

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE AMAR THELIDJI LAGHOuat

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de **master** en Biologie

Domaine : SNV

Filière : Sciences biologiques

Option : Biochimie appliquée

**Thème :**

**Les propriétés physico-chimiques et analyses pollinique de quelques échantillons du miel produit dans la région d'Aflou dans la wilaya de Laghouat.**

**Présenté par :**

- Safi Somia
- Gasmi Imene
- Chennaoui Bochra

**Devant le jury :**

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| M. Chaïbi Rachid  | Président    |
| M. Leboukh Mourad | Examinateur  |
| M. Zerrouk Salim  | Encadrant    |
| M. Sifi Ibrahim   | Co-encadrant |

|                 |
|-----------------|
| U.A.T. Laghouat |
| U.A.T. Laghouat |
| U.A.T. Laghouat |
| U.A.T. Laghouat |

**Année universitaire : 2022\2023**

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنْ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا  
وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ (68) ثُمَّ كُلِي مِنْ كُلِّ  
الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا  
شَرَابٌ مُّخْتَلَفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ  
لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ (69)

سورة النحل الآية (68-69)

صدق الله العظيم

## **Remerciements**

*Loué soit Dieu qui nous a permis et nous a accordé la force, le courage, la patience et la santé pour accomplir cette œuvre et la perfectionner.*

*Deuxièmement Un grand merci et gratitude à notre ecadreur le professeur **Zerrouk Salim**, qui était avec nous du début à la fin, et pour ses conseils, ses conseils et son traitement magnifique, était chaque fois et pour ce sourire qui que nous étions fatigués et épuisés.*

*Nous voudront aussi remercier vivement Mr **Sifi Ibrahim** pour l'assistance qu'il nous à témoigné, pour sa disponibilité, ces précieux conseils et gentillesse tout au long de notre travail.*

*Nous remercions s'étendant également aux membres du jury **Chaibi Rachid** et **Laboukh Mourad** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'avoir enrichi par leurs propositions .*

*Nous remercions également les honorables parents pour leur patience et leur soutien à nos côtés...*

*Nous remercions tous les amis pour leur aide morale et leur soutien à nous*

*Nous remercions tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail du département biologie du président à le simple travailleur.*

*Merci beaucoup*

**Dédicace**

*A mes parents*

*A mes chers amis*

*A toute ma famille*

***Bochra, Imene, Somia***

# Sommaire

Dédicace

Remerciements

Résumé

Liste des figures ..... I

Liste des tableaux ..... II

Liste des abréviations ..... III

Introduction ..... 1

## Synthèse Bibliographique

### I. Généralités

I.1. L'abeille ..... 3

I.1.1 Anatomie de l'abeille ..... 3

I.1.1.1 La tête ..... 3

I.1.1.2 Le thorax ..... 3

I.1.1.3 L'abdomen ..... 4

I.1.2 Les types d'abeilles ..... 4

I.2.1 L'abeille domestique ..... 4

I.2.2 L'abeille sauvage ..... 5

I.3 La colonie d'abeilles ..... 5

I.3.1 La reine ..... 5

I.3.2 Les ouvrières ..... 5

I.3.3 Les faux bourdons (les mâles) ..... 5

I.2 Le miel ..... 6

I.2.1 Définition ..... 6

I.2.2 L'origine de miel ..... 6

I.2.2.1 Le miel de nectar (miel à fleur) ..... 6

I.2.2.2 Le miel de miellat ..... 7

I.2.3 La fabrication du miel ..... 7

I.2.3.1 Le travail de l'abeille butineuse ..... 7

I.2.3.2 Le travail de l'apiculteur ..... 8

|            |                                       |           |
|------------|---------------------------------------|-----------|
| I.2.3.2.1  | La récolte .....                      | 8         |
| I.2.3.2.2  | La désoperculation .....              | 9         |
| I.2.3.2.3  | L'extraction .....                    | 10        |
| I.2.3.2.4  | La filtration .....                   | 10        |
| I.2.3.2.5  | La maturation .....                   | 10        |
| I.2.3.2.6  | La conservation .....                 | 11        |
| I.2.4      | La composition de miel .....          | 12        |
| I.2.4.1    | Les composants majeurs .....          | 12        |
| I.2.4.2    | Les composants mineurs .....          | 12        |
| I.3        | La méliissopalynologie .....          | 15        |
| I.3.1      | Définition .....                      | 15        |
| I.3.2      | Le pollen .....                       | 15        |
| I.4        | Autres produits de la ruche .....     | 19        |
| I.4.1      | Propolis .....                        | 19        |
| I.4.2      | La cire .....                         | 20        |
| I.4.3      | Le gelé royal .....                   | 20        |
| I.4.4      | Le venin .....                        | 21        |
| I.4.5      | Pain d'abeille .....                  | 21        |
| <b>II.</b> | <b>Les propriétés de miel</b> .....   | <b>22</b> |
| II.1       | Les propriétés physicochimiques ..... | 22        |
| II.1.1     | L'indice de réfraction .....          | 22        |
| II.1.2     | La conductivité électrique .....      | 22        |
| II.1.3     | Pouvoir rotatoire .....               | 23        |
| II.1.4     | La chaleur spécifique .....           | 23        |
| II.1.5     | Solubilité .....                      | 23        |
| II.1.6     | Le pH et l'acidité .....              | 23        |
| II.1.7     | L'HMF .....                           | 24        |
| II.1.8     | L'activité de l'invertase .....       | 24        |
| II.1.9     | L'activité de diastase .....          | 25        |
| II.1.10    | La proline .....                      | 25        |
| II.2       | Les propriétés organoleptiques .....  | 25        |

|        |                                     |    |
|--------|-------------------------------------|----|
| II.2.1 | La couleur .....                    | 25 |
| II.2.2 | Goût et arômes .....                | 25 |
| II.2.3 | Texture et aspect .....             | 26 |
| II.3   | Les propriétés thérapeutiques ..... | 27 |
| II.3.1 | L'action nutritionnelle .....       | 27 |
| II.3.2 | L'activité cicatrisante .....       | 27 |
| II.3.3 | L'activité immunostimulante .....   | 28 |
| II.3.4 | L'activité anti-microbienne .....   | 29 |
| II.3.5 | L'activité anti-oxydante .....      | 29 |
| II.3.6 | L'activité anti-inflammatoire ..... | 29 |
| II.3.7 | L'activité antibactérienne .....    | 30 |

## **Partie expérimentale**

### **I. Matériels et méthodes**

|       |                                                |    |
|-------|------------------------------------------------|----|
| I.1   | Présentation de la région d'étude .....        | 32 |
| I.2   | Lieu de l'étude .....                          | 32 |
| I.3   | Echantillonnage .....                          | 32 |
| I.4   | Déroulement de l'étude .....                   | 32 |
| I.5   | Les matériels utilisés dans les analyses ..... | 33 |
| I.6   | Analyse pollinique qualitative .....           | 34 |
| I.7   | Les analyses physico-chimiques .....           | 35 |
| I.7.1 | L'indice de réfraction et l'humidité .....     | 35 |
| I.7.2 | Les sucres totaux .....                        | 36 |
| I.7.3 | Conductivité électrique .....                  | 37 |
| I.7.4 | pH et acidité .....                            | 38 |
| I.8   | Analyse organoleptique .....                   | 41 |
| I.8.1 | La couleur .....                               | 41 |

## II. Résultats et discussion

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| II.1 Analyse pollinique qualitative ..... | 43 |
| II.2. Analyses physico-chimiques .....    | 45 |
| II.2.1 La teneur en eau .....             | 45 |
| II.2.2 La teneur en sucre .....           | 46 |
| II.2.3 La conductivité électrique .....   | 48 |
| II.2.4 Le pH .....                        | 49 |
| II.2.5 L'acidité libre .....              | 51 |
| II.2.6 L'acidité combinée .....           | 52 |
| II.2.7 L'acidité totale .....             | 53 |
| II.3 Analyse organoleptique .....         | 56 |
| II.3.1 La couleur .....                   | 56 |
| <b>Conclusion</b> .....                   | 58 |
| <b>Références bibliographiques</b> .....  |    |
| <b>Annexes</b> .....                      |    |

# ***Résumés***

## Résumé

Ce travail a été effectué pour évaluer les propriétés physico-chimiques et de confirmer l'appellation initiale de miel produit par les apiculteurs de la région d'Aflou. Pour atteindre cet objectif, douze échantillons, ont été collectés entre 2022 et 2023, et de comparés aux normes du Codex Alimentarius et avec les travaux préexistantes. L'analyse pollinique qualitative des grains de pollens a été faite au microscope optique. Des analyses physico-chimiques ont été effectuée : le taux d'humidité, la teneur en sucres, la conductivité électrique, le pH, l'acidité (libre, combiné et totale) et la couleur. L'analyse pollinique qualitative révèle la présence de 9 miels polyfloraux et 3 autres monofloraux, répartis en trois origines botaniques : (*Tamarix sp.*, *Eruca vesicaria* et *Citrus sp.*). Les analyses physico-chimiques montrent que tous les miels étudiés sont d'une bonne qualité et correspondent aux normes internationales. La teneur moyenne des miels en eau est de 15%. La teneur en sucres totaux est de 83.6%, La valeur moyenne du pH et de la conductivité électrique est égale à 4.26 et 0,328 mS/cm respectivement, la valeur moyenne d'acidité libre, combinée et totale sont respectivement de 23.2 méq/kg et 6 méq/kg et 29.1 méq/kg. La couleur varie du clair à foncé. Les paramètres physico-chimiques étudiés sont les plus fréquemment utilisés comme indicateurs de la qualité et de la stabilité du miel et ayant une grande influence sur ses propriétés thérapeutiques et organoleptiques.

**Mots clés** : miel ; appellation initiale ; propriétés physico-chimiques ; Aflou.

## **Abstract**

This work was carried out to evaluate the physico-chemical properties and to confirm the initial name of honey produced by beekeepers in the Aflou region. To achieve this objective, twelve samples were collected between 2022 and 2023, and compared to Codex Alimentarius standards and with pre-existing work. Qualitative pollen analysis of pollen grains was done using an optical microscope. Physico-chemical analyzes were carried out: moisture content, sugar content, electrical conductivity, pH, acidity (free, combined and total) and color. Qualitative pollen analysis reveals the presence of 9 polyfloral and 3 other monofloral honeys, divided into three botanical origins: (Tamarix sp. Eruca vesicaria and Citrus sp.). The physico-chemical analyzes show that all the honeys studied are of good quality and correspond to international standards. The average water content of honey is 15%. The content of total sugars is 83.6%, the average value of pH and electrical conductivity is equal to 4.26 and 0.328 mS/cm respectively, the average value of free, combined and total acidity are respectively 23.2 meq/kg and 6 meq/kg and 29.1 meq/kg. The color varies from light to dark. The physico-chemical parameters studied are the most frequently used as indicators of the quality and stability of honey and have a great influence on its therapeutic and organoleptic properties.

**Keywords:** honey; initial name; physico-chemical properties; Aflou.

## ملخص

تم تنفيذ هذا العمل لتقييم الخواص الفيزيائية والكيميائية وتأكد الاسم الأولي للعسل المنتج من قبل النحالين في منطقة آفلو. لتحقيق هذا الهدف، تم جمع اثني عشر عينة بين عامي 2022 و 2023، ومقارنتها بمعايير هيئة الدستور الغذائي والأعمال الموجود مسبقاً. تم إجراء التحليل النوعي لحبوب اللقاح باستخدام المجهر الضوئي وتم إجراء التحليلات الفيزيوكيميائية التالية: محتوى الرطوبة، محتوى السكر، التوصيل الكهربائي، الأس الهيدروجيني، الحموضة (الحرّة، المرتبطة والكلية) إضافة إلى اللون. كشف التحليل النوعي لحبوب اللقاح عن وجود 9 عيّّنات لعسل متعدد الأزهار و 3 أخرى من العسل أحادي الأزهار مقسمة إلى ثلاثة أصول نباتية: (الطرفة، الجرجير والحمضيات). أظهرت التحليلات الفيزيوكيميائية أن جميع أنواع العسل المدروسة ذات نوعية جيدة وتتوافق مع المعايير الدولية. يبلغ متوسط محتوى الماء في العسل 15%. يبلغ محتوى السكريات الكلية 83.6% ، متوسط قيمة الأس الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي هو 4.26 و 0.328 ملي سيمانس/سم على التوالي، ومتوسط قيمة الحموضة الحرّة، المرتبطة والكلية 23.2 ملي مكافئ/كغ و 6 مكافئ/كغ و 29.1 مكافئ/كغ على التوالي. اللون يختلف من فاتح إلى غامق. المعايير الفيزيوكيميائية المدروسة هي الأكثر استخداماً كمؤشرات على جودة واستقرار العسل ولها تأثير كبير على خصائصه العلاجية والحسية.

الكلمات المفتاحية: عسل؛ الاسم الأولي؛ الخصائص الفيزيوكيميائية، آفلو.

## Liste des figures

|                  |                                                                       |           |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figure 1</b>  | Schéma d'une abeille                                                  | <b>4</b>  |
| <b>Figure 2</b>  | Les trois castes de la colonie d'abeilles                             | <b>6</b>  |
| <b>Figure 3</b>  | Schéma de la ruche                                                    | <b>9</b>  |
| <b>Figure 4</b>  | Couteau a désoperculé                                                 | <b>9</b>  |
| <b>Figure 5</b>  | Intérieur de la cuve d'un extracteur                                  | <b>10</b> |
| <b>Figure 6</b>  | Première extraction de miel                                           | <b>10</b> |
| <b>Figure 7</b>  | Un maturateur de miel                                                 | <b>11</b> |
| <b>Figure 8</b>  | Pots de miel                                                          | <b>11</b> |
| <b>Figure 9</b>  | La structure d'un grain de pollen                                     | <b>16</b> |
| <b>Figure 10</b> | Vue microscopique de quelques grains de pollens                       | <b>18</b> |
| <b>Figure 11</b> | La propolis d'abeille                                                 | <b>19</b> |
| <b>Figure 12</b> | La cire d'abeille                                                     | <b>20</b> |
| <b>Figure 13</b> | La gelée royale                                                       | <b>21</b> |
| <b>Figure 14</b> | La roue des odeurs et des arômes                                      | <b>26</b> |
| <b>Figure 15</b> | Traitement de plaies par le miel                                      | <b>28</b> |
| <b>Figure 16</b> | Carte des daïras de la wilaya de Laghouat                             | <b>31</b> |
| <b>Figure 17</b> | Protocole expérimental des analyses de miel                           | <b>33</b> |
| <b>Figure 18</b> | L'analyse pollinique qualitative de miel                              | <b>35</b> |
| <b>Figure 19</b> | La mesure de l'indice de réfraction                                   | <b>37</b> |
| <b>Figure 20</b> | La mesure de la conductivité électrique                               | <b>38</b> |
| <b>Figure 21</b> | La mesure de pH et de l'acidité                                       | <b>40</b> |
| <b>Figure 22</b> | L'analyse de la couleur                                               | <b>41</b> |
| <b>Figure 23</b> | Teneur en eau de différents échantillons de miel étudiés              | <b>45</b> |
| <b>Figure 24</b> | Teneur en sucre de différents échantillons de miel étudiés            | <b>47</b> |
| <b>Figure 25</b> | La conductivité électrique de différents échantillons de miel étudiés | <b>48</b> |
| <b>Figure 26</b> | Le pH de différents échantillons de miel étudiés                      | <b>49</b> |
| <b>Figure 27</b> | L'acidité libre (AL) de différents échantillons de miel étudiés       | <b>51</b> |
| <b>Figure 28</b> | L'acidité combinée (AC) de différents échantillons de miel étudiée    | <b>52</b> |
| <b>Figure 29</b> | L'acidité totale (At) de différents échantillons de miel étudiés      | <b>53</b> |

## Liste des tableaux

|                   |                                                                                                      |           |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tableau 1</b>  | Les différences entre miel de nectar et miel de miellat                                              | <b>7</b>  |
| <b>Tableau 2</b>  | Composition moyenne de miel                                                                          | <b>15</b> |
| <b>Tableau 3</b>  | Composition moyenne des grains de pollen en pourcentage sur poids sec                                | <b>17</b> |
| <b>Tableau 4</b>  | Influence de l'humidité et de la présence de levures sur le risque de fermentation du miel           | <b>22</b> |
| <b>Tableau 5</b>  | Durée nécessaire pour la formation de 40 mg HMF/kg de miel en fonction de la température de stockage | <b>24</b> |
| <b>Tableau 6</b>  | les échantillons de miel étudiés                                                                     | <b>32</b> |
| <b>Tableau 7</b>  | les appareils utilisés et leur fonction                                                              | <b>33</b> |
| <b>Tableau 8</b>  | La couleur de miel exprimée en absorbance et en mm PFUND                                             | <b>41</b> |
| <b>Tableau 9</b>  | l'origine botanique des échantillons de miel étudiés.                                                | <b>42</b> |
| <b>Tableau 10</b> | La couleur de différents échantillons de miel selon leurs indices PFUND                              | <b>52</b> |

## Liste des abréviations

|                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| <b>Abs</b>                        | Absorbance                      |
| <b>AC</b>                         | Acidité combinée                |
| <b>AL</b>                         | Acidité libre                   |
| <b>AT</b>                         | Acidité totale                  |
| <b>CE</b>                         | Conductivité électrique         |
| <b>HMF</b>                        | HydroxyMéthylFurfural           |
| <b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b> | peroxyde d'hydrogène            |
| <b>IR</b>                         | Indice de réfraction            |
| <b>méq/kg</b>                     | milliéquivalent par kilogramme. |
| <b>Min</b>                        | Minute                          |
| <b>ml</b>                         | Millilitre                      |
| <b>µS/cm</b>                      | micro siemens par centimètre.   |
| <b>N</b>                          | Normalité                       |

# ***Introduction***

Le miel, cette substance précieuse, offerte par la nature est connue et utilisée par l'homme depuis la plus haute Antiquité. Ce produit noble de la ruche représente l'une de denrées alimentaires les plus appréciées par l'homme, contenant de nombreux composants dont certains sont reconnus comme bénéfiques pour la santé (**Chaouche et Bounsiar, 2017**).

Le miel est une substance sucrée complexe produite par les abeilles mellifiques à partir du nectar et autres matières sucrées (miellat) qu'elles récoltent sur des végétaux vivants, qu'elles butinent, transforment, en les combinant avec des matières spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche (**Belhadj et al., 2015**).

Pratiquée sur tous les continents, l'apiculture met en œuvre de nombreuses techniques, qui varient en fonction des climats et des ressources dont dispose l'apiculteur. Le travail de l'apiculteur se fait selon plusieurs étapes : la récolte, la désoperculations, l'extraction, la filtration, la maturation, la conservation.

Parmi les autres produits de la ruche (La gelée royale, la propolis, la cire et pollens), le miel a un grand intérêt thérapeutique et nutritionnel tel que ses propriétés antioxydants, antibactériennes, anti-inflammatoires et cicatrisantes...etc. En raison de sa composition unique en sucre, en enzymes, en acides organiques, en protéines, en lipides, en vitamines et en minéraux. Selon la source florale utilisée par les abeilles, la période de la collecte et les conditions géo-climatiques des régions d'élevage varie cette composition de ce produit naturel (**Homrani, 2020**).

Dans l'intérêt de déterminer la qualité des miels collectés dans la région d'Aflou, et d'évaluer le respect des normes requises, nous effectuerons une étude sur les caractéristiques physicochimiques et polliniques de quelques échantillons de miel.

Notre travail a été subdivisé en deux parties :

La première partie est une synthèse bibliographique organisée en deux chapitres :

- Le premier chapitre traite des généralités sur l'abeille et des notions générales du miel, et les produits de la ruche.
- Le deuxième chapitre est porté sur les propriétés physicochimiques et thérapeutiques et organoleptiques de miel.

La deuxième partie est la partie expérimentale, elle est subdivisée en deux parties :

- La première partie est une présentation de matériel et les méthodes utilisées.

- La deuxième partie présente les résultats expérimentaux obtenus et leur discussion.

Notre travail dans ses parties, vise à répondre aux questions suivantes :

- Quelles sont les propriétés physicochimiques et organoleptiques de miel ?
- Les échantillons de miel collectés dans la région d'Aflou, est-il de bonne qualité ? Et est-ce que les résultats de ses différents paramètres physico-chimiques confrontent les normes et présentent une compatibilité avec ceux obtenues par d'autres études.

# **Synthèse Bibliographique**

***Chapitre I***

***Généralités***

**I. Généralité :****I.1 L'abeille :**

Le mot « abeille » vient du nom latin *Apis* qui signifie la « mouche à miel », L'abeille est un insecte hyménoptère (comme les guêpes et les fourmis), apparu il y a 45 millions d'années nettement avant l'homme. Les mieux connus et les plus utilisés en apiculture sont dans le genre *Apis* et font partie de l'espèce *Apis mellifera*. Elles vivent au sein d'une colonie compte entre 20 000 et 80 000 abeilles (**Razafindrazaka, 2010**), et dont les habitudes alimentaires, se résument à la consommation du pollen et du nectar récoltés à partir des plantes à fleurs, assurant ainsi la pollinisation de 80% des cultures, la survie, la dissémination et l'évolution (**Biri, 2010**).

**I.1.1 Anatomie de l'abeille :**

Comme chez tous les insectes, le corps de l'abeille est entouré d'un exosquelette protecteur (un squelette externe) qui est composé d'une cuticule, elle est formée de trois parties :

- l'épicuticule, composée de lipoprotéines et de cire qui imperméabilise la carapace.
- l'exocuticule, composée de protéines durcies et de mélanine qui apporte la coloration de l'enveloppe.
- l'endocuticule, composée de protéines et de chitine, une substance souple et perméable.

Le corps d'abeille est divisé en plusieurs sections : La tête, le thorax et l'abdomen (Figure 1).

**I.1.1.1 La tête :**

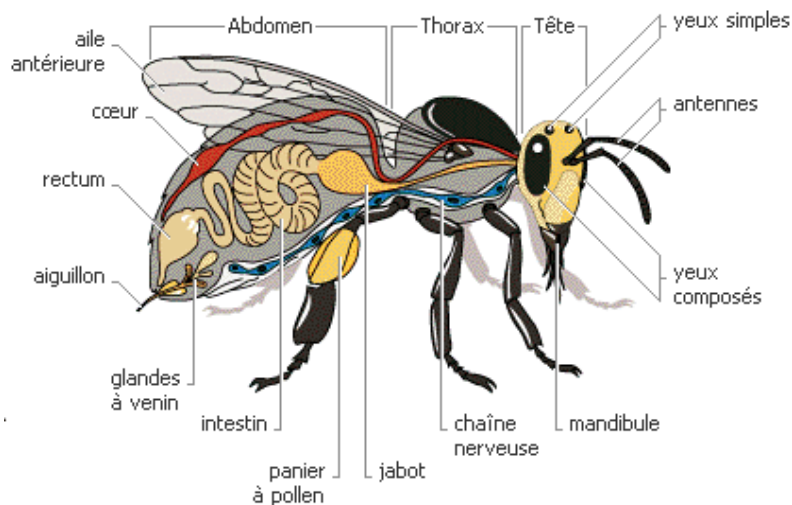
La tête est en quelque sorte le centre nerveux et sensitif de l'abeille. On y retrouve les organes des sens (deux yeux composés, trois yeux simples ou ocelles, deux antennes orientables) et les pièces buccales. La tête renferme le cerveau de l'abeille, très développé, dû au haut niveau de socialisation de l'abeille. Les glandes hypopharyngiennes, labiales et mandibulaires sont également situées dans la tête de l'abeille (**Jean-Prost, 2005**).

**I.1.1.2 Le thorax :**

Le thorax est composé de trois segments soudés : le pro-, méso- et métathorax. Il porte les éléments locomoteurs de l'abeille : trois paires de pattes et deux paires d'ailes, formées de membranes transparentes placées à l'intérieur d'un réseau de nervures rigides. Le thorax contient de puissants muscles alaires (**Lehneer et al., 2003**).

### I.1.1.3 L'abdomen :

L'abdomen est formé par sept segments reliés entre eux par une membrane souple. À l'extrémité du dernier segment se trouve un aiguillon venimeux, le dard, qui jaillit lorsque l'abeille se défend d'une agression (Clément et al., 2006). Il renferme la plus grande partie du tube digestif et de ses annexes, l'appareil venimeux, les glandes cirières et la plus grande partie des systèmes circulatoires et respiratoires (Leuenberger, 1980).



**Figure1 : Schéma d'une abeille.**

### I.1.2 Les types d'abeilles :

Les abeilles domestiques et sauvages tiennent un rôle-clef dans les écosystèmes terrestres. En effet, la majorité des phanérogames ne pourrait accomplir leur cycle de développement sans l'intervention de pollinisateurs, qui participent de manière prépondérante à la reproduction de nombreux végétaux (Allen-Wardell et al., 1998 ; Michener, 2000).

#### I.1.2.1 L'abeille domestique :

L'abeille domestique, parmi les hyménoptères pollinisateurs, revêt d'autres intérêts dont la production de miel, de propolis et de gelée royale, le maintien de la diversité génétique et le rôle de bioindicateur (Free, 1993 ; Kevan, 1999). En tant qu'espèce animale à comportement sociétal, elle constitue un modèle biologique d'intérêt majeur (Von Frisch, 1967).

**I.1.2.2 L'abeille sauvage :**

Les abeilles sauvages n'ont pas de reine et ne fabriquent pas de miel. Elles travaillent indépendamment, chaque goutte de nectar butinée est soigneusement mélangée avec le pollen, formant de petites boules de nourriture et stockée dans les cellules du tunnel pour les futures jeunes abeilles. Ces abeilles-là, ont un impact majeur sur la biodiversité et assurent la pollinisation. Elles revêtent un grand intérêt au niveau des écosystèmes naturels et de l'agrocénose. En effet, beaucoup de travaux montrent que les abeilles sont les meilleurs agents pollinisateurs (**Mcgregor, 1976**). Probablement, leur activité la plus importante, en termes d'avantages pour l'homme, est leur pollinisation de la végétation naturelle (**Michener, 2007**).

**I.1.3 La colonie d'abeilles :**

Les abeilles sont divisées en castes ayant des rôles bien précis à accomplir dans la ruche (**Amirat, 2014**). Ces castes sont représentées par une reine, des ouvrières et des faux bourdons, fort différents sur le plan morphologique comme dans leur espérance de vie (Figure 2) (**Bakiri, 2018**).

**I.1.3.1 La reine :**

C'est le seul individu fécondé dans la ruche, la reine assure la ponte des œufs (jusqu'à deux mille œufs par jour en été). Elle vit 4 à 5 ans grâce à son régime à base de gelée royale. Elle se reconnaît à son thorax et surtout son abdomen plus développé. La reine agit sur le comportement des ouvrières au moyen de ses phéromones (messagers chimiques) (**Betayene, 2008**).

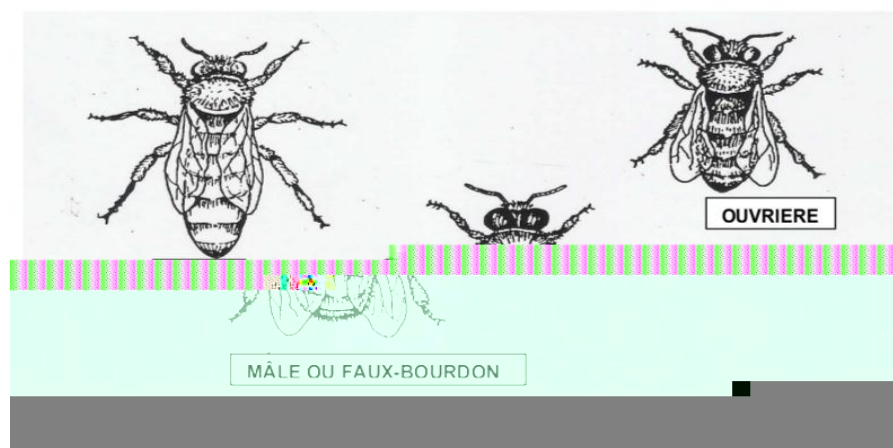
**I.1.3.2 Les ouvrières :**

Elles portent bien leur nom puisqu'à part la ponte, elles assurent toutes les tâches essentielles à la colonie : entretien, régulation thermique et défense de la ruche, elles nourrissent et élèvent les larves, produisent de la cire, le miel et la gelée royale et élaborent des rayons, elles récoltent aussi du nectar, du pollen et de la propolis (**Betayene, 2008**).

**I.1.3.3 Les Faux bourdons (les mâles) :**

Un peu plus gros que les ouvrières (notamment les yeux), leur seul rôle connu est la fécondation de la reine, au cours de son "vol nuptial". Ils ne possèdent pas de dard (donc pas

de piqûre) et ne peuvent se nourrir seul : leur trompe est trop courte et se sont les ouvrières qui les alimentent (Betayene, 2008).



**Figure 2 : les trois castes de la colonie d'abeilles (Betayene, 2008).**

## **I.2 Le miel :**

### **I.2.1 Définition :**

Le miel est défini comme : « substance sucrée naturelle, produite et traitée par des abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar des fleurs, ou des sécrétions provenant des parties vivantes des plantes ou des excréments laissés par des insectes suceurs qu'elles butinent, transforment et combinent avec des matières spécifiques, propres emmagasinées et laissées mûrir dans les rayons de la ruche. Cette denrée peut être fluide, liquide ou cristallisée. » (Codex Alimentarius, 2001).

### **I.2.2 L'origine de miel :**

L'origine du miel est importante vis-à-vis de l'évaluation de sa qualité par des consommateurs, car elle influence sur ces caractéristiques organoleptiques. Il en a de même pour l'origine géographique (Baroni et al., 2009). Selon Hoyet (2005) le miel est élaboré par des abeilles à partir de sucres produits par des végétaux, provenant soit le nectar ou le miellat sont représentés dans le tableau sous dessous (Tableau 1).

#### **I.2.2.1 Miel de nectar (miel à fleur) :**

Le miel de nectar est le miel qui provient des nectars de plantes. Le nectar est recueilli grâce à leurs trompes adaptées à la récolte dans les fleurs au niveau des petites glandes végétales

nommées nectaraires. Sa production dépend de l'âge, de la taille, de la position de la fleur, de l'humidité relative de l'air, de la durée de la floraison, du sexe des fleurs (Sanz et al., 2005).

Il est un mélange chimique complexe constitué 80% d'eau et 7 à 60% de sucre (saccharose, glucose et fructose et une faible proportion de maltose, mélézitose, raffinose, mélibiose et tréhalose), et des acides organiques, de protéines dont des enzymes, des acides aminés, des substances aromatiques et des composés inorganiques (Hoyet, 2005). Tous ces éléments vont donner au miel sa couleur et ses arômes (Lequet, 2010).

### I.2.2.2 Miel de miellat :

Le miellat est un produit sucré élaboré par diverses insectes piqueurs et suceurs généralement le puceron à partir de la sève des végétaux, et dont se nourrissent certaines abeilles et fourmis (Hoyet, 2005).

La composition du miellat est plus proche de la sève végétale que du nectar. Elle est plus riche en azote (0.2%-1.8%), en minéraux (0.58%) et en acide organique. Le miellat contient du glucose et du fructose (61.6%) ainsi que, d'autres sucres tels que le mélézitone (8.6%), le raffinose (0.84%) et l'isomaltose (9.6%) (Guillaume et al., 2012).

**Tableau 1 : Les différences entre miel de nectar et miel de miellat (Boulaaba, 2019).**

|                           | Miel de miellat | Miel de nectar |
|---------------------------|-----------------|----------------|
| <b>Acidité</b>            | 33 méq /kg      | 22,4 méq/kg    |
| <b>pH</b>                 | 4,5             | 3,9            |
| <b>Minéraux (cendres)</b> | 0,58%           | 0,26%          |
| <b>Fructose + glucose</b> | 61,6%           | 74%            |
| <b>Mélézitose</b>         | 8,6%            | 0,2%           |
| <b>Raffinose</b>          | 0,84%           | 0,03%          |
| <b>Maltose+Isomaltose</b> | 9,6%            | 7,8%           |

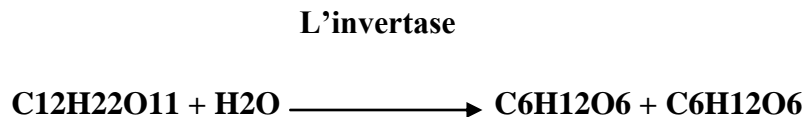
### I.2.3 La fabrication du miel :

#### I.2.3.1 Le travail de l'abeille butineuse :

Une butineuse effectue entre 20 et 50 voyages par jour, chacun demandant environ 15 min. Le rayon d'action moyen se situe entre 500 mètres et 2 kilomètres (Chouia, 2014).

Le miellat et /ou nectar recueillies par la trompe arrivent par l'œsophage dans le jabot de l'abeille butineuse. Celle-ci, une fois arrivée à la ruche, transforme ce produit en lui donnant son empreinte personnelle (**Tojonirina, 2008**).

Tout d'abord, elle mélange ces solutions sucrées à des sécrétions salivaires riches en enzymes et contenant, notamment une invertase qui transforme le saccharose en glucose et fructose (**Chouia, 2014**). Selon l'équation suivante :



Le nectar ainsi que le miellat qui peu à peu deviennent miel, subissent dans les alvéoles de nombreux transferts, phénomène appelé trophallaxie (**Hoyet, 2005**).

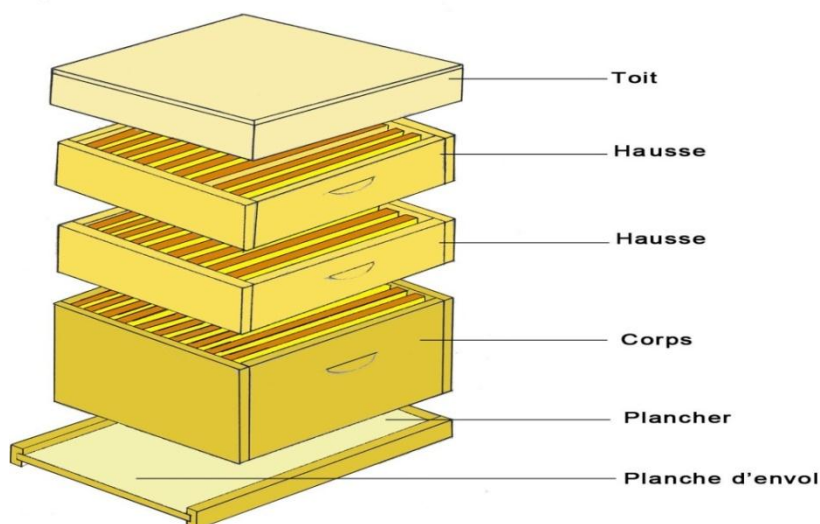
C'est ainsi que s'effectue la concentration du miel non mûre qui sera ensuite déposé dans les alvéoles des cadres de cire. Sous l'influence de la température de la ruche et de la ventilation assurée par les ouvrières, le miel mûr évapore son eau. Quand la teneur en eau du miel est inférieure à 19%, le miel est mûr et il sera operculé par une couche de cire (**Huchet, 1996**).

### **I.2.3.2 Le travail de l'apiculteur :**

La technologie d'extraction du miel se déroule en plusieurs étapes successives : la récolte, désoperculation, l'extraction, la filtration, Maturation, la conservation.

#### **I.2.3.2.1 La récolte :**

La récolte du miel peut se pratiquer dès la fin de la miellée quand les cadres des hausses sont remplis de miel, place la hausse par l'apiculture, qui représente la partie supérieure de la ruche, du printemps. Les ruches à cadres mobiles actuellement sont répandues dans tout le monde apicole, les cadres supportant les rayons. Les ruches à rayons fixes, bien que largement utilisées à travers les âges, posaient des problèmes pour la récolte du miel. Le plus souvent, on asphyxiait la colonie pour prélever les réserves. Ces ruches sont encore utilisées pour y faire de l'élevage et obtenir des essaims (Figure 3) (**Tojonirina, 2008**).



**Figure 3 : Schéma de la ruche (André-Claude, 2017).**

#### **I.2.3.2.2 La désoperculation :**

Il retire, à l'aide d'un lève cadres, les cadres remplis de miel, désopercule les alvéoles gorgées de miel soit par un couteau à désoperculer ou une herse (méthode manuelle) ou machine Caillas (méthode mécanique) (Figure 4) (Tojonirina, 2008).



**Figure 4 : Couteau à désoperculé (Miel de paris, En ligne, 2013).**

#### **I.2.3.2.3 L'extraction :**

Dans un extracteur .C'est une sorte de centrifugeuse manuelle ou automatisée où ils vont tourner très rapidement. La force centrifuge fait alors sortir le miel des alvéoles. Projeté sur les parois, le miel coule au fond de l'appareil (Figure 5) (Tojonirina, 2008).



**Figure 5 : Intérieur de la cuve d'un extracteur (Blog d'Olivier Bapteste, en ligne ,2013).**

#### **I.2.3.2.4 La filtration :**

À la sortie de l'extracteur, le miel est versé dans un maturateur qui contient un filtre destiné à retenir les impuretés qui pourraient y être contenues (fragments de cire,...) (Figure 6) (Tojonirina, 2008).



**Figure 6 : Première extraction de miel (Fred, 2016)**

#### **I.2.3.2.5 La maturation :**

Le miel, à la sortie de l'extracteur, est versé dans un maturateur. Il s'agit d'un simple récipient de décantation où le miel abandonne ses impuretés (débris de cire, amas de pollen), ainsi que les bulles d'air incorporées pendant l'extraction (Prost et Le Conte, 2005). Il faut trois à cinq jours pour que les impuretés et l'air remontent à la surface afin d'être éliminées. Il est indispensable que le maturateur soit placé dans un endroit propre et surtout sec (Figure 7).



**Figure 7 : Un maturateur de miel (Apiculture.net en ligne ,2013).**

#### **I.2.3.2.6 La conservation :**

La conservation du miel nécessite l'humidité, la chaleur et la lumière. La température élevée provoque la dégradation des sucres, une perte d'arôme et une augmentation d'acidité. Le stockage des pots doit se faire dans les locaux frais et secs. La température idéale avoisine les 12-14C°. Si le miel à stocker présente un risque de fermentation, il faudra impérativement le pasteuriser ou le conserver à une température de 4 à 5C°, alors qu'un miel traité dans les conditions optimales est très stable (Blanc, 2010) (Figure 8).



**Figure 8 : Pots de miel (Miel in France en ligne ,2013).**

## I.2.4 Composition du miel :

La composition du miel dépend de différents facteurs comme les espèces végétales butinées, l'origine florale, conditions météorologiques, contribution de l'apiculteur. Le miel est un produit doux et savoureux, ayant une haute valeur nutritive. Ils sont différents composants du miel représentés sur le tableau (Tableau 2).

### I.2.4.1 Les composants majeurs :

#### I.2.4.1.1 L'eau :

L'eau est le deuxième composant principal de miel a un pourcentage optimum de 17 à 18%.C'est un paramètre de qualité important, car un miel trop épais est difficile à extraire et à conditionner, tandis qu'un miel trop liquide riche en eau risque de fermenter (**Rossant, 2011**).

#### I.2.4.1.2 Les sucres :

Constituent la partie la plus importante du miel. Il s'agit essentiellement de sucres dont le pourcentage représente en moyenne 78 à 80 %. Parmi les sucres, on retrouve :

-Des monosaccharides avec en moyenne 31% de glucose et38% de fructose (ou lévulose). Ce sont les deux principaux sucres du miel. Ils proviennent en grande partie de l'hydrolyse du saccharose (présent dans le nectar ou le miellat) par l'invertase ou les acides.

Saccharose + eau  $\longrightarrow$  glucose + fructose

-Des disaccharides comme le maltose (7,3%), et le saccharose (1,3%).

-Des tri et polysaccharides qui représentent 1,5 à 8%. On peut citer parmi eux : l'erlose, le raffinose, le mélézitose, le dextrantriose, le mélibiose, etc. (**Élodie, 2013**).

### I.2.4.2 Les composants mineurs :

#### I.2.4.2.1 Les acides organiques :

Les acides du nectar et des sécrétions salivaires des abeilles se trouvent évidemment dans le miel et sont à l'origine de sa saveur légèrement acidulée. Ils participent à la stabilité du miel en inhibant le développement de certains micro-organismes (**Guerriat, 2000**).

Les acides identifiés dans le miel sont : l'acide gluconique (constituant acide majoritaire, issu du glucose), les acides butyriques, l'acide acétique, l'acide formique, l'acide lactique, l'acide succinique, l'acide proglutamique, l'acide malique et l'acide citrique (**Rossant, 2011**).

#### **I.2.4.2.2 Les protéines et les acides aminés :**

Les protides du miel sont soit des protéines ou acides aminés libres. Ils sont présents en faible quantité dans le miel (0,26%) et la teneur en azote est négligeable, de l'ordre de 0,041%. Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines et de nucléoprotéines qui proviennent soit de la plante (nectars, grains de pollen), soit des sécrétions de l'abeille.

Les acides aminés représentent 1%. La proline est le principal contributeur avec 50 % à 85 % du total des acides aminés. En plus de la proline, les acides aminés présents dans le miel dans l'ordre décroissant de concentration sont phénylalanine, tyrosine, lysine, arginine, acide glutamique, histidine et la valine (**Boukraa, 2010**).

#### **I.2.4.2.3 Les lipides :**

Ce sont pratiquement inexistant dans le miel, cependant certains miels contiennent des glycérides et des acides gras tels que l'acide palmitique, oléique et linoléique (**Nair, 2014**).

#### **I.2.4.2.4 Matières minérales :**

Le miel présente une composition varié de minéraux tels que le potassium qui est largement majoritaire, du phosphore, du sodium, du calcium, du magnésium, du soufre et du cuivre. La teneur en minéraux varie entre 0,02 et 1,03 %, selon l'origine botanique et géographique du miel. Les miels de miellat et les miels de coloration foncée renferment plus de minéraux que les miels de nectar et les miels clairs (**Frédéric et al., 2013**).

#### **I.2.4.2.5 Les enzymes :**

Les enzymes sont une partie plus importante de miel. Elles proviennent soit origines : végétale (le nectar contient des enzymes produites par des nectaires de la plante.) et animale (des sécrétions salivaires de l'abeille). Deux enzymes sont étudiées particulièrement : l'invertase, qui provoque la scission du saccharose en fructose et en glucose, et l'amylase (couramment appelée diastase), qui provoque la dégradation de l'amidon en dextrine puis en maltose. On trouve également une catalase, une phosphatase et une glucose-oxydase. Cette dernière transforme le glucose en acide gluconique, principale acide du miel. Ces enzymes sont détruites par la chaleur, et leur présence ou leur absence peut servir d'indication de surchauffage du miel (**Bonte et Desmouliere, 2013**).

#### I.2.4.2.6 Les vitamines :

Le miel est un aliment pauvre en vitamine, On y trouve essentiellement des vitamines du groupe B : Vitamines B1, B2, B3, B4 et B5. Parfois on y trouve aussi de la vitamine C, ainsi que les vitamines A, K et D (**Hoyet, 2005**)

#### I.2.4.2.7 Les pigments :

On peut citer principalement les caroténoïdes et les flavonoïdes. Ils sont responsables de la coloration du miel. Les flavonoïdes qui appartiennent aux groupes des polyphénols possèdent des propriétés anti-oxydantes très intéressantes, car ils participent à la neutralisation des radicaux libres de l'organisme. La quantité et le type de flavonoïdes varient selon la source florale. Parmi les flavonoïdes retrouvés dans le miel, on peut citer : la pinocembrine, la pinobanskine, la chrysin, la galangine, la quercétine, la lutéoline et l'acemphérol (**Rossant, 2011**).

#### I.2.4.2.8 Les contaminants :

Comme tout autre aliment naturel, le miel peut être contaminé par l'environnement, et en particulier par les produits utilisés en agriculture. Généralement, le niveau de contamination des miels européens ne représente pas de danger pour la santé et les contaminants ne sont retrouvés qu'à l'état de traces. Les miels biologiques présentent les taux de contamination les plus bas. Ces contaminants sont représentés principalement par les pesticides, les métaux lourds, les bactéries, les antibiotiques et les matières radioactives.

Comme tout produit d'origine animale, le miel possède un microbisme qui lui est propre auquel peut s'ajouter une flore microbienne accidentelle lors des manipulations (**Balas, 2015**).

#### I.2.4.2.9 Autres composants :

Le miel est constitué de plusieurs autres constituants qui sont sous forme de traces (avec des teneurs négligeables) tels que : le pollen, les levures osmotiquement résistantes (responsables de la fermentation), les spores et les champignons microscopiques, les algues unicellulaires (**Lequet, 2010**). Cependant, en raison de la forte pression osmotique du miel, les micro-organismes qui atteignent le miel ne peuvent pas s'y développer (**Hoyet, 2005**).

**Tableau 2 : La composition moyenne de miel (Huchet, 1996).**

| Composition                          |                                            | Pourcentage % |
|--------------------------------------|--------------------------------------------|---------------|
| Eau                                  |                                            | 17            |
| G<br>L<br>U<br>C<br>I<br>D<br>E<br>S | Fructose                                   | 38,2          |
|                                      | Glucose                                    | 31,3          |
|                                      | Saccharose                                 | 1,3           |
|                                      | Disaccharide réducteur                     | 7,3           |
|                                      | Sucre supérieur                            | 1,5           |
|                                      | Autres dérivés glucidiques (acide lactone) | 0,6           |
| Acidité totale en acide gluconique   |                                            | 0,57          |
| Cendres                              |                                            |               |
| Protides                             |                                            | Négligeables  |
| Présence d'enzymes                   |                                            |               |
| Vitamines                            |                                            | Peu           |
| Minéraux, Lipides                    |                                            | Peu           |

### **I.3 La Méliissopalynologie :**

#### **I.3.1 Définition :**

La méliissopalynologie est l'étude des pollens présents dans le miel. Elle permet d'identifier les plantes butinées à l'origine de la production du miel, ce qui est d'un grand intérêt dans la détermination des appellations et la détection des fraudes concernant l'étiquetage des produits (Lequet, 2010).

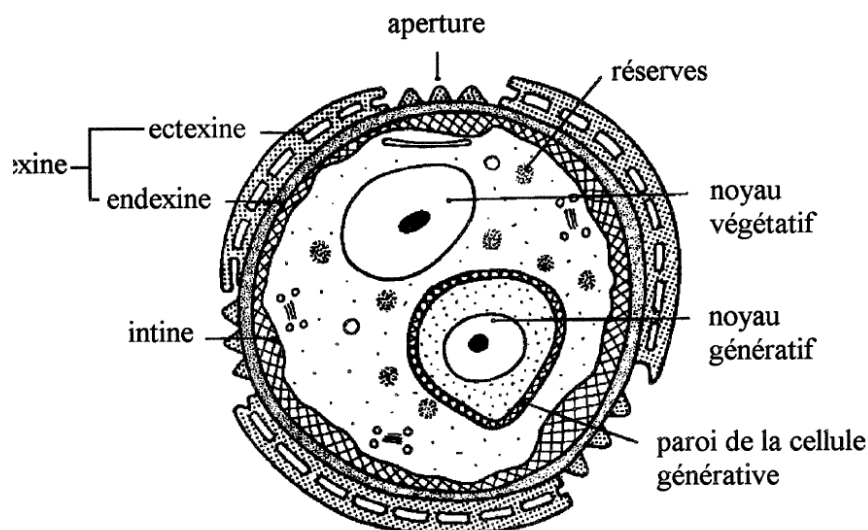
#### **I.3.2 Le pollen :**

L'appareil sexuel mâle comprend une ou plusieurs étamines, chacune étant constituée de deux parties, le filet et l'anthere qui contient les grains de pollen. Les grains de pollen représentent les gamètes mâles chez les plantes supérieures (Rossant, 2011).

Les abeilles ont aussi besoin de protéines et particulièrement le couvain. Une colonie peut récolter jusqu'à 40 à 50 kg de pollen par an pour les besoins de son élevage. Les ouvrières récoltent donc le pollen qu'elles ramènent à la ruche en le transportant dans les corbeilles de leurs pattes postérieures.

Ce sont des grains microscopiques que l'abeille va récolter en se frottant sur les fleurs, ils sont classés généralement en 2 familles : les pollens entomophiles, récoltés et transportés par les insectes, ils sont tous alimentaires et les pollens anémophiles, transportés par le vent, ils sont les plus allergisants. Leurs formes sont différentes suivant les espèces végétales (Figure 9) (Cherbuliez, 2001). La composition chimique du pollen varie selon le genre et l'espèce botanique dont il provient (Tableau 4) (Caillas, 1987). Ces couleurs varient des tons jaune, orange et même rouge sang ou violet jusqu'aux tons verts ou même très sombres, presque noirs (Somme et al., 2013 ; Simenel et al., 2015).

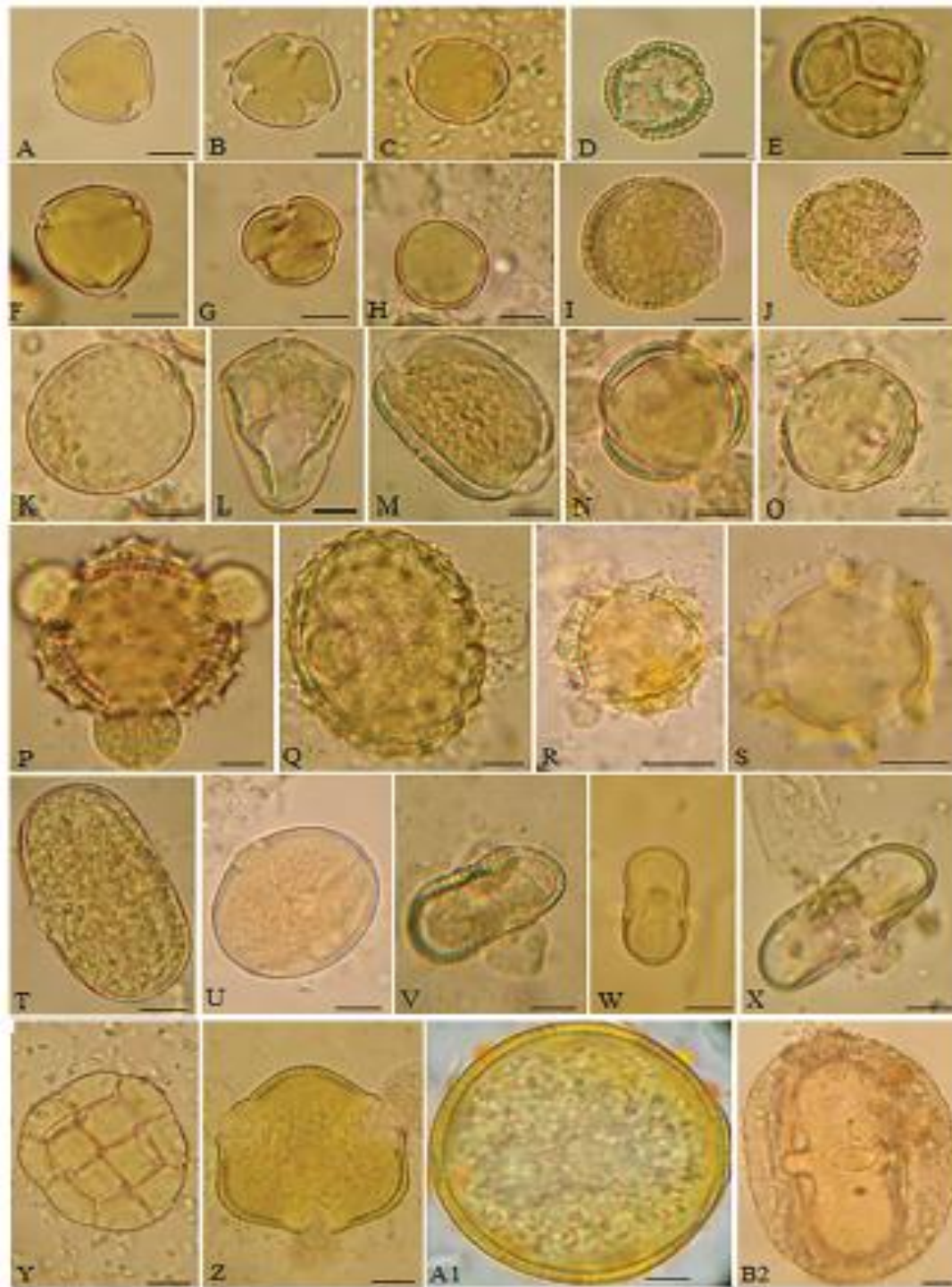
L'étude de caractéristiques morphologiques des pollens a apporté une contribution importante à la systématique des végétaux du fait qu'il est possible, en observant un pollen isolé, de déterminer l'identité de la plante qui l'a produit. En effet, à chaque espèce végétale correspondue type de pollen qui sera déterminé après observation au microscope optique ou au microscope électronique (Figure 9) (Reille et Pons, 1990).



**Figure 9 : La structure d'un grain de pollen (Laaidi et al, 1997).**

**Tableau 3 : Composition moyenne des grains de pollen en pourcentage sur poids sec  
(Caillas, 1987).**

| <b>Matières</b>                      | <b>Pourcentage (%)</b> |
|--------------------------------------|------------------------|
| Eau                                  | 5 à 6                  |
| Protéines                            | 25                     |
| Glucides                             | 40                     |
| Lipides                              | 4.5                    |
| Cendre                               | 5                      |
| Vitamines                            | 0.015                  |
| Pigments                             | Traces                 |
| Enzymes                              | Traces                 |
| Rutine                               | 0.017                  |
| Corps indéterminés                   | -                      |
| Des substances antibiotiques actives | 20                     |
| Un facteur de croissance             | Traces                 |

**Figure**

**e 10 : Vue microscopique de quelques grains de pollens (Zerrouk et al., 2021): (A–C. *Ziziphus lotus*. D. *Olea europaea*. E. *Erica arborea*. F–H. *Peganum harmala*. I, J, J. *Brassica napus*. K. Poaceae. L. *Carex*. M. *Muscari comosum*. N, O. *Centaurea*. P. *Onopordum*. Q. *Carthamus*. R. *Matricaria*. S. *Taraxacum*. T. *Vicia*. U. *Trifolium*. V. *Daucus carota*. W. *Pimpinella anisum*. X. *Eryngium*. Y. *Acacia*. Z. *Euphorbia*. A1. *Cistus* .B2. *Echinops spinosus*. Echelle 10 µm.**

#### **I.4 Autres produits de la ruche :**

##### **I.4.1 Propolis :**

Les abeilles récoltent une résine présente sur les bourgeons, les jeunes rameaux et les blessures de certains arbres et arbustes. Elle est prévue pour les protéger contre les attaques des micro-organismes mais aussi des insectes (un effet répulsif). En mélangeant cette résine à de la cire et à des enzymes sécrétées par leur système glandulaire, elles obtiennent une sorte de gluque l'on nomme : propolis (**Bankova et al, 2000**).

La propolis nommée le trésor de la ruche est une substance résineuse, gommeuse, balsamique, de couleur variable (**Sauvager, 2014**). Elle inhibe le développement des levures pathogènes, ce qui permet d'éviter la décomposition de certains intrus par exemple. Ce n'est pas un aliment mais elles l'utilisent dans la ruche comme un agent protecteur de la ruche (**Élodie, 2013**). De plus, elle possède des propriétés anesthésiantes locales dues aux huiles essentielles ou encore des propriétés cicatrisantes. Elle lutte aussi contre les caries dentaires, les gingivites, réduit l'inflammation, le risque de thrombose, aide à soigner les troubles ORL, les aphtes, les ulcères gastriques, l'hypertension, les affections Pulmonaires, la tuberculose ... (**Cherbuliez et al.,2003**), et le traitement de maladies comme le cancer grâce à certaines substances à activité anti-tumorale comme les flavonoïdes et à l'action immunostimulatrice de celle-ci (Figure 11) (**Seo et al.,2003**).



**Figure 11 : La propolis d'abeille (Haddouche, 2021).**

### I.4.2 La cire :

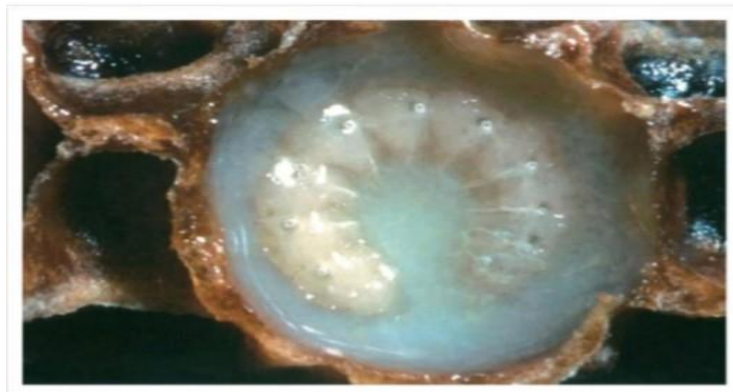
La cire est le produit de sécrétion des glandes cirières de l'abeille ouvrière âgées, du 13<sup>ème</sup> au 18<sup>ème</sup> jour de son existence, c'est une matière grasse qui se produit dans la région ventrale entre les anneaux de l'abdomen et se présente sous forme d'écailles de couleur blanche. Elle est utilisée comme matériau de construction des alvéoles et de leurs nids. Pour construire un rayon, les abeilles forment « une chaîne cirière » en s'accrochant les unes aux autres. La récolte de la cire se fait au moyen d'un cérificateur solaire (pour les petits volumes) ou d'une chaudière à cire. Elle fond à environ 64°C (**Élodie, 2013**). La cire est très prisée en cosmétologie, esthétique, confections (cierges, bougies), teintures et entretiens divers (Figure 12) (**Betayene, 2008**).



**Figure 12 : La cire d'abeille**

### I.4.3 La gelée royale :

Appelée également « lait maternel de l'abeille » ou autrefois "miel salivaire" est une substance qui se distingue par des caractéristiques spécifiques : une couleur blanchâtre qui devient jaune au contact avec l'air, une odeur caractéristique du phénol, un goût gélatineux, visqueux avec un pH acide compris entre 3 et 4, d'où son acidité en bouche (**Fratini et al., 2016**), elle est sécrétée par les glandes hypopharyngiennes et mandibulaires des jeunes nourrices âgées de 5 à 15 jours nommées nourricières. Sa composition varie selon la caste et l'âge des larves à nourrir, elle contient un acide gras aux propriétés antifongiques, antibactériennes et anti-germinatives, et elle est très efficace contre les asthénies et les dépressions. On lui attribue des vertus sur le système nerveux, la résistance aux maladies, le cancer, la tension artérielle, le cholestérol, les troubles cardio-vasculaires, l'asthme bronchique, le diabète (diminution du taux de sucre dans le sang) (Figure 13) (**Betayene, 2008**).



**Figure 13 : La gelée royal (Blanc, 2010).**

#### **I.4.4 venin :**

Le venin d'abeille est produit par des glandes situées à la partie postérieure de l'abdomen des ouvrières et de la reine. Il s'accumule dans le sac à venin relié à l'aiguillon piqueur. Les mâles n'ont pas de glande à venin. Les ouvrières se servent de leur aiguillon pour se défendre la colonie, faisant ainsi le sacrifice de sa vie. La reine ne se sert de son aiguillon que contre une reine. Le venin est un liquide transparent d'une odeur prononcée et un goût acide (Philippe, 2007). Il se compose de l'eau, histamine, la mellitine, une lysolécithine, de l'apamine et deux enzymes (Meslem, 2012). D'après Libis, (1971). Le médecin reconnaît son efficacité antirhumatismal et son pouvoir anti-infectieux en cas de bronchite, il est un excellent révulsif et un tonique général.

#### **I.4.5 Pain d'abeille :**

Le partiellement fermenté mélange de pollen stocké dans le peignes d'abeilles, également appelés à comme "pain d'abeille" a une autre composition et valeur nutritive que le pollen collecté du champ, et est la nourriture donnée à les larves d'abeilles et mangées par les jeunes abeilles ouvrières pour produire de la gelée royale. Dire que le pollen est la nourriture parfaite parce que c'est la seule source de nourriture pour les abeilles autres que le miel, leur principale source de glucides, est non seulement sur la base d'une douteuse comparaison entre les besoins humains et les besoins des abeilles, mais aussi sur désinformation (Hilmi et al, 2010).

## **Chapitre II**

### **Les propriétés de miel**

**II. Les propriétés de miel :****II.1 Les propriétés physicochimiques :****II.1.1 L'indice de réfraction :**

Il s'agit d'une propriété optique. Tout corps transparent est caractérisé par un certain indice de réfraction. L'indice de réfraction est une constante qui dépend de la nature chimique du corps. Lorsque le corps en question est en solution dans l'eau, l'indice de réfraction varie régulièrement entre l'indice de l'eau pure et l'indice du corps pur. La mesure de l'indice de réfraction permet donc de connaître facilement la teneur en eau d'un produit en solution tel que le miel (**Louveaux, 1959**). Le tableau de Chataway donne la correspondance directe entre indice de réfraction et la teneur en eau.

Selon **Nombré et al, (2010)**, l'humidité est la caractéristique la plus importante du miel car elle est étroitement liée à sa qualité, sa viscosité, sa cristallisation, sa fermentation et à sa saveur (Tableau 4).

**Tableau 4 : Influence de l'humidité et de la présence de levures sur le risque de fermentation du miel (Lequet, 2010).**

| <b>Teneur en eau</b> | <b>Risque de fermentation en fonction du nombre de levures par gramme de miel</b> |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Moins de 17,1 %      | Aucun risque quel que soit le nombre de levures                                   |
| De 17,1 à 18 %       | Aucun risque si le nombre de levures est inférieur à 1000                         |
| De 18,1 à 19 %       | Aucun risque si le nombre de levures est inférieur à 10                           |
| De 19,1 à 20 %       | Aucun risque si le nombre de levures est inférieur à 1                            |
| Plus de 20 %         | Risque de fermentation quel que soit le nombre de levures                         |

**II.1.2 La conductivité électrique :**

Le miel contient des minéraux et des acides ionisables qui peuvent conduire le courant électrique. Cette propriété est caractérisée par la conductivité électrique. Elle est le paramètre de qualité du miel le plus important, et un excellent indicateur de l'origine botanique du miel, qui est très largement utilisé dans le contrôle de routine du miel. Cette mesure nécessitant seulement instrumentation peu coûteuse, c'est une méthode très facile et rapide.

Ce paramètre a été inclus à partir de l'année 2000 dans les nouvelles normes internationales du Codex Alimentaires et de l'Union européenne, en remplacement de la de la teneur en cendres.

La valeur de CE est considéré comme l'un des meilleurs paramètres pour la différenciation entre les miels de différents origines florales (**Terrab et al., 2004**). Les miels ayant une CE inférieure à 0,8 mS/cm, sont des miels issus de nectar, tandis que ceux qui sont issus de miellats ont des valeurs supérieures à 0,8 mS/cm. Donc la CE est plus élevés, dépend de la teneur en minéraux, protéines et autres substances ionisables de ces miels (**Ouchemoukh, 2012**).

### II.1.3 Le pouvoir rotatoire :

Le pouvoir rotatoire est la caractéristique optique que possèdent les sucres de dévier le plan de la lumière polarisée.

Tous les miels de nectar possèdent un pouvoir rotatoire négatif « Lévoogyres » alors que c'est l'inverse pour les miels de miellat qui sont « dextrogyres ». Cette propriété est très utilisée pour la détermination de l'origine botanique du miel (**Bourbia, 2020**).

### II.1.4 Chaleur spécifique :

Avec la conductibilité thermique la chaleur spécifique est de la plus grande importance pour la résolution des problèmes de chauffage du miel.

La chaleur spécifique d'un corps est la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'une unité de poids du corps (**Louveaux, 1959**).

### II.1.5 Solubilité :

Le miel est soluble dans l'eau et l'alcool dilué, mais insoluble dans l'alcool fort, l'éther, le chloroforme et le benzène (**Rossant, 2011**).

### II.1.6 Le pH et l'acidité :

Le miel est naturellement acide, varie entre 3,2 et 5,5 indépendamment de son origine géographique, qui peut être due à la présence des acides organiques, L'acide principal est l'acide gluconique, qui contribuent à sa saveur et sa stabilité contre la détérioration microbienne. Le pH des échantillons du miel est important au cours du processus d'extraction, car il affecte la texture, la stabilité et la durée de vie (**Homrani, 2020**).

Selon **Bogdanov, (1999)**, L'acidité est un critère de qualité important, dont certains sont libre et d'autres combinés sous forme de lactones.

### II.1.7 HMF :

La dégradation des fructoses, en présence d'un acide, peut amener à la formation d'un dérivé hétérocyclique à fonction carbonylée qui est l'Hydroxyméthyl-5-furfural ou HMF. Les miels frais, récoltés après la miellée et provenant de climats tempérés, ne contiennent aucune ou seulement des traces d'HMF (le plus souvent en dessous de 3 mg/kg). Pendant le stockage, l'HMF se forme plus ou moins rapidement à partir du sucre sous l'influence des acides et en fonction de la valeur pH et de la température du miel (Tableau 5). Dans le cas d'un stockage normal sous nos latitudes, les valeurs HMF enregistrent annuellement une augmentation d'environ 5 à 10 mg/par kg. Dans le cas d'un stockage au chaud et lors de la fonte à des températures plus élevées (50 à 70°C), la teneur en HMF augmente plus rapidement (**Bogdanov et al., 2003**). Donc la teneur en HMF est un facteur le plus fiable pour l'évaluation la qualité du miel.

**Tableau 5 : Durée nécessaire pour la formation de 40 mg HMF/kg de miel en fonction de la température de stockage (Bogdanov et al., 2003).**

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

### II.1.8 Activité de l'invertase :

Intervient dans l'hydrolyse du saccharose en glucose et fructose. L'invertase ou saccharase est aussi une enzyme digestive de l'abeille (Homrani, 2020), est particulièrement sensible à la chaleur et aux dommages de stockage et est utilisée comme fraîcheur indicateur. Bien que, comme la diastase du miel, l'activité de l'invertase ait une grande variation naturelle, son utilisation a fait ses preuves dans le contrôle de la qualité du miel (**Bogdanov et al., 1999**).

### II.1.9 Activité de diastase :

La diastase est une enzyme naturellement présente dans le miel. L'activité de la diastase constitue l'outil de mesure des activités combinées des deux enzymes ( $\alpha$ -amylase et  $\beta$ -amylase) qui provoquent la dégradation de l'amidon, sécrétées par les sécrétions salivaires des abeilles. Elle est un facteur de qualité, influence par le stockage et le chauffage du miel et donc un indicateur de fraîcheur et de surchauffe du miel (**Lavie et Gonnet, 1970**).

### II.1.10 La Proline :

La proline, le principale acide aminé du miel, est un critère de maturité du miel, provient surtout des sécrétions salivaires des abeilles durant la conversion du nectar en miel (**Amri et Ladjama, 2013**).

## II.2 Les propriétés organoleptiques :

### II.2.1 La Couleur :

Est une caractéristique sensorielle importante des miels, elle varie en fonction de l'origine florale, géographique et la composition. Les miels ont des multiples couleurs, On peut trouver des miels limpides comme l'eau, miel jaunes, ambres, verdâtres rougeâtres, et certains presque noir. A l'exception du violet et du bleu la couleur du miel varie à l'infinie (**Hoyet, 2005**).

Selon **Blanc, (2010)**, la couleur est l'un des critères essentiels de classification des miels notamment d'un point de vue commercial. Plus il est clair, moins il est riche en minéraux est inversement.

### II.2.2 Goût et arômes :

Le miel présente une grande variété de saveurs et d'arômes différents, varient et dépendent de l'origine florale.

Le centre apicole de recherche et d'information (CARI) a réalisé une roue des odeurs et des arômes (Figure 14), qui permet de décrire les différentes sensations perçues lors de la dégustation d'un miel.

Le miel clair a une saveur plus délicate, contrairement aux miels foncés qui ont un goût prononcé (**Bradbear, 2005**).



**Figure 14 : La roue des odeurs et des arômes(Benlhachmi,2019).**

### II.2.3 Texture et aspect :

Selon le mode de stockage et le degré de cristallisation, le miel peut avoir de nombreux aspects : liquide, cristallisé, dur, souple et même pâteux.

La cristallisation du miel est cependant un phénomène naturel qui se produit pendant son stockage, le taux et la vitesse de cristallisation va varier selon de nombreux facteurs, parmi lesquels l'origine botanique, la quantité de glucose, de fructose et d'eau, la température de conservation, la viscosité et le niveau de sursaturation en glucose (**Tappi et al., 2019**).

D'après **white et al (1962)**, l'aptitude à se cristalliser d'un miel est en fonction du rapport glucose /eau, la cristallisation est nulle ou très lente lorsque l'indice est inférieur à 1,6, et il est rapide et totale lorsque l'indice dépasse 20.

### II.3 Les propriétés thérapeutiques :

Le miel est utilisé depuis l'Antiquité en médecine traditionnelle et retrouve également en médecine moderne, il a été considéré comme un agent de prévention de nombreuses maladies, et souvent il est considéré comme un « alicament », c'est-à-dire un aliment à qui on prête des vertus médicales. En effet, il est crédité de nombreuses propriétés thérapeutiques et pharmacologiques que nous tenterons de découvrir (**Rossant, 2011**).

#### II.3.1 L'action nutritionnelle :

La composition du miel étant principalement constituée de sucres, d'où l'importance majeure de son apport énergétique. Aussi, par sa richesse non négligeable en vitamines, sels minéraux, oligoéléments mais aussi d'autres micronutriments, cet élément constitue une source nutritionnelle et sanitaire importante (**Ajibola, 2012**).

Sur le plan nutritionnel, 1 cuillère à soupe de miel (21 grammes) contient 64 calories et 17 grammes de sucre (**Healthline, 2020**).

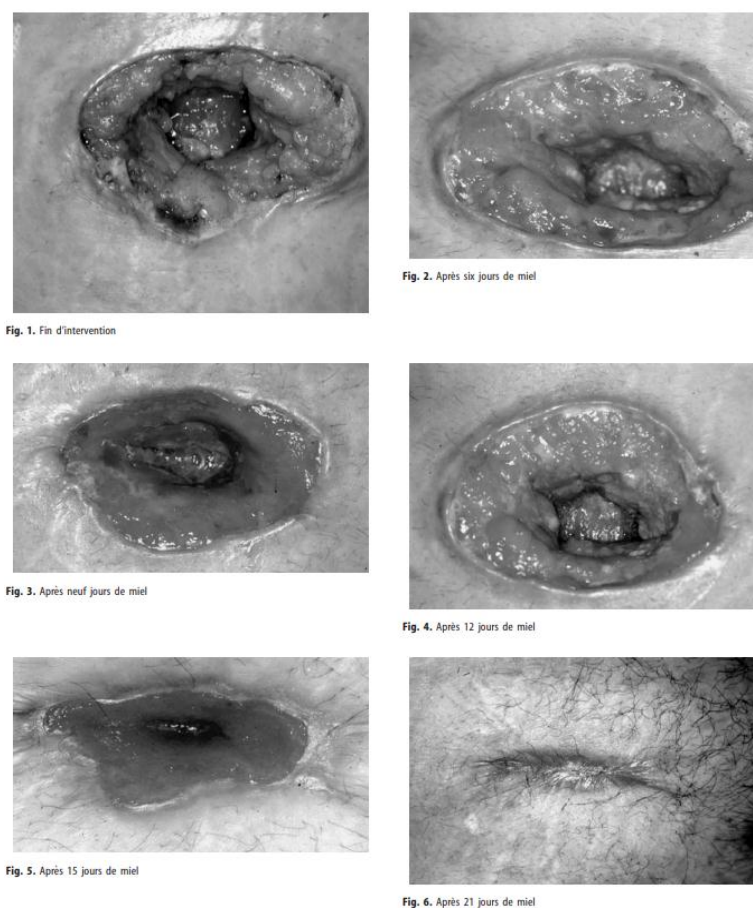
#### II.3.2 L'activité cicatrisante :

Le miel possède une activité cicatrisante connue depuis l'antiquité qui se manifeste par une accélération de la guérison, une diminution du risque d'infection, une diminution de la douleur et une amélioration de l'aspect de la cicatrice finale (**Couquet et al., 2013**).

Lors de la dégradation du glucose (du miel) en présence d'eau et d'oxygène par la gluco-oxydase, il y a formation d'acide gluconique et d'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ), au contact des tissus et du sang, elle se décompose en eau et en oxygène ( $H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$ ), ce qui crée une « micro-effervescence » et un nettoyage mécanique de la plaie (déterSION). De plus, le peroxyde d'hydrogène stimule notamment la croissance des fibroblastes et des cellules épithéliales qui vont participer à la réparation tissulaire.

L'application de miel sur la plaie génère, grâce à ses propriétés hygroscopiques, un milieu humide favorable à l'ensemble des étapes du processus de cicatrisation. Ainsi, le miel induit la synthèse de collagène en activant vraisemblablement le 'Transforming Growth Factor- $\beta$ 1' (qui présente un puissant pouvoir réparateur) (**Rossant, 2011**).

Enfin, d'autres éléments peuvent expliquer l'action cicatrisante du miel tel que son effet immunomodulateur qui augmente la génération de cytokines pro-inflammatoires (TNF- $\alpha$ , IL1, IL6, PGE2) (Figure 15)(Lee DS et al.,2011).



**Figure 15 : Traitement de plaies par le miel**

### II.3.3 L'activité immunostimulante :

Le miel permet de combattre l'infection en stimulant le système immunitaire. Il a été rapporté que le miel stimule la multiplication des lymphocytes T et des lymphocytes B en culture, il active aussi les polynucléaires neutrophiles. Il a également été rapporté que la stimulation des monocytes en culture libère les cytokines TNF- $\alpha$ , interleukine IL-1 et IL-6 impliquées comme messagers cellulaires activant la réponse immunitaire face à l'infection. (Balas, 2015).

### II.3.4 L'activité anti-oxydante :

Le terme stress oxydatif décrit le déséquilibre entre la production des radicaux libres et l'activité anti-oxydante dans un organisme. Le stress oxydatif joue un rôle significatif dans l'apparition de plusieurs maladies (Hoyet, 2005).

L'activité antioxydante du miel est due les enzymes tels que la catalase et la peroxydase, les composés phénoliques, les flavonoïdes, les acides organiques comme l'acide ascorbique et des acides aminés comme la proline (**Maameri, 2014**).

Les flavonoïdes interagissent dans la neutralisation des radicaux libres du corps, permettant ainsi de prévenir l'apparition des maladies cardiovasculaires, de certains cancers. La quantité et le type de flavonoïdes trouvés dans le miel varient selon la source florale (**Hoyet,2005**).

### II.3.5 L'activité anti-inflammatoire :

Selon Abuharfeil (1999), le miel accélère la production et la prolifération des lymphocytes B et T, ainsi que l'activation des phagocytes gardiens immunitaire de notre organisme. L'inflammation peut devenir délétère, et empêche la guérison lorsque elle est excessive, surtout avec la production des radicaux libre dans les tissus. Les antioxydants présent dans le miel n'agissent pas directement sur l'inflammation mais ils éliminent les radicaux libres et évitent leurs effets néfastes, l'application du miel sur les plaies produit la diminution de l'inflammation avec production de l'œdème et l'exsudat et permet d'atténuer la douleur (**Derrar et Tazerout, 2020**).

### II.3.6 L'activité antibactérienne :

Le miel à des propriétés antibactériennes connues depuis plus d'un siècle, les variations dans le type et le niveau de l'activité antimicrobienne du miel sont associés à leur origine florale, l'emplacement géographique de la source florale (**Hamitouche et Landri, 2020**).

L'osmolarité, l'acidité, les inhibines non-peroxydes, et la défensine-1, sont les facteurs antibactériens du miel. Le principal facteur puissant étant le peroxyde d'hydrogène ou l'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) provenant de l'oxydation du glucose en acide gluconique sous l'action de l'enzyme glucose-oxydase sécrétée par les glandes hypopharyngiennes des abeilles, qui inhibent la croissance bactérienne (**Djaafari et Boukedjar, 2018**).

# ***Partie expérimentale***



# **Matériels et méthodes**

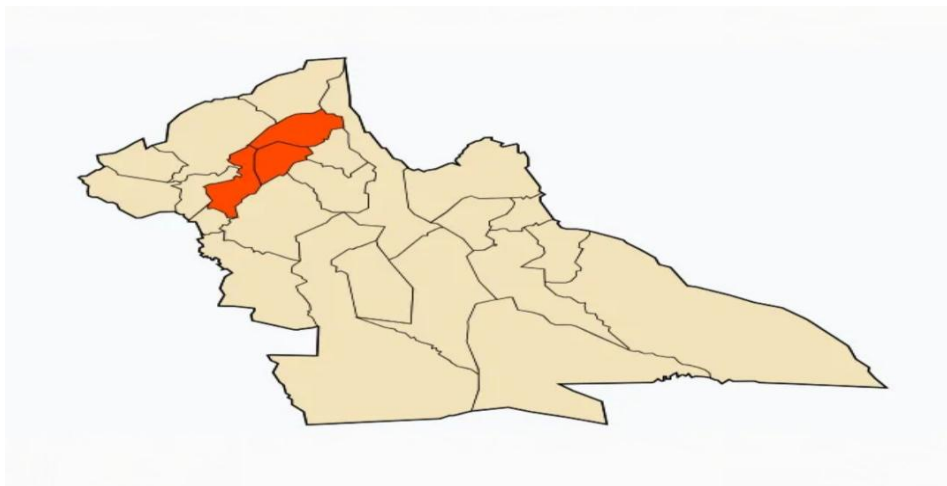
**I. Matériels et méthodes :**

**I.1 Présentation de la région d'étude :**

Aflou est une daïra, de la wilaya de Laghouat dans l'ouest de l'Algérie. Deuxième ville la plus peuplée de la wilaya, sa géographie équidistante entre les localités de Tiaret, Djelfa, Laghouat et El Bayadh, renforce son attractivité pour le développement local. Culminant à 1400m, la ville est l'une des plus élevées du pays.

Surnommée capitale du djebel Amour, le mieux arrosé des massifs de l'Atlas saharien, son abondante pluviométrie et son altitude élevée produisent une herbe abondante favorable au pâturage, favorisant l'élevage familial extensif.

Aflou considérée comme l'une des villes les plus froides de l'Algérie, appelée parfois la Sibérie de l'Algérie, caractérisée en été courts, chaud, sec et dégagé dans l'ensemble et les hivers sont long, très froid, neige, venteux et partiellement nuageux (figure 16).



**Figure 16 : Situation géographique de la commune d'Aflou.**

**I.2 Lieu de l'étude :**

La partie expérimentale portant sur les analyses physico-chimiques et polliniques et organoleptiques des échantillons de miel, a été réalisée à l'université Amar Thelidji de Laghouat au niveau de laboratoire de la faculté des sciences biologiques.

**I.3 Échantillonnage :**

Douze échantillons de miel sont obtenus auprès de plusieurs apiculteurs de régions d'Aflou.

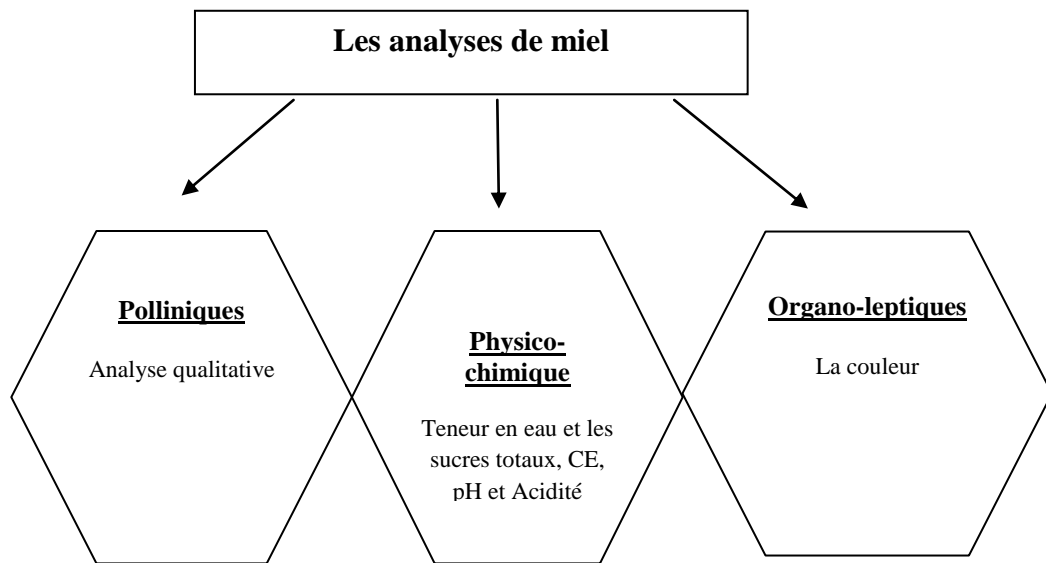
Le tableau suivant (Tableau 6) donne le codage utilisé pour ces différents échantillons, leur origine florale, l'année et le lieu de récolte.

**Tableau 6 : les échantillons de miel étudiés.**

| <b>Échantillons</b> | <b>Région</b> | <b>Origine florale</b> | <b>Date de récolte</b> | <b>Apiculteur</b> |
|---------------------|---------------|------------------------|------------------------|-------------------|
| <b>A 01</b>         | Taouiala      | Tamarix                | Juillet 2022           | Frahtiya.A        |
| <b>A 02</b>         | Sebgag        | Euphorbia              | été 2022               | Sebgaghi.A        |
| <b>A 03</b>         | El- Haoud     | Erica vesicaria        | été 2022               | Sebgaghi.A        |
| <b>A 04</b>         | Oued Morra    | Peganum harmala        | été 2022               | Chanoufi.M        |
| <b>A 05</b>         | Sebgag        | Toutes fleurs          | été 2022               | /                 |
| <b>A 06</b>         | Taouiala      | Erica Vesicaria        | été 2022               | /                 |
| <b>A 07</b>         | Taouiala      | Citrus SP              | été 2022               | /                 |
| <b>A 08</b>         | Aflou         | Erica Vesicaria        | été 2022               | Chanoufi.M        |
| <b>A 09</b>         | Brida         | Euphorbia              | été 2022               | /                 |
| <b>A 10</b>         | El-Ghaicha    | Euphorbia              | janvier 2023           | /                 |
| <b>A 11</b>         | Brida         | Toutes fleurs          | été 2022               | Elbaya.M          |
| <b>A 12</b>         | Taouiala      | Inconnu                | été 2022               | /                 |

**I.4 Déroulement de l'étude :**

On a réalisés trois types d'analyses (Figures 17), pour chaque paramètre ont été effectuées deux répétitions, afin obtenue les résultats les plus appropriés.



**Figure 17 : Protocole expérimental des analyses de miel.**

**I.5 Les matériels utilisés dans les analyses :**

Tous les appareillages, utilisés dans l'analyse de l'échantillon du miel sont résumés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 7 : les appareils utilisés et leur fonction.**

| <b>Appareil</b>                                    | <b>Fonction</b>                                      |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Agitateurs magnétiques/ Plaques chauffantes</b> | Agitation magnétique et chauffage                    |
| <b>Balance de précision</b>                        | Pesée précise                                        |
| <b>Centrifugeuse</b>                               | Centrifugation à haute vitesse                       |
| <b>Conductimètre</b>                               | Mesure de la conductivité électrique                 |
| <b>Etuve</b>                                       | Chauffage de miel                                    |
| <b>Hotte à flux laminaire verticale</b>            | La protection                                        |
| <b>Microscope optique</b>                          | Observation les grains de pollen                     |
| <b>pH-mètre</b>                                    | Mesure du pH                                         |
| <b>Refractomètre à miel (de type Abbé)</b>         | Mesure de l'humidité du miel, degré de Brix          |
| <b>Spectrophotomètre UV-Visible</b>                | Mesure des densités optiques à des longueurs d'ondes |
| <b>Thermomètre</b>                                 | Mesure de la température                             |
| <b>Vortex</b>                                      | Mélange et homogénéisation des différentes solutions |

**I.6 Analyse pollinique qualitative :**

Les caractéristiques méliissopalynologiques qualitatives, ont pour but d'identifier et de dénombrer tous les types morphologiques de pollens présents dans les échantillons de miels. L'extraction et l'analyse spectres polliniques ont été réalisées par, la méthode établie par la

Commission internationale de Botanique apicole, décrite par **Louveaux et al., (1978)**. Cette analyse s'effectue selon le protocole suivant (Figure 18) :

- Des petites quantités de l'échantillon du miel sont dissoutes dans l'eau distillée, ensuite on le met dans des tubes à essais.
- À l'aide d'un vortex, on agite les échantillons.
- Après, une centrifugation à 3500 tours pendant 30 min.
- Puis le surnageant est éliminé et la moitié de tube est remplie d'eau distillée, et on agite par un vortex.
- Une deuxième centrifugation à 3500 tours pendant 15 min.
- Par une micropipette, on enlève le surnageant sauf les dernières gouttes, qui vont être agitées avec le culot par un vortex.
- Deux gouttes ont été étalées sur des lames en verre, puis sèche sur une plaque chauffante.
- On recouvre les gouttes par des lamelles étalées de glycérine gélifiée.
- Enfin, on utilise un microscope optique pour identifier les différents grains de pollen.



**Figure 18 : L'analyse pollinique qualitative de miel.**

**I.7 Analyses physico-chimiques :**

Diverses analyses physico-chimiques sont effectuées sur les douze échantillons de miel, (L'indice de réfraction et les sucres totaux, la conductivité électrique, pH et acidité libre, combiné et total).

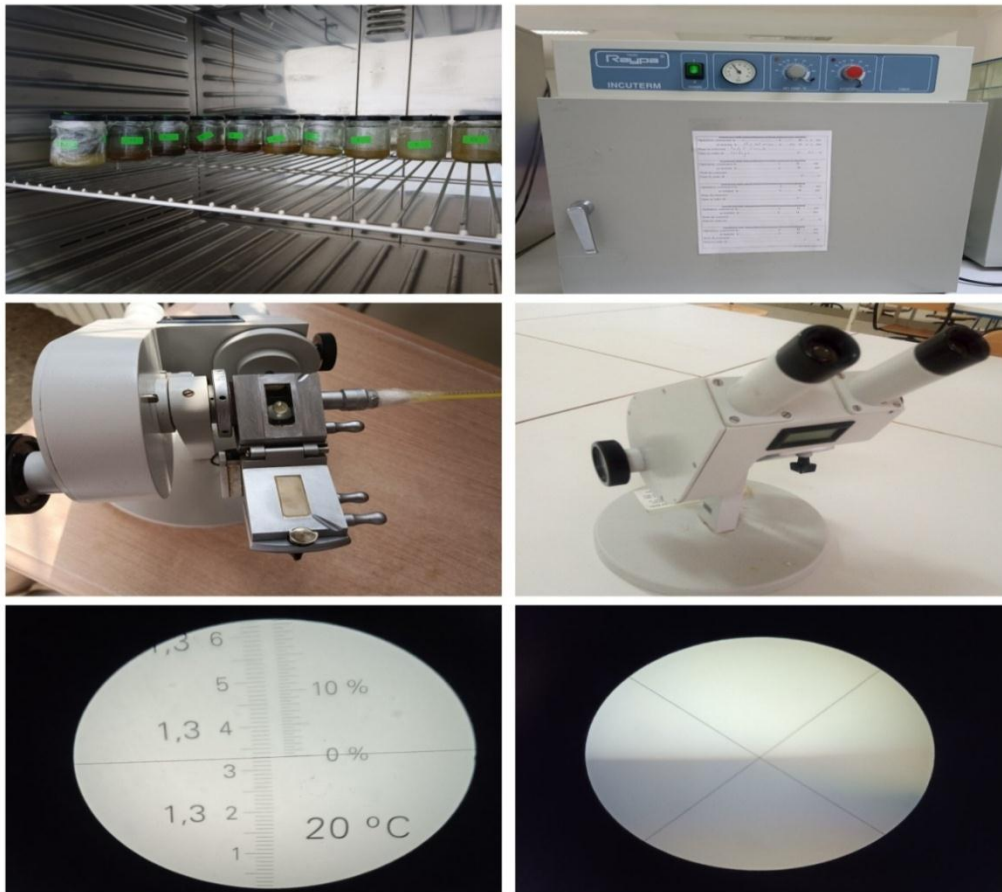
**I.7.1 L'indice de réfraction et l'humidité :**

Exprimé en %, est un paramètre de qualité important, qui détermine à partir de l'indice de réfraction à 20°C, à l'aide d'un réfractomètre de type Abbé, qui varie en fonction de la concentration en matière sèche du produit à analyser (miel), et de la température (Figure 19) (Louveaux, 1985).

**Mode opératoire :**

- Des petites quantités de l'échantillon du miel sont placée dans un flacon fermé, ensuite on le met dans l'étuve à 45 °C jusqu'à sa liquéfaction et homogénéisation et la dissolution des sucres.
- Nettoyer et sécher le prisme du réfractomètre, étalonnage avec l'eau distillée pour réglé le réfractomètre à zéro.
- Après refroidissement à une température ambiante, et à l'aide d'une spatule, une goutte de miel a été déposée sur la platine du prisme du réfractomètre 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. Cette ligne coupe une échelle verticale graduée directement en pourcentage d'humidité dans le miel.
- Si la mesure est effectuée à une température différente de 20°C, la lecture doit être corrigée, pour ramener l'indice de réfraction à zéro. Le coefficient de correction est de 0,00023 par degré Celsius. La correction est additive, si la mesure est faite au-dessus de 20°C et soustractive dans le cas contraire.

La table de CHATAWAY revue et corrigé par white, donne les valeurs de la teneur en eau en fonction de l'indice de réfraction (Annexe I).



**Figure 19 : La mesure de l'indice de réfraction.**

### **I.7.2 Les sucres totaux :**

Grâce à la méthode de réfractométrie, nous pouvons évaluer le taux de solides solubles en pourcentage. La lecture est faite sur l'échelle qui indique la teneur en solides soluble ou « Degré Brix » qui se trouve en parallèle avec l'échelle de l'indice de réfraction. Le degré Brix indique la quantité de sucre en gramme contenue dans 100 g de miel (Figure 19).

### **I.7.3 Conductivité électrique :**

C'est la mesure à 20°C de la conductivité électrique prise dans une solution aqueuse de miel, à l'aide d'un conductimètre (AOAC, Habati 2018).

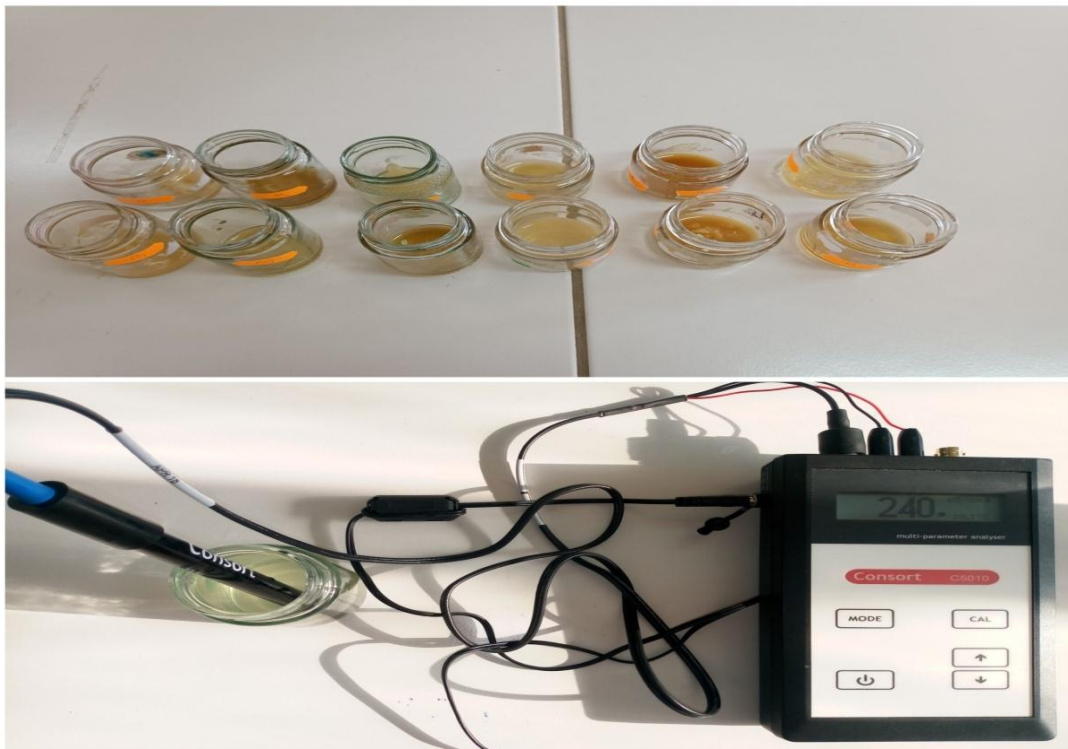
Selon la **Commission internationale du miel (2009)**, la détermination de la conductivité électrique est basée sur la mesure de la résistance électrique, dont la conductivité électrique est réciproque et elle est mesurée en utilisant une cellule de conductivité électrique pour une solution de miel à 20% p/v de matière sèche (Figure 20).

**Mode opératoire :**

- Une solution de miel est préparée : on calcule la masse de miel pesée telle que :

$$\text{La masse(g)} = [(5 \times 100) / (100 - d'humidité\%)] = [(5 \times 100) / \text{la matière sèche du miel(g)}]$$

- On dissout la masse de miel pesée dans quelques gouttes d'eau distillée, puis dans une fiole jaugée le volume est complété jusqu'à 25ml.
- Après calibrage du conductimètre, plonger l'électrode dans la solution (lorsque la température est à 20 C°).
- Effectuer la lecture de la valeur qui s'affiche à l'écran. La conductivité du miel est mesurée en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S/cm}$ ).



**Figure 20 : La mesure de la conductivité électrique.**

**I.7.4 pH et acidité :**

La détermination du pH et les trois types d'acidités ont été effectuée à l'aide d'un pH mètre (Figure 21).

**Mode opératoire :****Étalonnage de l'appareil :**

- L'étalonnage de pH mètre s'effectue dès sa première utilisation.
- Pour l'étalonnage en température ou entre une valeur de la température égale à celle de la solution d'étude(en pratique celle de laboratoire).
- Pour l'étalonnage en pH, on utilise des solutions tampons de pH 4 et pH 7.
- Plonger la sonde dans la solution de calibration pH 4 et attendre la stabilisation de la mesure.
- Recommencer l'opération avec la solution de calibration pH 7.

**La mesure du pH et acidités des échantillons :**

- On pèse 10g de miel qu'on va dissoudre dans 75 ml de l'eau distillée.
- Rincer l'électrode à l'eau distillée, puis sécher là avec du papier joseph.
- Plonger l'électrode de pH mètre propre et sèche dans la solution à analyser.
- Attendre la stabilisation de la valeur du pH et note la valeur.
- La solution est ensuite titrée avec la solution de soude (NaOH) à 0,05N (5g de NaOH est dissoute dans un 250 ml l'eau distillée) jusqu'à pH arrive à la valeur de 8,50 et les volumes de NaOH utilisés sont enregistrés.
- Verser immédiatement 10 ml de soude, le déroulement de cette étape ne doit pas dépasse 2min.
- Puis la solution obtenue est dosée en retour avec le chlorure d'hydrogène (HCL) à 0.05 N (2ml de HCl dans un 500ml l'eau distillée), jusqu'à le pH égal 8.30, et note le volume.
- Un essai de blanc a été préparé, une solution de l'eau distillée dosé par NaOH sans le dosage en retour, et le volume de ce dernier est enregistré.
- Pour calculé les déférents types d'acidités, en se basant sur les valeurs de volume de NaOH et HCL :

$$\text{Acidité libre} = \frac{[\text{chute de burette NaOH ml} - \text{volume versé de NaOH ( blanc) ( ml) ] \cdot 50}{\text{prise d'essai (g)}}$$

$$\text{Acidité combinée} = \frac{[10 \text{ ml} - \text{volume versé d'HCL}] \cdot 50}{\text{prise d'essai (g)}}$$

$$\text{Acidité totale} = \text{Acidité libre} + \text{Acidité combinée}$$

- Les résultats sont exprimés en milliéquivalents/kg.



**Figure 21 : La mesure de pH et de l'acidité.**

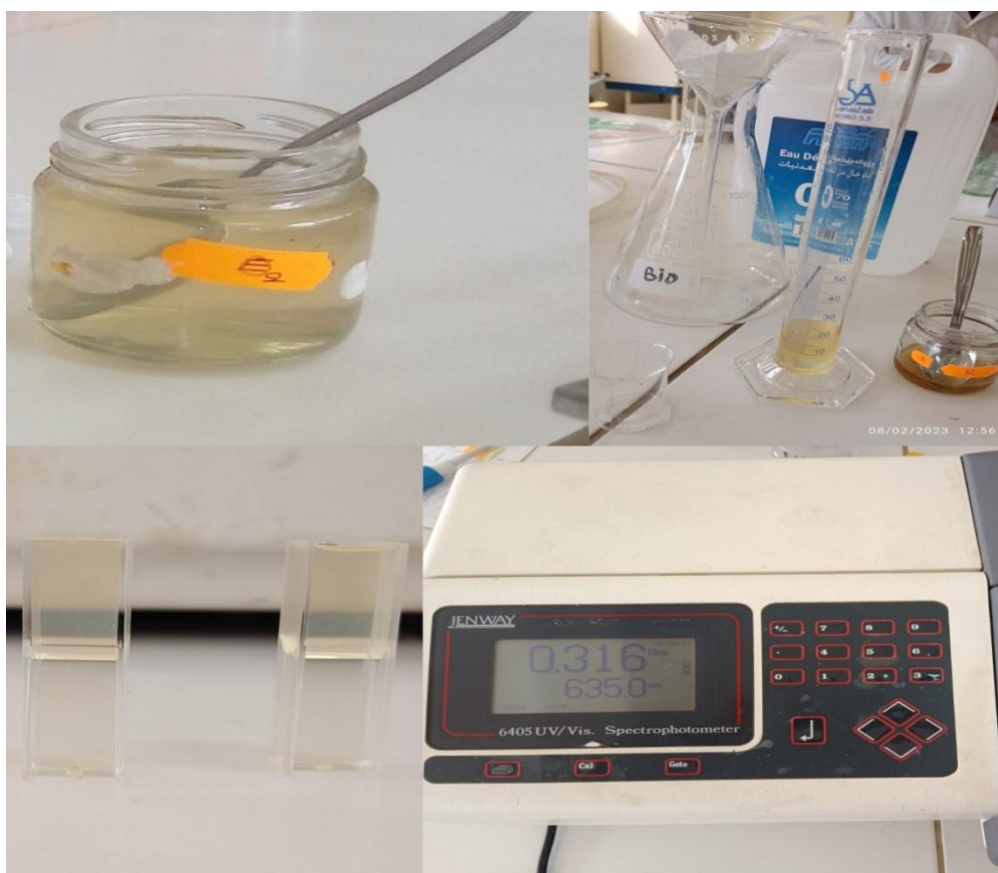
**I.8 Analyse organoleptique :**

**I.8.1 La couleur :**

La coloration est une caractéristique physique importante des miels, car elle est en rapport avec leur origine florale et avec leur composition. Elle est déterminée selon la méthode décrite par **Bath et Singh, (1999)** (Figure 22).

**Mode opératoire :**

- On a dissous 10 g de miel de chaque échantillon dans 20 ml de l'eau distillée.
- A l'aide d'un papier filtre wattman, on a filtré les solutions.
- Verse chaque solution filtrée dans deux cuves.
- La mesure de la couleur est effectuée par spectroscopie, lorsque l'absorbance de l'échantillon est mesurée et que la valeur PFUND est calculée à partir de l'absorbance obtenue à 635nm.



**Figure 22 :L'analyse de la couleur**

- Les indices de Pfund sont calculés par la formule suivante :

$$\text{PFUND (mm)} = -38.7 + 371.39 \times \text{Abs.}$$

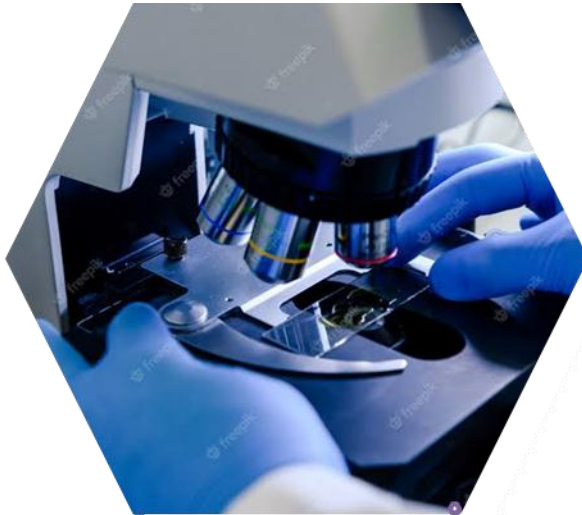
**PFUND (mm)** : Echelle de détection de la couleur en millimètre.

**Abs** : Absorbance lue à 635 nm.

Pour déterminer la couleur de miel on basant sur le tableau ci-dessous (Tableau 8) :

**Tableau 8 : la couleur de miel exprimée en absorbance et en mm Pfund (Naab et al., 2008)**

| <b>La couleur du miel</b> | <b>Absorbance</b> | <b>mm Pfund</b> |
|---------------------------|-------------------|-----------------|
| <b>Blanc d'eau</b>        | 0.104 – 0.125     | 0-8             |
| <b>Extra blanc</b>        | 0.125 – 0.148     | 8-16.5          |
| <b>Blanc</b>              | 0.148 – 0.195     | 16.5-34         |
| <b>Ambré extra clair</b>  | 0.195 – 0.238     | 34-50           |
| <b>Ambré clair</b>        | 0.238 - 0.333     | 50-85           |
| <b>Ambré</b>              | 0.333 - 0.411     | 85-114          |
| <b>Foncé</b>              | >0.411            | >114            |



# **Résultats et discussion**

## II. Résultats et discussion

### II.1 Analyse pollinique qualitative :

L'analyse pollinique qualitative de miel permet de déterminer les grains de pollen, et des composants de miel présents dans le sédiment de celui-ci, et de confirmer l'appellation des échantillons, et de les classer en miel monofloraux et polyfloraux. Il s'agit là d'un instrument efficace pour découvrir l'origine botanique et géographique (**Bogdanov et al., 2004**).

La détermination de l'origine botanique du miel, a pour objectif d'apprécier la proportion des différentes plantes dans le miel (**Bogdanov et al., 2004**).

Les résultats de l'analyse pollinique qualitative sont regroupés dans le tableau 9:

**Tableau 9 : l'origine botanique des échantillons de miel étudiés.**

| Échantillon | Appellation initiale (avant l'analyse) | Appellation finale (après l'analyse) |
|-------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| A2          | <i>Euphorbia sp</i>                    | Toutes fleurs                        |
| A3          | <i>Erica vesicaria</i>                 |                                      |
| A4          | <i>Peganum harmala</i>                 |                                      |
| A5          | Toutes fleurs                          |                                      |
| A8          | <i>Erica Vesicaria</i>                 |                                      |
| A9          | <i>Euphorbia</i>                       |                                      |
| A10         | <i>Euphorbia</i>                       |                                      |
| A11         | Toutes fleurs                          |                                      |
| A12         | Inconnu                                |                                      |
| A1          | <i>Tamarix sp.</i>                     |                                      |
| A6          | <i>Erica Vesicaria</i>                 | <i>Erica Vesicaria</i>               |
| A7          | <i>Citrus sp.</i>                      | <i>Citrus sp.</i>                    |

Dans cette étude, en comparant les données des origines florales obtenues après analyse pollinique avec celles annoncées par les apiculteurs, il est constaté que, 5 échantillons (Équivalent de 33.33 %), des miels correspondent aux appellations citées, alors que les

autres échantillons (équivalent de 66.67% ), présentent des origines botaniques différent aux ceux indiqués par les apiculteurs.

Sur les 12 échantillons de miels analysés, 3 ont été caractérisés comme des miels monofloraux (A1, A6, A7), et 9 échantillons de miel polyfloral (Annexe II). Les miels monofloraux sont répartis en trois variétés : *Tamarix sp*, *Erica vesicaria* et *Citrus sp*, avec une fréquence de leurs grains de pollens dans les échantillons de 96.11%, 77.6% et 17.05% respectivement.

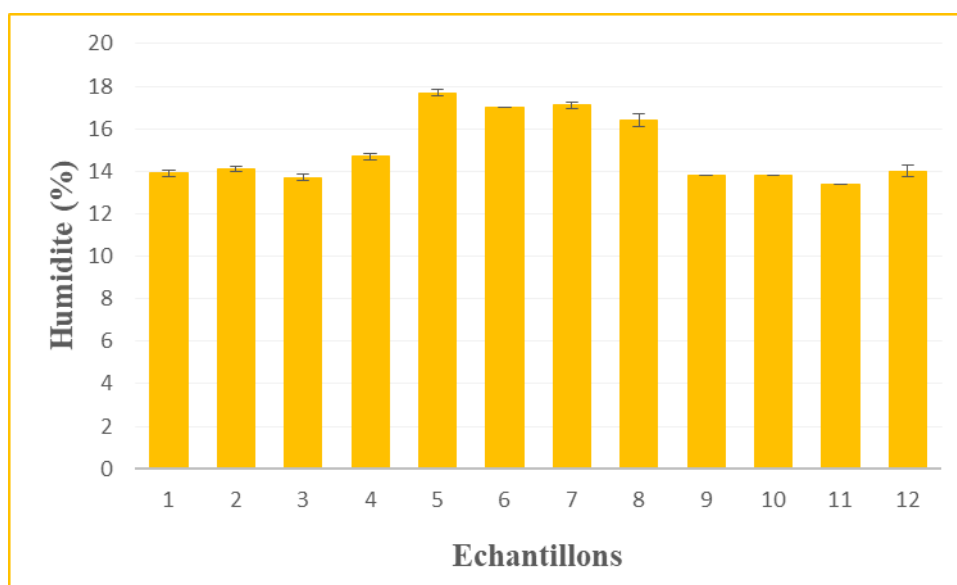
Dans une étude réalisé par **Hadjadj (2017)**, 16,67% seulement des 12 échantillons des miels étudiés sont monofloraux, et 83.33% comme des miels multi floraux.

L'analyse pollinique des miels ou la méliissopalynologie, à rendre de nombreux services comme la confirmation ou l'infirmité des dénominations florales établies par les apiculteurs, Ce qui révèle l'importance des analyses pollinique dans le contrôle de la qualité du miel et la répression des fraudes.

## II.2 Analyses physico-chimiques :

### II.2.1 La teneur en eau :

La teneur en eau des différents miels analyses dans notre étude expérimentale sont présentes dans la figure (Figure 23).



**Figure 23 : Teneur en eau de différents échantillons de miel étudiés**

On note que, la teneur en eau des miels analysés variée entre  $13.4 \pm 0\%$  et  $17.7 \pm 0,01\%$ , avec une moyenne de  $15\%$ . La valeur maximale est présentée par l'échantillon (A5) tandis que, la valeur minimale est présentée par l'échantillon (A11).

Ces valeurs se situent bien dans l'intervalle préconise par la norme européennes, et par le **Codex Alimentarius (2001)**, qui ne dépasse pas  $21\%$ .

Nous constatons que, ces valeurs obtenus sont identiques à ceux qui signalent par **Amari, (2010)**, ou elle a trouvé des résultats varient entre  $13.69\%$  à  $17.84\%$ , sur 72 échantillons des miels de différentes régions en Algérie, et presque similaires dans l'étude de **Bounsiar et Chaouche, (2018)** thèse algérienne, qui se trouve des valeurs comprises  $14\%$  et  $16\%$ . **Doukani et al., (2014)**, en analysant quelques types du miel récoltés dans différentes régions d'Algérie, (Tiaret, Relizane, Mostaganem, Béchar et Chlef) révèle que la teneur en eau des échantillons étudiés est entre  $13,4\%$  et  $17,2\%$ .

La teneur en eau est un paramètre de qualité important, lie au degré de maturité et surtout pour de sa durée de vie. Généralement, une quantité d'eau élevée, provoque la fermentation de miel, la perte de saveur et la perte de sa qualité (**Belhadj et al., 2015**).

Au-dessus de  $20\%$  d'eau, la fermentation intervient à peu près fatalement, dès que la température est favorable au développement des levures osmotolerantes (**Saxena et al. 2010**). Ces levures conduisant à la formation de l'alcool éthylique et du dioxyde de carbone. L'alcool peut être ensuite oxydé en acide acétique et de l'eau, avec formation d'écume, odeur piquante et goût amer (**Cherife et al., 2006**).

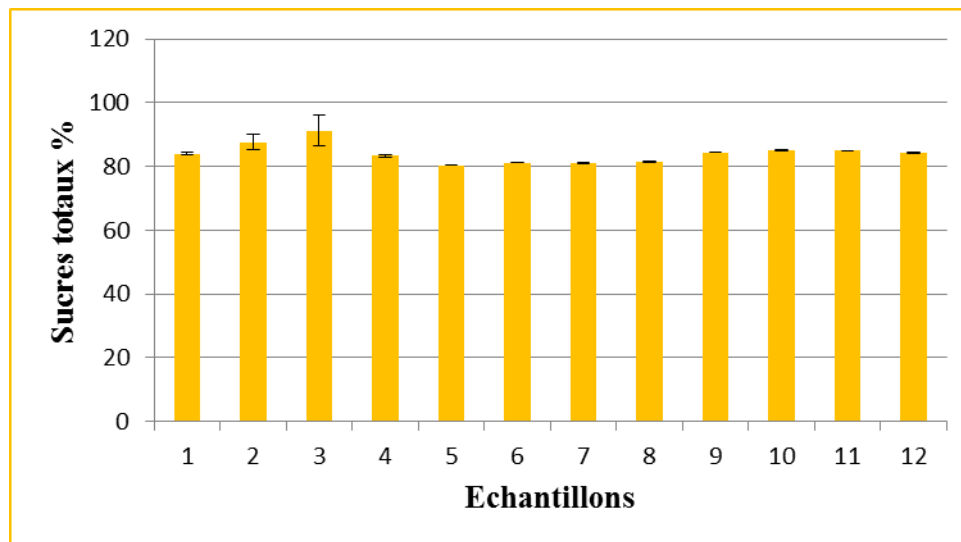
Au-dessous de  $15\%$  d'eau, la fermentation n'intervient jamais. Seuls les miels dont la teneur en eau est inférieure à  $18\%$  sont bons à conserver. C'est le cas de nos (**Gonnet et Vache, 1985**).

La cristallisation des miels est directement liée à quelques paramètres sensibles, tels que la teneur en eau (**Manikis et Thrasyvoulou, 2001**).

Ces variations peuvent être due à l'origine florale, à la méthode de récolte, et aux conditions environnementales (**Ouchemoukh, 2012**).

### II.2.2 La teneur en sucre :

La teneur en sucre des différents miels analysés dans notre étude expérimentale sont présentes dans la figure (Figure 24).



**Figure 24 : Teneur en sucre de différents échantillons de miel étudiés.**

On note que, la teneur en sucre des miels analysés variée entre  $80.5 \pm 0.1\%$  et  $87.8 \pm 4.8\%$ , avec une moyenne de  $83.6 \pm 2.2\%$ . La valeur maximale est présentée par l'échantillon (A3) tandis que, la valeur minimale est présentée par l'échantillon (A5).

Nous constatons que, ces valeurs obtenus sont presque identiques à ceux qui signalent par **Bakchiche et al., (2018)**, sur quatre échantillons de miel dans la région de Laghouat, qui obtient des valeurs varié entre  $81.45 \pm 0.44\%$  et  $85.89 \pm 0.77\%$ . Par contre, nos résultats sont élevés par rapport à ceux obtenues par **Silva et al., (2009)**, sur les miels portugais ( $79 - 82,2\%$ ), **Karaman et al., (2011)** ( $76 - 81,5\%$ ), et **Anupama et al., (2003)** ( $75,3 - 79,8\%$ ) sur les miels turques.

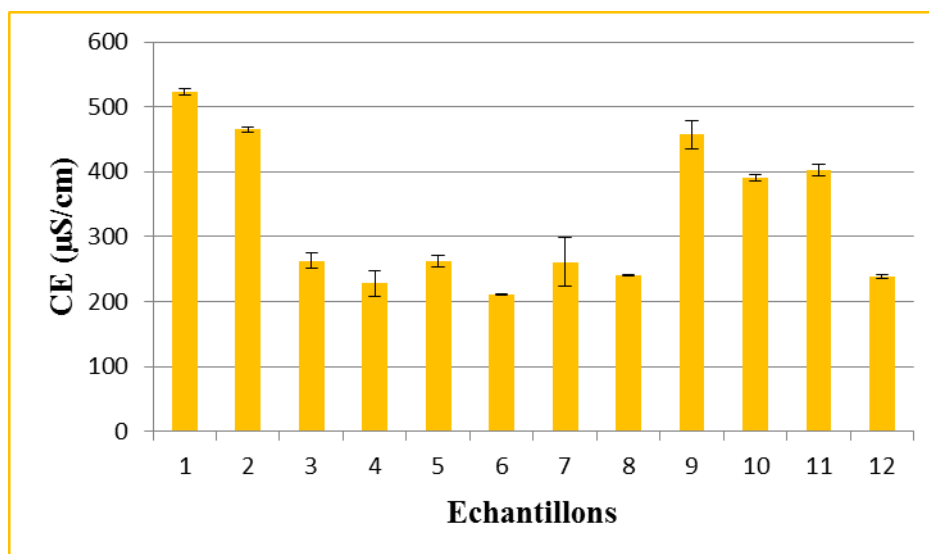
La teneur en sucre représente un bon critère de qualité, et qui figure dans les normes internationales, il est varié peu d'un miel à un autre. Les sucres du miel influencent son hygroscopie, sa vitesse de cristallisation (**Avisse, 2014**).

L'échantillon multifloral (A5) qui présente le teneur d'humidité le plus élevé, possède la teneur en sucre le plus faible dans nos échantillon, c'est la même remarque signalée par **Zerrouk et al., (2011)**, ou la teneur en eau et la teneur en sucre des miels ont inversement corrélées.

La variation de taux et de composition en sucre du miel, dépend principalement de l'origine botanique du nectar butiné, de l'origine géographique, et est affecté en outre par le climat, et le stockage (Escuredo et al., 2014 ; Tornuket al., 2013).

### II.2.3 La conductivité électrique :

La conductivité électrique des différents miels analysés dans notre étude expérimentale sont présentes dans la figure (Figure 25).



**Figure25 : La conductivité électrique de différents échantillons de miel étudiés.**

On note que, la conductivité électrique des miels analysés varie entre  $211.5 \pm 1 \mu\text{S} / \text{cm}$  à  $523 \pm 6 \mu\text{S} / \text{cm}$ , avec une moyenne de  $328.7 \mu\text{S} / \text{cm}$ . La valeur maximale est présentée par l'échantillon de l'espèce *Tamarix*(A1), tandis que, la valeur minimale est présentée par l'échantillon d'espèce *Erica Vesicaria*(A6).

On remarque que, la CE de nos échantillons est inférieure à  $0.8 \text{ mS/cm}$ , qui sont en accord avec les normes établies par le **Codex Alimentarius (2001)**, qui préconise une valeur seuil fixée à  $<0,8 \text{ mS/cm}$  pour le miel de nectar, et  $>0,8 \text{ mS/cm}$  en ce qui concerne le miellat. Donc On peut dire que nos échantillons de miels étaient issus du nectar.

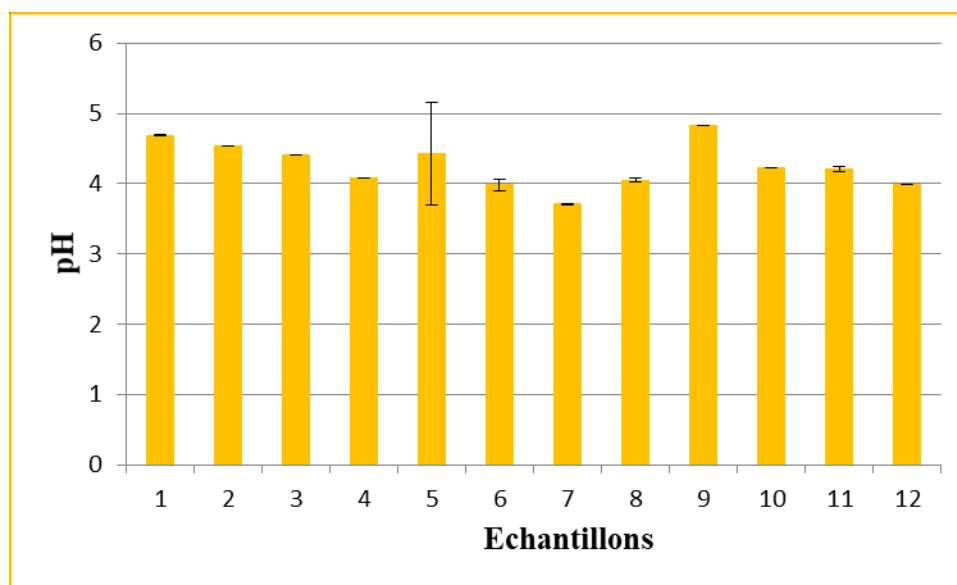
Nous constatons que, ces valeurs obtenues sont similaires à celles signalées par **Yaiche et al. (2014)** sur les miels Algériens, qui ont obtenus des valeurs entre  $240$  à  $560 \mu\text{S/cm}$ , et **Benaziz et Schweitzer, (2010)**, qui obtiennent des résultats entre  $200$  et  $800 \mu\text{S} / \text{cm}$  sur 28 échantillons de miels, des régions du nord de l'Algérie, et **Bettar et al.,(2015)**, qui se trouvent des valeurs comprises entre  $220$  à  $870 \mu\text{S} / \text{cm}$  sur les miels marocains.

La mesure de la conductivité électrique est désignée aujourd'hui comme un paramètre de qualité fiable lors des contrôles de routine, et l'un des facteurs les plus importants pour déterminer les caractéristiques physiques du miel (Serrano et al., 2004). Elle peut être utilisée pour distinguer entre les miels de nectar et ceux du miellat (l'origine botanique) (Karabagias et al. 2014). Une corrélation linéaire est conclue entre la conductivité électrique et la teneur en matières minérales d'un miel (Sancho et al. 1991). Plus elle est élevée, plus la conductivité correspondante est élevée (Bogdanov, 2011).

D'autres facteurs influent également sur la variabilité de la CE, tels que l'acidité, sa composition en protéines, la variabilité de l'origine botanique de ces miels, ainsi que les conditions climatiques de la région de récolte (Fechner et al., 2016).

#### II.2.4 Le pH :

Le pH des différents miels analysés dans notre étude expérimentale sont présentés dans la figure (Figure 26).



**Figure 26 : Le pH de différents échantillons de miel étudiés.**

On note que le pH des miels analysés varie entre  $3.71 \pm 0.01$  et  $4.82 \pm 0.00$  avec une moyenne de 4.26. La valeur maximale est présentée par l'échantillon multifloral (A9) tandis que, la valeur minimale est présentée par l'échantillon monofloral de l'espèce *Citrus sp.*, (A7).

Tous les miels présentent un pH acide, en raison de la présence d'acides organiques, tels que les acides gluconiques, pyruviques, maliques et citriques, et en éléments minéraux, qui peut considérablement varier d'un miel à l'autre (**Ibrahim et al., 2012**).

Selon les apiculteurs et après l'analyse pollinique qualitative, tous les miels ont comme origine le nectar, mais il y a toujours des exceptions telle que l'échantillon toutes fleurs A9, qui donne une valeur de pH supérieur à 4.5, qui Peut-être dû, au Erreurs de manipulation au niveau de laboratoire, Précision du pH mètre, Condition de stockage.

Ces résultats sont en adéquation avec ceux rapportés par **Chakir et al.,(2011)** pour les miels algériens, dont ils sont trouvés des résultats entre 3,72 et 4,85,et l'étude de **Abeslami et al, (2018)** sur quelque type de miel marocain, dont les valeurs de pH obtenues variées de 3.53 à 4.94. **Homrani, (2020)** qui obtiennent des résultats entre  $3,58 \pm 0,01$  à  $4,66 \pm 0,00$ , avec une moyenne de  $4,01 \pm 0, 24$ ,sur 63 échantillons de miels de différentes régions en l'Algérie.

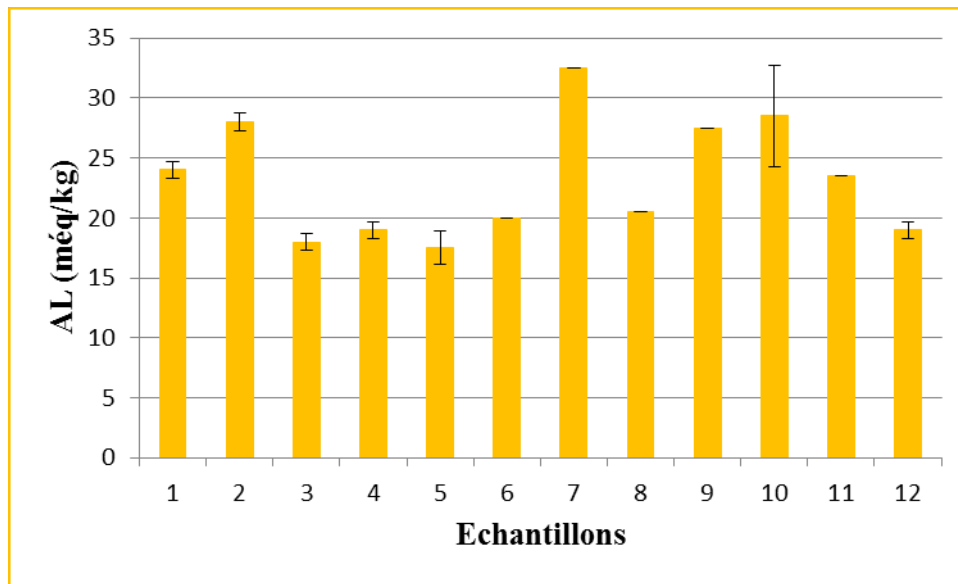
Le pH est l'un de critères de qualités du miel et permet de fournir une bonne indication sur son origine. Il est important au cours du processus d'extraction, car il affecte la texture, la stabilité et la durée de vie (**Abersi et al.,2016**).

Le pH influence fortement la vitesse de dégradation des sucres et des enzymes. Un pH trop élevé, non conforme aux normes, indique une dégradation biochimique suite à de mauvaises conditions de récolte ou de conservation (**Achour et Khalil., 2014**). En outre, une augmentation de l'acidité d'un miel, peut également être un indicateur de la fermentation de ce dernier (**Rebiai et al., 2015 ; Selvaraju et al., 2019**). Du point de vue thérapeutique, les miels à pH bas inhibent mieux la croissance et la prolifération des micro-organismes et donc présentent un meilleur pouvoir antibactérien (**Julika et al., 2019**).

D'autre facteurs influent également sur la variation, tels que l'origine géographique, la sécrétion salivaire de l'abeille et la teneur en minéraux (**El-Metwally, 2015**).

### **II.2.5 L'acidité libre :**

L'acidité libre des différents miels analyses dans notre étude expérimentale sont présentes dans la figure (Figure 27)



**Figure 27 : L'acidité libre (AL) de différents échantillons de miel étudiés.**

On note que, L'acidité libre des miels analysés varie entre  $17,5 \pm 1,4$  et  $32,5 \pm 0,00$  mEq/kg avec une moyenne de 23.2 mEq/kg. La valeur maximale est présentée par l'échantillon monofloral de l'espèce *Citrus sp.*, (A7) tandis que, la valeur minimale est présentée par l'échantillon multifloral (A5).

On remarque que l'acidité libre de nos échantillons, en accord avec les normes établies par le **Codex Alimentarius (2001)**, qui préconise une valeur de 50 mEq/kg. Cela indique l'absence de fermentations indésirables.

Nos résultats sont cohérents avec ceux obtenus par **Boussaid, (2018)**, qui obtient des résultats variaient de 7,11 à 27,70 mEq/kg. Par contre, **Otmani et al., (2019)**, ont trouvé que l'acidité libre de deux échantillons de miel collectés dans le nord de l'Algérie, était plus élevée qui varie entre 37 et 41 mEq/kg.

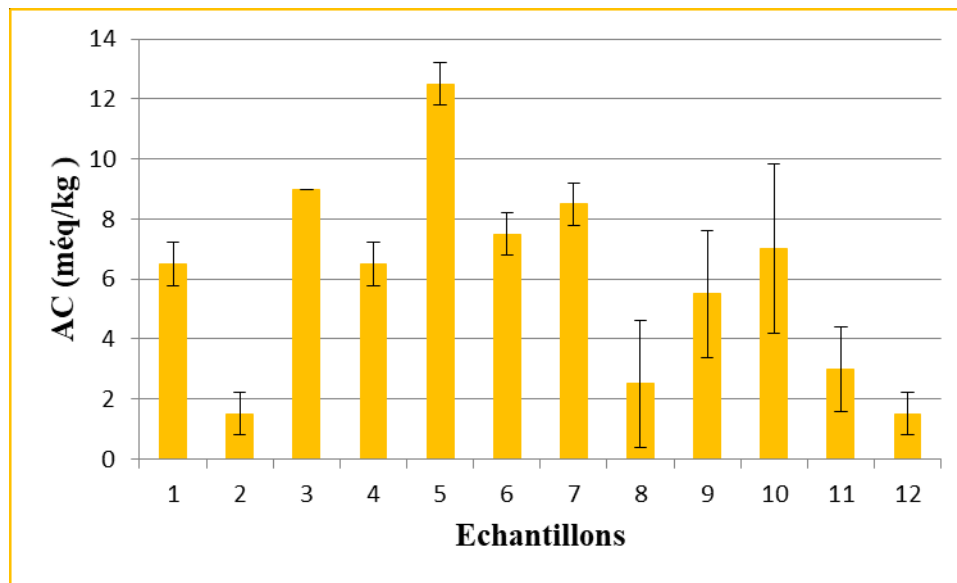
Tous nos miels analysés sont acides. Car le miel contient des acides organiques libres ou combinés sous forme de lactones (**Gonnet, 1982**). Issus pour certains du nectar directement, pour d'autres de réactions enzymatiques et de fermentations (Lequet, 2010).

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

il existe des différences entre les résultats probablement liées à l'environnement géographique, à la flore butinée et au climat (Perez et al., 1995).

### II.2.6 L'acidité combinée :

L'acidité combinée des différents miels analysés dans notre étude expérimentale sont présentes dans la figure (Figure 28).



**Figure 28 : L'acidité combinée (AC) de différents échantillons de miel étudié.**

On note que, l'acidité combinée des miels analysés variée entre  $1.5 \pm 0.7$  mEq/kg et  $12.5 \pm 0.7$  mEq/kg, avec une moyenne 6 mEq/kg. La valeur maximale est présentée par l'échantillon toutes fleurs (A5) tandis que, la valeur minimale est présentée par l'échantillon (A2 et A12).

Nous constatons que ces valeurs obtenus sont identiques à ceux qui signalent par **Benziene et Benkaracha, (2022)**, qui obtient des résultats entre  $0,5 \pm 0.00$  et  $13.75 \pm 2.5$  mEq/kg, avec une moyenne de 5.60 mEq/kg, sur 14 échantillons de miels des régions de Laghouat. D'autre part, **Ouchemoukh, (2012)** a trouvé une valeur d'acidité combinée très élevées par rapport nos résultats, qui varient entre 9,23 à 30,37 mEq/kg dans les miels examinés de Bejaia.

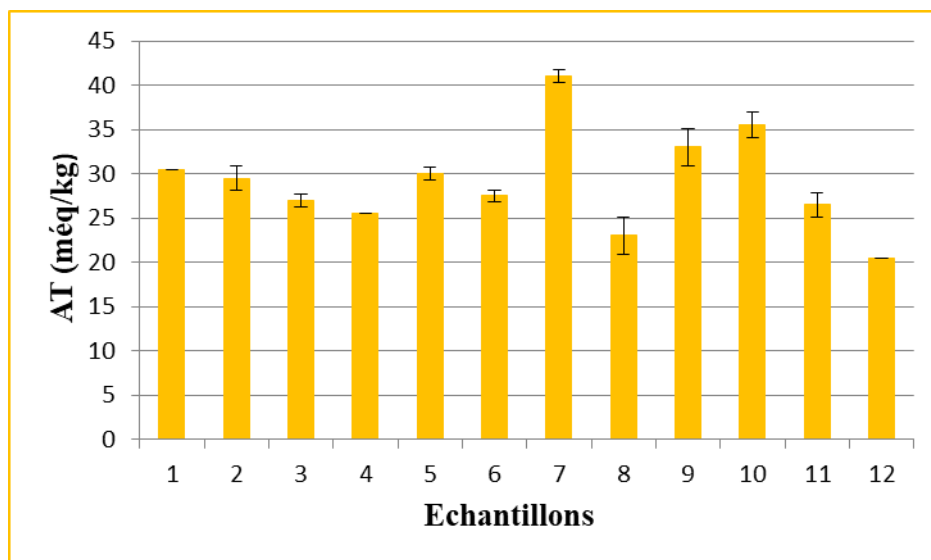
L'acidité du miel provient d'acides organiques, dont certains sont combinés sous forme de lactones (**Bogdanov et al., 2004**).

D'après **Gonnet, (1982)**, l'acidité combinée est considérée comme acidité de réserve, et

sera libérée uniquement lorsque le miel devient alcalin. Elle est représentée principalement par l'acide gluconique.

### II.2.7 L'acidité totale

L'acidité totale des différents miels analysés dans notre étude expérimentale sont présentes dans la figure (Figure 29).



**Figure 29 : L'acidité totale (At) de différents échantillons de miel étudiés.**

On note que L'acidité totale des miels analysés variée entre  $20.5 \pm 0.00$  mEq/kg et  $41 \pm 0.7$  mEq/kg, avec une moyenne  $29.1$  mEq/kg. La valeur maximale est présentée par l'échantillon monofloral de l'espèce *Citrus sp.*, (A7), tandis que, la valeur minimale est présentée par l'échantillon multifloral(A12).

Nous constatons que ces valeurs obtenus sont proches à celles trouvées par **Belhadj et al., (2015)**, qui obtient des résultats variant de 19,49 à 33,42 mEq/kg, Sur cinq échantillons de miels de différentes localités de la région de Tadla Azilal du Maroc, et **Doukani et al., (2014)**, qui obtient des résultats entre 19,56 à 38,91 mEq /kg. **Achour et al., (2014)** dont les valeurs de l'acidité totale obtenues, variées de 10 à 40 mEq/kg.

L'acidité totale est le résultat de la somme entre l'acidité libre et combinée, qui indique l'évolution du miel. La détermination de l'acidité totale est importante, car la fermentation du miel provoque son augmentation (**Alqarni et al.,2012**).

### II.3 Analyses organoleptiques :

#### II.3.1 La couleur :

Les techniques de référence internationales toujours en vigueur pour définir la couleur des miels, sont fondées sur la méthode de PFUND. Les résultats de nos échantillons sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 11) :

**Tableau 10 : la couleur de différents échantillons de miel selon leurs indices PFUND.**

| Échantillon | indice de PFUND en mm | La couleur        |
|-------------|-----------------------|-------------------|
| A1          | 224                   | Ambré foncé       |
| A2          | 159                   | Ambré foncé       |
| A3          | 65                    | Ambré clair       |
| A4          | 108                   | Ambré             |
| A5          | 48                    | Ambré extra clair |
| A6          | 71                    | Ambré clair       |
| A7          | 48                    | Ambré extra clair |
| A8          | 83                    | Ambré clair       |
| A9          | 250                   | Ambré foncé       |
| A10         | 159                   | Ambré foncé       |
| A11         | 118                   | Ambré foncé       |
| A12         | 80                    | Ambré clair       |

On note que la couleur des miels analysés variée entre 48 et 250 mm PFUND, avec une moyenne de 118 mm PFUND. La valeur maximale est présentée par l'échantillon toutes fleurs (A9), tandis que, la valeur minimale est présentée par les échantillons monofloraux de l'espèce *Citrus sp.*, (A7), et l'échantillon toutes fleurs(A5).

Les couleurs des miels analysés sont confirmées par les normes de **Codex Alimentarius (2001)**, qui indique que les miels clairs ont des valeurs des couleurs entre 0 et 85 mm PFUND, et les miels foncés supérieur à 114 mm PFUND (**Akhal et al., 2022**).Ce qui signifie que, nos échantillons représentent une variabilité de couleurs, qui varie du plus claire au plus foncé.

Le tableau nous montre que, la majorité des échantillons des miels examinés (A1, A2, A9, A10, A11) qui font égales à 41.67 % , sont des couleurs ambré foncé, et la couleur ambré clair est représentée par quatre échantillons (A3, A6, A8, A12) avec un pourcentage 33.33%. 16.66 % Qui représente la couleur ambré extra clair représenté par deux échantillons (A5, A7), la couleur ambré est représentée par un seul échantillon (A4) (8.33%).

Les valeurs obtenus se rapprochent de celles obtenus par **Cimpoi et al.,(2013)**,qui indique des valeurs entre 40 et 417 mm PFUND pour les miels romains, mais diffère des résultats obtenus par **Khalil et al., (2012)**,ont obtenus des indices variés entre 230 et 402 mm PFUND sur les miels algériens, et **Homrani, (2020)**, ont trouvés des valeurs se situent entre 13 et 150 mm PFUND, sur 63 échantillons de miels de différentes régions en l'Algérie.

Les pigments responsables de la coloration des miels sont principalement les caroténoïdes et les flavonoïdes (**Irina et al., 2010**). La quantité et le type de flavonoïdes varient selon la source florale, et la couleur des miels dépend de son origine botanique (**Moniruzzaman et al.,2013**).

D'après les ouvrages, les miels de couleurs ombre, possèdent des propriétés biologiques plus importantes que les miels de couleur claire (**Amiot et al., 1989**).

Ces variations peuvent être dues à plusieurs facteurs :

- L'origine florale et géographique, les miels sont répartis dans l'espace de façon non homogène, ce qui indique une variation de couleurs même entre ceux de la même origine.
- La durée de stockage.
- La température élevée ou à la lumière d'où le déroulement des réactions d'oxydations.
- La teneur en minéraux, Le miel foncé a généralement un goût plus prononcé, et sa teneur en sels minéraux est élevée, le miel clair a une saveur plus délicate (**Bradbeer, 2005**).

# ***Conclusion***

---

Dans notre présent travail, nous nous sommes intéressés à l'évaluation des caractéristiques physico-chimiques et polliniques de douze échantillons de miels produits dans la région d'Aflou. Cette étude permet de donner des informations pertinentes sur la qualité des miels, et de leurs origines botaniques, en distinguant le miel falsifié de miel naturel.

Les résultats de l'étude pollinique qualitative, nous ont permis d'aboutir aux constatations suivantes :

En comparant les données des origines florales obtenues après analyse pollinique avec celles annoncées par les apiculteurs, il est constaté que, 5 échantillons (Équivalent de 33.33 %), des miels correspondent aux appellations citées, alors que les autres échantillons (équivalent de 66.67%), présentent des origines botaniques différent aux ceux indiqués par les apiculteurs.

Parmi les 12 échantillons des miels étudiés, 3 sont monofloraux (25 %), alors que 9 échantillons sont polyfloraux (75%). Les miels monofloraux sont répartis en trois origines botaniques différents : miel d'agrumes (*Citrus sp.*), miel de tamaris (*Tamarix*) et le miel de roquette sauvage (*Eruca vesicaria*) avec une fréquence de leurs grains de pollens dans les échantillons : 96.11%, 77.6% et 17.05% respectivement.

Les résultats des analyses physico-chimiques des miels étudiés (le taux d'humidité, la teneur en sucre, la conductivité électrique, le pH, l'acidité libre, l'acidité combiné, l'acidité totale, la couleur) de nos échantillon sont conformes aux normes du Codex Alimentarius et les travaux précédant.

En perspective, et afin de compléter ce travail, il serait intéressant de réaliser l'activité antibactérienne et l'activité anti-oxydante, et effectuer d'autres analyses comme le HMF et la teneur en polyphénols dans le but de détecter les différents risques de fraude et de falsification que le miel peut avoir.

# **Références Bibliographiques**

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

**Ajibola, A., Joseph, P & Kennedy, H. (2012).**Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. *Nutrition & Metabolism* .9:61.Disponible Sur: <http://www.nutritionandmetabolism.com/content/9/1/61>.

**Allen-Wardell G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchmann, S., Cane, J., Cox P.A., Dalton V. (1998).** Le déperissement des abeilles : faits et causes 17 Feinsinger P., Ingram M., Inouye D., Jones C.E., Kennedy K., Kevan P., Koopowitz H., Medellin R., Medellin-Morales S. & Nabhan G.P. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of Food crop yields. *Conservation Biology* 12, p. 8-17.

**Alqarni A.S., Owayss A.A., Mohamed A.A., (2012).**Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia. *Arabian Journal of Chemistry* (In press).

**Amiot, M.J., Aubert S., Gonnet, M. ET Tachini M, (1989).**Les composés phénoliques des miels: étude préliminaire sur l'identification et quantification par familles. *Apidologie*, 20 (2):115-125.

**Amirat, A. (2014).** Contribution à l'analyse physicochimique et pollinique du miel de *Thymus algeriensis* de la région de Tlemcen. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master Académique. Université Abou-BekrBelkaid –Tlemcen. p 45.

**André-Claude, D. (2017).**Au bon miel : miel de champagne. Les types de ruches.

**Amri, A. (2015).** Contribution à l'étude approfondie de quelques miels produits en Algérie : Aspect physico-chimique et botanique. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba, 170p.

**Avisse, I. (2014).** Grand traité des miels, Editions Le Sureau, 344p.

- Bakchiche, B., Habati, M., Benmebarek, A., Gherib A. (2018).**Caractéristiques physicochimiques, concentrations en composés phénoliques et pouvoir antioxydant de quatre variétés de miels locales (Algérie). *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 6 (1) :118-123.
- Bakiri, A. (2018).** Abeilles sauvages et abeilles domestiques : Impact sur la biodiversité et la productivité. Université des Frères Mentouri Constantine. p 14.
- Balas, F. (2015).** Les propriétés thérapeutiques du miel et leurs domaines d'application en Médecine générale [Thèse]. Nice : faculté de médecine de Nice, 2015.
- Bankova, v., Castro, S.L., Marcucci, M, C. (2000).**Propolis: recent advances in chemistry and plant origin. *Apidologie*, 31, 3-15
- Baroni, MV., Arrua, C .,Nores, ML., Fayé, P., Díaz MDP, Chiabrando, GA et Wunderlin DA. (2009).** Composition of honey from Córdoba (Argentina): Assessment of North/South provenance by chemometrics. *Food Chem.*114, 727-733.
- Belhadj, O., Oumato, J. et Zrira S. (2015).** Etude Physico-chimique de quelques types de miels Marocains. *Revue Marocaines des sciences agronomique et vétérinaire*, 3 (3), 71-75.
- Benaiche, H., Cheraiti, F. Yakhlef, M. (2015).**Effet immunologique de deux variétés de miel chez un modèle murin (*Mus musculus*).Mémoire de Master. Université 8 mai 1945 Guelma. 44p.
- Benaziza, B.D., Schweitzer, P. (2010).** Caractérisation des principaux miels des régions du Nord de l'Algérie. *Cahier Agricultures*: 6 (19):432-8.
- Bettar, I., Gonzalez-Miret, M., Hernanz, D., Marconi A., Heredia F.J. and Terrab A. (2015).**Characterization of Moroccan Spurge (*Euphorbia* honeys by their physicochemical characteristics, mineral contents and color. *A. J. Chem.*
- Biri, M. (2010).** Tout savoir sur abeilles et l'apiculture ,7eme Edition vecchi S.A .Paris. 302p.
- Blanc, M. (2010).** Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat, Univ Limoges, 142 p.
- Bogdanov, S. (2001).** Honey Quality and International Regulatory Standards. Review by the International Honey Commission. <http://www.apiservices-Article-Honey>.

- Bogdanov, S. (1999).** Stockage, cristallisation et liquéfaction des miels. Centre suisse de recherché apicole, P : 25-26.
- Bogdanov, S., Ruoff, K., Persano, L., (2004).**Physico-chemical methods for characterization of Unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35, 4-17.
- Bogdanov, S., Bieri, K., Gremaud G., Iff, D., Känzig, A., Seiler, K., Stöckli, H., Zürcher, K. (2004).**Produits apicoles. 23A Miel. Revue par le groupe d'experts "produits apicoles". MSDA. 1– 37.
- Boukraa, L. (2010).** Honey in Traditional and Modern Medicine .CRC Press.P26 - 32. ISBN : 978-1-4398-4016-0.
- Bourbia, M., Hamitouche, L., Litamine, L. (2020).**étude de l'activité antibactérienne du miel. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou 36-86 p.
- Bradbear N. (2005).** Apiculture et moyens d'existence durables. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. ISSN 1813-6001, Rome, 64.
- Caillas, A. (1987).** Le rucher de rapport et les produits de la ruche. Ed. Paris. 543p.
- Chakir, A., Romane, A., Barbagiani, N., Bartoli, D., Ferrazzi P. (2011).** Major and Trace Elements in Different Type of Moroccan Honeys. *Rev. Australian J. of Basic and App Scien.* (5):223- 231.
- Chaouche, L., Bounsiar, N. (2017).** Contrôle de qualité des miels locaux et importés. Thèse de doctorat en pharmacie, Faculté de médecine, Tizi-Ouzou.
- Chataway, H.D. (1935).** Honey tables, showing the relationship between various hydrometer scales and refractive index to moisture content and weight per gallon of honey. *Can. Bee J*, 43: 215–220.
- Cherbuliez, T., and Domerego, R. (2003).** L'apithérapie : médecine des abeilles (Ed. Amyris).
- Chirife, J., Zamora, M. et Motto, A. (2006).** La corrélation entre l'activité de l'eau et les pourcentages d'humidité dans le miel : aspects fondamentaux et application aux miels d'Argentine. *Journal Food Engineering*, 72(3), 287-292.

- Chouia, A. (2014).** Analyses polliniques et caractérisations des composés phénoliques du miel naturel de la région d'Ain zaâtout. Mémoire de Magistère de Biologie en Biochimie Appliquée .Université Mohamed Khider, Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie, Biskra, pp.6-7.
- Cimpoi, C., Hosu, A., Miclaus, V. and Anita Puscas. (2013).** Determination of the floral origin some Romanian honeys on the basis of physical and biochemical properties.
- Clément, H. et coll. (2006).** Le traité Rustica de l'apiculture. Paris : Rustica éditions, 2006, p.64.
- Codex Alimentarius (2001).** Revised codex standard for honey. Codex standard 12-1981, Revue, 1(1987). 2, 1-7
- Couquet, Y. Desmouliere., Rigal M-L. (2012).** Les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel. Actualités pharmaceutiques ,52(531) :22-5.
- Derrar, K., Tazerout, K. (2020).** Miel : composition, propriétés, fraudes et leurs détections. Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.34p
- Desmouliere, A., Bonte, F., Couquet, Y., Rigal, M.L. (2013).**Le miel, quel intérêt en cicatrisation ? Actualités Pharmaceutiques, 52(531), pp.17-35.
- Betayene, D. (2008).** Manuel de Formation Apicole : Débuter en apiculture. Cameroun, p23.
- Djaafari, A., Boukedjar, M. (2018).**étude de l'activité antioxydants de quelques variétés du miel locales. Mémoire de Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimy B.B.A.36p.
- Doukani, K., Tabak, S., Derriche, A., Hacini, Z. (2014).**Etude physicochimique et photochimique de quelques types de miels Algériens. Revue Ecologie- Environnement :(10).Tiaret. ISSN:1112-5888.
- EL-Metwally, A.A.E., (2015).** Factors Affecting the Physical and Chemical Characteristics of Egyptian Bee honey. Ph. D. Thesis, Fac. Agric. Cairo Univ., 320p
- Élodie, C., 2013.**Le miel: composition et techniques de production. Mémoire de master. Université Sorbonne nouvelle – paris 3. 9p.

- Fechner, D.C., Mores, i A.L., RiuzDíaz, J.D., Pellerano, R.G., Vazquez, F.A. (2016).**Multivariate classification of honeys from Carrientes (Argentina) according to geographical origin based on physicochemical properties. *Food Biosci.* 15: 49–54.
- Fratini, F., Cilia, G., Mancini S., Felicioli A. (2016).** Royal Jelly: An ancient remedy with remarkable antibacterial properties. *Microbiological Research*, S0944- 5013, 30083-0.
- Frédéric, B.et Alexis, D. (2013).** Le miel : origine et composition. *ActualitésPharmaceutiques*, 52(531), 18-21.
- Free, J.B. (1993).**Insect Pollination of Crops, 2nd Ed., Academic Press, London, 684pp.iopscience.iop.org.
- Gonnet, M., Vache G. (1985).** Le goût du miel : UNAF.
- Gonnet, M. (1982).** Le miel, composition, propriétés, conservation. HAL INRAE .France.
- Guerriat, H. (2000).** Etre performant en apiculture, édition rucher du tilleul, pp : 51- 113.
- Guillaume, J-M et Guillaume, J-C. (2012).**L'apiculture écologique de A à Z .éditeur : M Pietteur.804p.
- Hadjadj, A., (2017).** Etude méliissopalynologiques de quelques miels du sud algérien (cas d'Ouargla). Mémoire de fin d'étude. Université Kasdi Merbah-Ouargla.
- Hamitouche, D., Landri, M. (2020).** Miel : propretés, composition, qualité. Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.44p.
- Healthline.** Health benefits of honey[En ligne]. (2020) [consulté le 02 mars 2020].  
Disponible sur: <https://www.healthline.com/>.Henri Poincaré-Nancy 1, Nancy, p17-19.
- Hilmi, M. (2001).**The marking of organic honey, Api services.
- Homrani M., (2020).** Caractérisation physico-chimique, spectre pollinique et propriétés biologiques de miels algériens crus de différentes origines florales. Thèse doc. Université Abdelhamid ibn Badis mostaganem.pp : 15,28.
- Hoyet, C. (2005).** Le miel: De la source à la thérapeutique. Thèse de pharmacie en pharmacie. Faculté de pharmacie. Université Poincaré de Nancy 1, pp.17-37.

- Huchet, E., Coustel, J et Guinot L. (1996).** Les constituants chimiques du Miel. Méthodes d'analyses chimiques - Département Science de l'Aliment. 2ème Edition. OPIDA, pp.168-172.
- Irina, D., Georgiia, G., Livia, P., Alina, M. E. and Rodica S. (2010).**The antioxydant activity of selected Romanian honeys. *J. Food Tech*, 34(2): 77-83.
- Jean-Prost, P., Medori, PA. (2005).** Apiculture : connaître l'abeille, conduire le rucher : Editions Tec & Doc. Paris - 7e édition revue et complétée, par Yves Le Conte, 698 p.
- Julika, N.W., Ajit, A., Sulaiman, A.Z., Naila, A., (2019).** Physicochemical and Microbiological Analysis of Stingless Bees Honey Collected from Local Market in Malaysia. *Indones. J. Chem.* 19 (2): 522-530.
- Karabagias, I. K., Badeka, A., Kontakos S., Karabournioti S. and Kontominas M. G. (2014).**Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics. *J. Food Chem*, 146:548–557.
- Kevan, P.G. (1975).**Forest application of insecticide Fenitrothion and its effect on wild bee pollinators of low bush blueberries in southern New Brunswick. *Biological Conservation* 7, p.301-309.
- Khalil I., Moniruzzaman M., Boukraa L., Benhanifia M., Islam A., Islam N, Sulaiman S.A. and Gan S.H. (2012).**Physicochemical and Antioxydant Properties of Algerian Honey.
- Laallam, H. (2018).** Etude méliissopalynologique, physicochimique et antibactérienne de quelques échantillons de miels du Sud algérien, Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université de Ouargla, 111 p.
- Lehneer and Duvoisin. (2003).** Biologie de l'abeille (Volume 2). Edition VDRB,
- Lequet L. (2010).** Du Nectar au Miel de Qualité : Contrôle Analytique du Miel et Conseils Pratiques à l' Intention de l' Apiculteur Amateur. Thèse de Doctorat Vétérinaire. Université Claude-Bernard Lyon I, France, pp.46-121.
- Libis, E. (1971).** L'apiculture pour tous. Paris. Edition Flammarion.-1971 : pl20-1-7,130-3,141.

- Louveaux, J. (1959).** La technologie du miel .Les Annales de l'Abeille, 2 (4), pp.343-354.
- Louveaux, J. (1980).** Les abeilles et leurs élevages. Ed. Opida.215p.
- Louveaux, J. (1985).** Les miels d'Afrique du nord et leur spectre pollinique. Apidologie. PP: 160-170.
- Louveaux, J., Maurizio, A. and Vorwohl, G. (1978).**Methods of melissopalynology. Bee World, 59(4) :139-157, p.
- Maameri. Z. (2014).** Pistacialentiscus L. Evaluation pharmaco toxicologique.Thè.doc en Sciences. Constantine.
- Manikis I., Thrasyvoulou A. (2001).** La relation entre les caractéristiques physiques et Chimiques des miels et leurs paramètres de cristallisation. Apiacta, 36 (2): 106-112.
- Mateo R., Bosch-Reig F. and Agric J. (1998).**Classification of Spanish Unifloral Honeys by Discriminant Analysis of Electrical Conductivity, Color, Water Content, Sugars, and ph. Food Chem, 46. 393.
- Mcgregor S.E. (1976).**Insect pollination of cultivated crop plants. Agriculture Handbook, Serv. Rech. Agri., U.S. Gov. Printing Off., Washington, (496): 411.
- Meslem, K. (2012).** Situation sanitaire des colonies d'abeilles dans la wilaya de Buir, Cas de Varroase et de la nosérose, Mémoire d'ingénieur
- Michener, C.D. (2007).** The Bees of the World.Second edition. Baltimore, 913 pp.
- ML Sanz, M Gonzalez, C De Lorenzo, J Sanz, I Martinez-Castro. Chimie alimentaire 91 (2), 313-317, 2005
- Acini, F., Cilia, G., Mancini S., Felicioli A. (2016).**Royal Jelly: An ancient remedy with remarkable antibacterial properties. Microbiological Research, S0944- 5013, 30083-0ce.
- Moniruzzaman, M., Sulaiman S.A., Khalil M.I. and Gan S.H. (2013).** Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: a comparison with Manuka honey. Cent. J. Chem, 7: 138.
- MielFrance(enligne).Disponiblesur :[http://www.mielinfrance.fr/media/fortolia\\_18132732\\_xs\\_028639900\\_1058\\_17122012.jbg](http://www.mielinfrance.fr/media/fortolia_18132732_xs_028639900_1058_17122012.jbg),consulté le 19/08/13).

**Moussa, A., Noureddine, D., Saad, A., Salima, B., Abdelmalek, M., Bagdad, K. (2012).** Chimie et recherche sur les produits naturels.

**Naab, O. A., Tamame, M. A., et Caccavari, M. A. (2008).** Palynological and physicochemical characteristics of three unifloral honey types from central Argentina. Spanish Journal of Agricultural Research, 6(4), 566-576.

**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.

**Nombré, I., Schweitzer, P., Boussim, I.J., Millogo, J. (2010).** Rasolodimby, "Impacts of Storage Conditions on Physicochemical Characteristics of Honey Samples from Burkina Faso," African Journal of Food Science. 4(7) : 458-463.

**Ouchemoukh, S. (2012).** Caractérisation physicochimique, profils polliniques, glucidiques et phénoliques et activités anti-oxydantes de miels Algériens. Thèse Doctorat, Biochimie. Université Abderrahmane Mira de Bejaia, 164.

**Perez-Arquillue C., Conchello P., Ariño A., Juan T., Herrera A., (1995).** Quality evaluation of Spanish rosemary (*Rosma rinusofficinalis*) honey. Food Chemistry, 51, pp: 207-210.

**Philippe, J. (2007).** Le guide de l'apiculteur, La compagne des éditions de la Lesse, France, 347p.

**Razafindrazaka, A. D. (2010).** Potentialités et contraintes de la filière apicole dans le district de manakara région vatovavyfitovinany. Université D'Antananarivo. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'études approfondies en sciences de la vie. Option: entomologie. 107pp.

**Rebiai, A., Lanez, T., Chouikh, L., (2015).** Physicochemical and biochemical properties of honeybee products in South Algeria. St. Cerc. St. CICBIA. 16 (2), 133-142.

**Rossant, A. (2011).** Le miel : un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse de Doctorat en pharmacie. Faculté de pharmacie. Université de Limoges, pp. 85-132.

**Sancho, M.T., Muniategui S., Huidobro J.F. and Lozano J.S. (1992).** Aging of honey. J. Agric. Food Chem, 40: 134–138.

- Sanz, M L., Gonzalez, M., Lorenzo C, Sanz., J et Martinez-Castro I. (2005).** A contribution to the differentiation between nectar honey and honey dew honey. *Food Chem.* 91, 313- 317.
- Sauvager, F. (2014).** La propolis : définition, récolte, propriétés et utilisation.
- Saxena S, Gautam S, Sharma A. (2010).** Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food chemistry.* 118(2):391-397.
- Selvaraju, K., Vikram, P., Soon, JM., Krishnan, KT., Mohammed, A. (2019).** Melissopalynological, physicochemical and antioxidant properties of honey from West Coast of Malaysia. *J Food Sci Technol.* 56(5): 2508–2521.
- Silva, LR.,Videira, R., Monteiro, AP., Valentão P, Andrade PB.(2009).**Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. *Microchemical Journal*; 93(1):73-7.
- Simenel, R., Adam, A., Crousilles, A., Amzil, L., Et Aumeeruddythomas, Y. (2015).**La domestication de l'abeille par le territoire. *Techniques & Culture*, 1: 258-279.
- Reille, M., Pons, A. (1990).** Leçons de palynologie et d'analyse pollinique. *Ecologiamediterranea*, 16 : 169-193.
- Somme, L., Mayer, C., Jacquemart, A. L. (2013).** Impacts de la structure spatiale sur la pollinisation du comaret (*Comarum palustre L.*) suivant une approche multi scalaire. In *Ecoveg9-Colloque d'écologie des communautés.*
- Tappi, S., Laghi, L., Dettori, A., Piana L, Ragni L, Rocculi P. (2019).**Investigation of water state during induced crystallization of honey. *Food chemistry*; 294:260-6.
- Terrab, A., González-Miret., L., Heredia, F.J. (2004).**Color characterization of thyme and avocado honeys by diffuse reflectance spectrophotometry and spectroradiometry. *Eur. Foodres .Technol.* 218:488-492.
- Terrab, A., Heredia F.J. (2004).** Characterization of avocado (*PerseaamericanaMill*) honeys by their physicochemical characteristics. *J. Sci. Food Agric.* 84 : 1801–1805.
- Tojonirina R. (2008).** Caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques de quelques variétés de miel de Madagascar. Mémoire en vue de l'Obtention du Diplôme d' Etudes

Approfondies en Biochimie appliquée aux sciences de l'alimentation et de la nutrition. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo, p.3.

**Bankova, V., Marcucci, M. C. (2000).**Monde des abeilles 81 (4), 182-188.

**Von Frisch, K., (1965).**The dance language and orientation of bees. Belknap Press (Harvard University Press), Cambridge, 566p.

**White, J.W. (1962).**Composition of American honey.Techno. Bull. p.1261

**Yaiche, A.H., Khali, M. (2014).** Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques. Afrique Sci, 10(2) : 127 – 136.

**Zerrouk, S., Boughediri, L., Seijo, M. C., Fallico, B., Arena, E., &Ballistreri, G., (2013).** Palynological and Physicochemical Properties of Citrus and Eucalyptus Honeys Produced in Blida Region (Algeria). European Journal of Scientific Research, 104(1), 79-90.p 86.

**Zerrouk S, Escuredo O, Rodríguez-Flores M.S & Carmen Seijo M. (2021).** Palynological characterisation of sedra honeys (*Ziziphuslotus*) produced in Algeria, Grana, 60:1, 69-80.

**Zerrouk, S., Fallico, B. G., Arena, E. N., Ballistreri, G.F. and Boughediri.A. (2011).** Quality evaluation of some honey from the central region of Algeria .Jordan Journal of Biological Sciences, 4(4): 243-248.

# *Annexes*



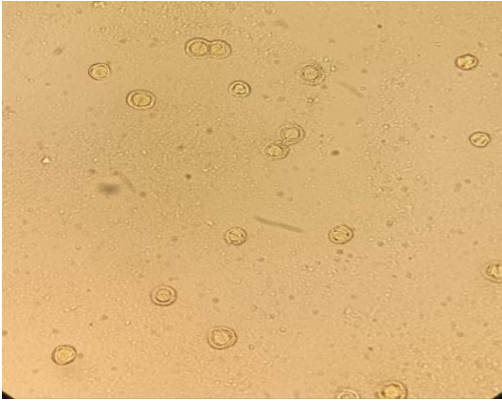
## Annexes

Annexe I : Table de CHATAWAY

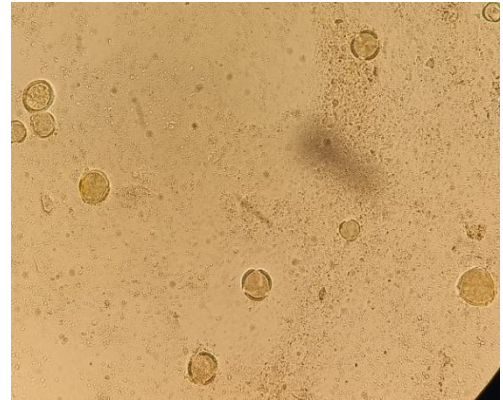
| Indice de réfraction<br>à 20 °C | Teneur en eau g/100<br>g | Indice de réfraction<br>à 20 ° | Teneur en eau g/100<br>g |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 1,5044                          | 13,0                     | 1,4885                         | 19,2                     |
| 1,5038                          | 13,2                     | 1,4880                         | 19,4                     |
| 1,5033                          | 13,4                     | 1,4875                         | 19,6                     |
| 1,5028                          | 13,6                     | 1,4870                         | 19,8                     |
| 1,5023                          | 13,8                     | 1,4865                         | 20                       |
| 1,5018                          | 14,0                     | 1,4860                         | 20,2                     |
| 1,5012                          | 14,2                     | 1,4855                         | 20,4                     |
| 1,5007                          | 14,4                     | 1,4850                         | 20,6                     |
| 1,5002                          | 14,6                     | 1,4845                         | 20,8                     |
| 1,4997                          | 14,8                     | 1,4840                         | 21,0                     |
| 1,4992                          | 15,0                     | 1,4835                         | 21,2                     |
| 1,4987                          | 15,2                     | 1,4830                         | 21,4                     |
| 1,4982                          | 15,4                     | 1,4825                         | 21,6                     |
| 1,4976                          | 15,6                     | 1,4820                         | 21,8                     |
| 1,4971                          | 15,8                     | 1,4815                         | 22,0                     |
| 1,4966                          | 16,0                     | 1,4810                         | 22,2                     |
| 1,4961                          | 16,2                     | 1,4805                         | 22,4                     |
| 1,4956                          | 16,4                     | 1,4800                         | 22,6                     |
| 1,4951                          | 16,6                     | 1,4795                         | 22,8                     |
| 1,4946                          | 16,8                     | 1,4790                         | 23,0                     |
| 1,4940                          | 17,0                     | 1,4785                         | 23,2                     |
| 1,4935                          | 17,2                     | 1,4780                         | 23,4                     |
| 1,4930                          | 17,4                     | 1,4775                         | 23,6                     |
| 1,4925                          | 17,6                     | 1,4770                         | 23,8                     |
| 1,4920                          | 17,8                     | 1,4765                         | 24,0                     |
| 1,4915                          | 18,0                     | 1,4760                         | 24,2                     |
| 1,4910                          | 18,2                     | 1,4755                         | 24,4                     |
| 1,4905                          | 18,4                     | 1,4750                         | 24,6                     |
| 1,4900                          | 18,6                     | 1,4745                         | 24,8                     |
| 1,4895                          | 18,8                     | 1,4740                         | 25,0                     |
| 1,4890                          | 19,0                     |                                |                          |

## Annexes

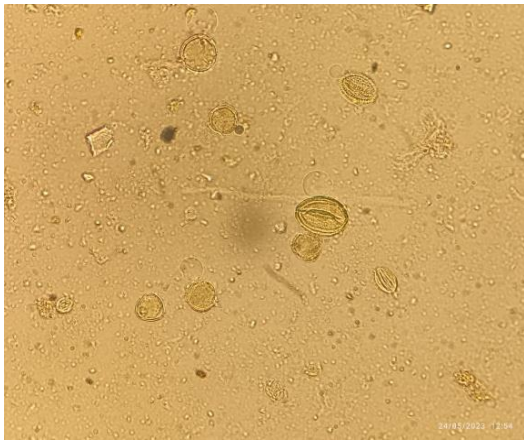
### Annexe II : Observation microscopique de différents échantillons de miel étudiés



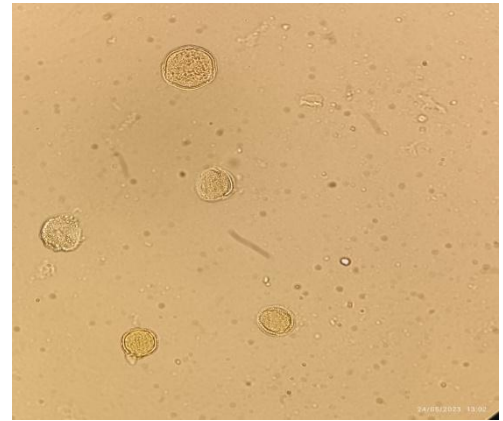
**A1**



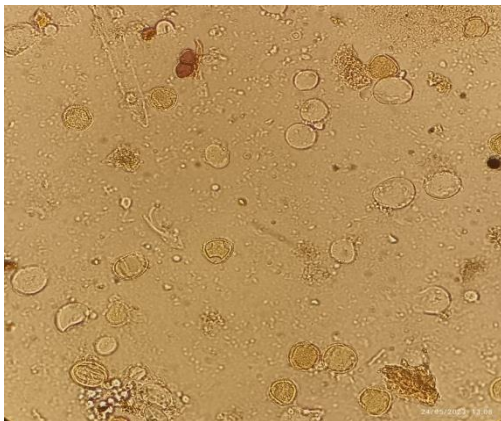
**A2**



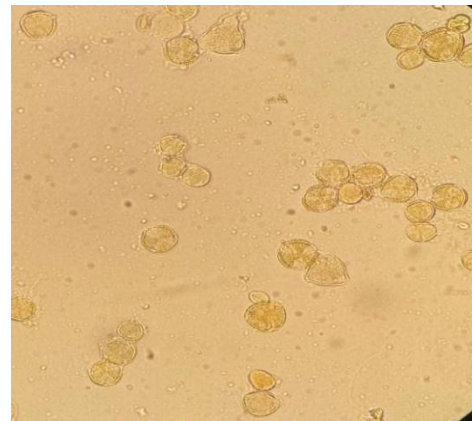
**A3**



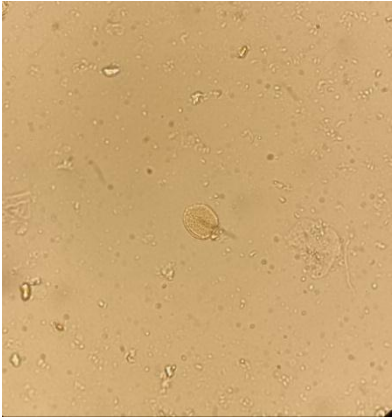
**A4**



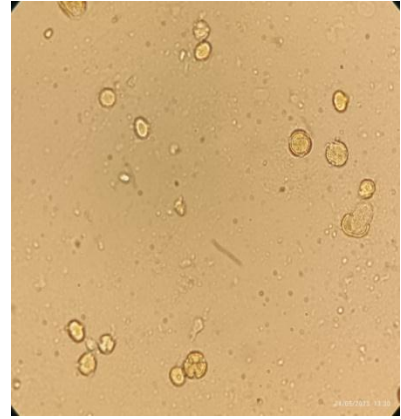
**A5**



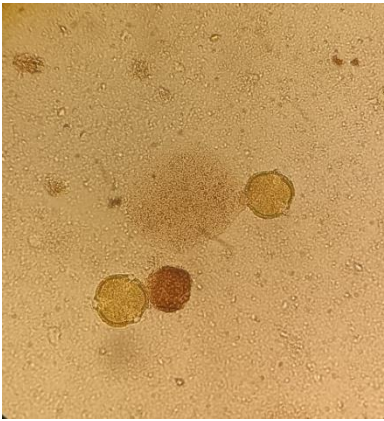
**A6**



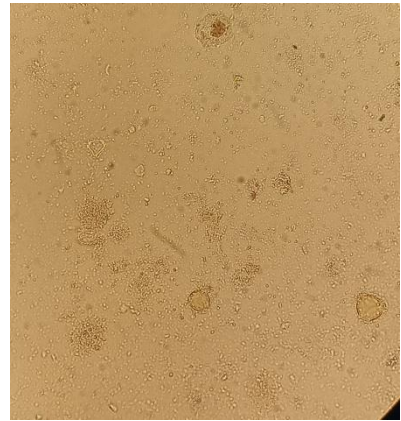
**A7**



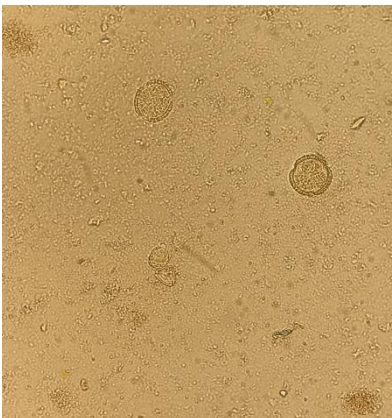
**A8**



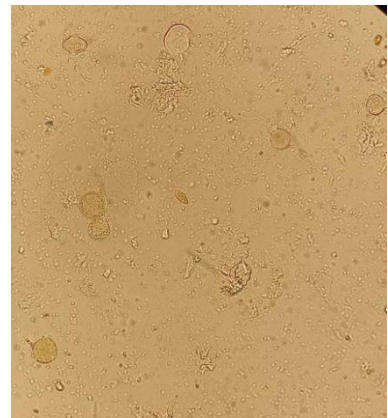
**A9**



**A10**



**A11**



**A12**

## Annexes

### Annexe III : Les normes de codex (Codex-Alimentarius, 2001).

| Critère                                  | Normes du Codex Alimentarius                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Humidité                                 | -Généralement $\leq 20\%$<br>-Miel de bruyère( <i>Calluna</i> ) $\leq 23\%$                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Teneur en fructose et glucose            | -Généralement $\geq 60\text{g}/100\text{g}$<br>-Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar $\geq 45\text{g}/100\text{g}$                                                                                                                                                                                                           |
| Teneur en sucrose                        | -Généralement $\leq 5\text{g}/100\text{g}$<br>- <i>Medicago sativa</i> , <i>Citrus pp</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Hedysarum</i> , <i>Banksia menziesii</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Eucryphia lucida</i> $\leq 10\text{g}/100\text{g}$<br>- <i>Lavandula spp</i> , <i>Borago officinalis</i> $\leq 15\text{g}/100\text{g}$ |
| Teneur en matières insolubles dans l'eau | -Généralement $\leq 0,1\text{g}/100\text{g}$<br>-Miel pressé $\leq 0,5\text{g}/100\text{g}$                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Acidité                                  | $\leq 50\text{meq}/\text{kg}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Indice de diastase                       | -Généralement $\geq 8$<br>-Miel avec une teneur enzymatique faible $\geq 3$ .                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| HMF                                      | -Généralement $\leq 40\text{mg}/\text{kg}$ .<br>-Miel provenant de région de température ambiante tropicale $\leq 80\text{mg}/\text{kg}$ .                                                                                                                                                                                                          |
| Conductivité électrique                  | -Généralement $\leq 0,8\text{mS}/\text{cm}$ .<br>-Miel de miellat et de chataignier et mélanges de ces deux $\geq 0,8\text{mS}/\text{cm}$ .<br>-Exceptions : <i>Arbutus unedo</i> , <i>Erica</i> , <i>Eucalyptus</i> , <i>Tilia sp</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Leptospermum</i> , <i>Melaleuca spp</i> ).                                    |