matrix and a very wide variety, which gives it many virtues. In order to compare between the different types of honeys of the region of Bouira in terms of their freshness and quality, we have worked on five samples collected in 2021.

Our study consisted in the physico-chemical analysis of the different samples, in order to determine their moisture, sugar content, density, acidity and hydroxy-methyl-furfural (HMF) which are quality indicators. Other tests are carried out such as: the measurement of pH and electrical conductivity which gives information on the floral origin. The dosage and determination of the content of total phenolic compounds and the determination of the antioxidant activity of the different samples of honey allow to know the power of honey inhibitor.

The recorded results showed values more or less within the limits established by the Food Codex.

**Key words:** Honey, region of Bouira, quality, physicochemical analysis.

### ملخص

العسل عبارة عن مادة بيولوجية معقدة للغاية وله مجموعة متنوعة للغاية ، مما يمنحه العديد من المزايا من أجل مقارنة أنواع العسل المختلفة من منطقة البويرة من حيث نضارتها وجودتها ، عملنا على خمس عينات جمعت في عام 2021.

اشتملت دراستنا التحليل الفيزيائي والكيميائي للعينات المختلفة، من أجل تحديد الرطوبة ومحتوى السكر والكثافة والحموضة و hydroxy-methyl-furfural (HMF) وهي مؤشرات الجودة. يتم إجراء اختبارات أخرى مثل قياس الأس الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي الذي يعطي معلومات عن أصل الأزهار. تسمح جرعة وتحديد محتوى المركبات الفينولية الكلية وتحديد النشاط المضاد للأكسدة لعينات مختلفة من العسل بمعرفة قوة مثبطات العسل.

أظهرت النتائج المسجلة قيماً أكثر أو أقل ضمن الحدود التي وضعها الدستور الغذائي.

الكلمات الرئيسية العسل، منطقة البويرة، الجودة، التحليل الفيزيائي والكيميائي.

