



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la Recherche Scientifique

Université Larbi Tébessi-Tebessa



Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie appliquée

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Domaine : Science de la nature et la vie (SNV)

Filière : Sciences biologiques

Option : Biochimie appliquée

Thème

Etude de l'effet de la durée et de la température d'entreposage sur la qualité du miel dans la région de Tébessa

Présenté par :

• SAADI Mohammed Zine

• FETHALLAH Oualid

Devant le jury :

- | | | | |
|-------------------------|------|-----------------------|------------|
| • Dr. BOUSSEKINE Samira | MCA | Université de Tébessa | Présidente |
| • Pr. DJABRI Belgacem | PROF | Université de Tébessa | Promoteur |
| • Mr. GHERISSI Bilel | MAA | Université de Tébessa | Examineur |

Date de soutenance : 27/05/2018

Note:..... /Mention:

Année universitaire : 2017/2018

Remerciement

"Louange à ALLAH qui nous a donné la force, la patience et la volonté d'accomplir ce modeste travail".

Nous tenons à saisir cette occasion et adresser nos profond remerciement à la souveraineté du **Professeur DJABRI Belgacem**, pour ses précieux conseils et son orientation qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas être mené au bon port. Nous voulons vraiment vous remercier car nous avons en beaucoup de chance de vous avoir comme encadreur de notre mémoire.

Nos remerciements s'étend également aux membres qui travaillent au laboratoire de control de qualité "**FETHALLAH**" pour ses accueils et ses aides qui ont contribué ce travail à terme.

Nos vif remerciements aux membres de jury **Dr. BOUSSEKINE Samira** et **Dr. GHERISSI Bilel** pour l'intérêt qu'ils ont porté á notre recherche en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous voudrions remercier toute la promotion Biochimie Appliquée 2017/2018.

Enfin, nos vifs remerciements vont à tous ceux qui ont collaboré à l'achèvement de ce travail.

Mohammed Zine & Oualid

Dédicaces

**Avec l'aide de Dieu le tout puissant, j'ai pu achever ce
travail que je dédie :**

Mes deux perles mon paradis **ma mère** et ma gloire et ma fierté **mon père** mes chers qui par leurs prières et leurs encouragements j'ai pu surmonter tous les obstacles et atteins mon objectif.

Pour mes frères, sœurs et leurs petits enfants : Iyed, Youcef, Taline, Moayed, Abdelkodous,
Tasnim, Amir et Mohieddine.

A mon binôme Oualid et sa famille.

A mes très chères amis:

Seyf, Brahim, Yahia, Kouki, Haroun, Nasro, Samir, Djahid, Faouzi, Aberahmane, Soufiane, Mounir...

et la liste reste longue.

A tous les membres de ma promotion, à qui je souhaite bonheur et réussite.

Mes enseignants du primaire à l'université.

A tous ceux qui me sens chers et que j'ai omis de citer.

Mohammed Zine

Dédicaces

**Avec l'aide de Dieu le tout puissant, j'ai pu achever ce
Travail que je dédie :**

A mes chers parents que je remercie pour être toujours à mes côtés.

A ma chère femme Khaoula pour leurs encouragements, à mes chers enfants

Adem, Khaith, Janna

A mon binôme Mohammed Zine

A tous ce qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail.

A tous les membres de ma promotion.

A mes enseignants à l'université.

Fethallah Oualid

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّعْلِ أَنِ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا
يَعْرِشُونَ ﴿٦٨﴾ ثُمَّ كُلِي مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ
مِن بَطُونِهَا شَرَابٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً
لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿٦٩﴾

سورة النحل الآية 68-69



RESUME

Les conditions de stockage sont des facteurs très importants pour évaluer la qualité du miel. L'objectif principal de cette présente étude est de mettre en évidence l'impact des conditions de conservation (la température et la durée de stockage) sur l'évolution des paramètres physicochimique considérés comme critères de la qualité du miel comme (pH, acidité, teneur en eau "humidité", teneur en sucre "brix", indice de réfraction, densité et l'HMF). Les analyses ont été effectuées pour un seul type de miel à 3 températures différentes (0-15°C, 16-30°C, 31-60°C) durant 3 mois. Les résultats obtenus montrent que la température et la durée de stockage affectent significativement les paramètres physico-chimiques (Brix, acidité et HMF) du miel analysé. Durant l'entreposage le traitement thermique à (31-60°) affecte notamment l'HMF en augmentant son pourcentage dans le miel cela indique un changement de la qualité du miel.

Mots clés : qualité du miel, température, durée de conservation, paramètres physicochimique, HMF

ABSTRACT

Storage conditions are very important factors to evaluate the quality of honey. The main aim of this study is to highlight the impact of storage conditions (temperature and storage period) on the evolution of physicochemical parameters considered as criteria for the quality of honey such as (pH, acidity, water content "moisture", sugar content "Brix", refractive index, density and HMF). The analysis were performed for a one type of honey at 3 different temperatures (0-15 ° C, 16-30 ° C, 31-60 ° C) for 3 months. The results obtained show that the temperature and storage time significantly affect the physicochemical parameters (Brix, acidity and HMF) of the analyzed honey. During storage, the thermal treatment at (31-60°) affects in particular the HMF by increasing its percentage in honey that indicates a change of the quality of honey.

Keywords: honey quality, temperature, storage, physicochemical parameters, HMF.

ملخص

تعتبر شروط التخزين من العوامل الهامة والمؤثرة من أجل تقييم جودة العسل. يتمثل الهدف الأساسي لهذه الدراسة في تحديد تأثير شروط التخزين والمتمثلة في (الحرارة ومدة التخزين) على تطور بعض الخواص الفيزيوكيميائية التي تعتبر معايير لتحديد جودة العسل مثل (الحموضة، نسبة الماء، نسبة السكر، قرنية الإنكسار، الكثافة والهيدروكسي ميثيل فورفورال (HMF)). تمت التحاليل الفيزيوكيميائية على نوع واحد من العسل في 3 درجات حرارة مختلفة (0-16, 15-31, 30-60) وذلك خلال مدة 3 أشهر. تحليل النتائج بين أن الحرارة ومدة التخزين تؤثران على بعض الخصائص الفيزيوكيميائية (نسبة السكر، الحموضة والهيدروكسي ميثيل فورفورال). خلال مدة التخزين تؤثر درجة الحرارة (31-60) خصيصا على نسبة الهيدروكسي ميثيل فورفورال وذلك من خلال الزيادة الكبيرة لنسبته في العسل وهذا مؤشر لتغير جودة العسل .

الكلمات المفتاحية: جودة العسل، درجة الحرارة، مدة التخزين، الخصائص الفيزيوكيميائية، الهيدروكسي ميثيل

فورفورال

ABBREVIATIONS

%: Pourcentage.

°C : Celsius.

Ac L : Acidité libre.

ANOVA: Analysis of one variance (analyse d'une seul variance).

Aw: Activity water.

CE : Conductivité Électrique.

Cm³ : Centimètre cube.

DLUO : Date Limite d'utilisation Optimal.

g : Gramme.

HMF : Hydroxyméthylfurfural.

IR : indice de réfraction.

Meq : milliéquivalent.

Mg : Milligramme.

Mg/kg : Milligramme par Kilogramme.

NaOH : hydroxyde de sodium.

Nm : Nanomètre.

P R : Pouvoir Rotatoire.

pH : Potentiel d'hydrogène.

Rapport F/G : rapport fructose/glucose.

T° : Température.

UV : Ultraviolet.

UV-VIS : ultraviolet – visible.

LISTE DES FIGURES

Figure1 : Origine du miel (Jean-Prost, 1987).....	5
Figure 2 : Deux abeilles pratiquant la trophallaxie (Marchenay et Berard, 2007).....	7
Figure 3 : Photographies montrant les différentes étapes de la récolte du miel (Anonyme, 2015).....	9
Figure 4 : Composition moyenne du miel (Bruneau, 2002).....	9
Figure 5 : Structure de quelques acides phénoliques présents dans le miel (Meda, 2005).....	14
Figure 6 : Structure de quelques flavonoïdes présents dans le miel (Meda, 2005).....	14
Figure 7 : Miel fermenté (Bruneau, 2002).....	16
Figure 8 : Processus de la formation de l'HMF à partir de D-fructose (Gomes et al ., 2015).....	18
Figure 9 : Effet de la durée d'entreposage sur le pH du miel.....	34
Figure 10 : Effet de la température d'entreposage sur le pH du miel.....	34
Figure 11 : Effet de la durée d'entreposage sur l'acidité du miel.....	36
Figure 12 : Effet de la température d'entreposage sur l'acidité du miel.....	37
Figure 13 : Effet de la durée d'entreposage sur l'humidité du miel.....	38
Figure 14 : Effet de la température d'entreposage sur l'humidité du miel.....	39
Figure 15 : Effet de la durée d'entreposage sur l'indice de réfraction du miel.....	40
Figure 16 : Effet de la température d'entreposage sur l'indice de réfraction du miel.....	41
Figure 17 : Effet de la durée d'entreposage sur la teneur en sucre du miel.....	42
Figure 18 : Effet de la température d'entreposage sur la teneur en sucre du miel.....	43
Figure 19 : Effet de la durée d'entreposage sur la densité du miel.....	44
Figure 20 : Effet de la température d'entreposage sur la densité du miel.....	45
Figure 21 : Effet de la durée d'entreposage sur l'HMF du miel.....	46
Figure 22 : Effet de la température d'entreposage sur L'HMF du miel.....	47
Photo 01 : L'échantillon du miel analysé.....	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Composition du nectar de quelques espèces végétales (Meda, 2005).....	4
Tableau II : Principales différences entre miel de miellat et miel de nectar (Bruneau, 2002).....	6
Tableau III : valeurs moyennes de quelques acides aminés trouvés dans le miel (Alvarez, 2010).....	12
Tableau IV : Sels minéraux et oligo-éléments du miel (Rossant, 2011).....	13
Tableau V : Les vitamines dans le miel, en mg/100g (Bogdanov et Matzke, 2003).....	15
Tableau VI : Norme concernant la qualité du miel.....	17
Tableau VII : Les différentes couleurs des miels en fonction de leur origine florale (Hoyet, 2005).....	22
Tableau VIII : Les appareils de mesure et les réactifs utilisés dans l'étude.....	28
Tableau IX : analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur le pH.....	35
Tableau X : analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur l'acidité.....	37
Tableau XI : analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur l'humidité.....	39
Tableau XII : analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur l'indice de réfraction.....	41
Tableau XIII : analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur le Brix.....	43
Tableau XIV : analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur la densité.....	45
Tableau XIV : analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur l'HMF.....	48

SOMMAIRE

- **REMERCIEMENT**
- **DEDICACES**
- **RESUME**
- **ABREVIATIONS**
- **LISTE DES FIGURES**
- **LISTE DES TABLEAUX**

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : Généralité sur le miel

1. Définition.....	3
2. Origine du miel.....	3
2.1. Miel de nectar des fleurs.....	3
2.1.1. Composition du nectar.....	3
2.2. Miel de miellat.....	4
2.2.1. Composition du miellat.....	4
3. Principales différences entre miels de nectar et de miellat.....	5
4. Autres origines du miel.....	6
5. Type de miel.....	6
5.1. Les miels mono floraux (uni floraux).....	6
5.2. Les miels multi floraux (poly floraux).....	6
6. Formation du miel.....	7
6.1. Fabrication du miel par les abeilles.....	7
6.1.1. Transformation chimique (l'emmagasinage).....	8
6.1.2. Transformation physique (maturation).....	8

SOMMAIRE

7. Récolte du miel par l'apiculteur.....	8
8. Composition chimique du miel.....	9
8.1. Eau	10
8.2. Sucre.....	10
8.2.1. Rapport fructose/glucose.....	10
8.2.2. Saccharose.....	10
8.2.3. Maltose.....	11
8.2.4. Mélézitose (tri saccharides).....	11
8.3. Acides.....	11
8.4. Protéines.....	11
8.5. Lipides.....	12
8.6. Enzymes.....	12
8.7. Matières minérales ou cendres.....	12
8.8. Composés aromatiques.....	13
8.9. Composés phénoliques.....	13
8.10. Les vitamines.....	14
8.11. Pollen.....	15
8.12. Hydroxyméthylfurfural (HMF).....	15
09. Fermentation.....	15
10. Qualité du miel.....	16
10.1. Normes de qualité du miel.....	16
10.2. Origine botanique.....	17
10.3. Maturité et Fraicheur.....	17
10.4. Le Dosage des sucres.....	18
10.5. L'hydroxyméthylfurfural (HMF).....	18

SOMMAIRE

10.6. Date limite d'utilisation optimale (DLUO).....18

10.7. Effet de traitement thermique sur la qualité du miel.....19

CHAPITRE II : Les Propriétés du miel

1. Propriétés physico-chimiques.....21

1.1. Densité.....21

1.2. Viscosité.....21

1.3. La teneur en eau.....21

1.4. Indice de réfraction.....21

1.5. Pouvoir rotatoire.....22

1.6. Coloration.....22

1.7. Cristallisation.....22

1.8. Conductivité électrique.....22

1.9. La teneur en cendres.....23

1.9.1. Relation entre la teneur en cendres et la conductivité électrique.....23

1.10. Acidité et pH.....23

2. Propriétés biologiques.....23

2.1. Propriétés nutritionnelles.....24

2.2. Propriétés thérapeutiques.....24

2.3. Propriétés antimicrobiennes.....24

2.4. Propriétés antioxydantes.....25

DEUXIEME PARTIE : PARTIE EXPERIMENTALE

MATERIELS ET METHODES

1. Objectif.....27

2. Echantillon de miel.....27

3. Méthodes.....27

SOMMAIRE

4. Réactifs chimiques et instruments.....	27
5. Caractéristiques physico-chimiques.....	28
5.1. pH.....	28
5.1.1. Principe.....	28
5.1.2. Mode opératoire.....	29
5.1.3. Expression des résultats.....	29
5.2. L'acidité libre.....	29
5.2.1. Principe.....	29
5.2.2. Mode opératoire.....	29
5.2.3. Mode de calcul.....	29
5.3. Teneur en eau et densité.....	29
5.3.1. Principe.....	29
5.3.2. Mode opératoire.....	30
5.4. L'indice de réfraction.....	30
5.4.1. Principe.....	30
5.5. Le taux de sucre(Degré Brix).....	30
5.5.1. Principe.....	30
5.5.2. Mode opératoire.....	30
5.6. Détermination du HMF ou Hydroxy-méthyl-furfural.....	31
5.6.1. Principe.....	31
5.6.2. Réactifs.....	31
5.6.3. Appareillage.....	31
5.6.4. Mode opératoire.....	32
5.6.5. Expression des résultats.....	32
6. Etude statistique.....	32

SOMMAIRE

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Effet sur le pH du miel	34
1.1. Effet de la durée d'entreposage	34
1.2. Effet de la température d'entreposage	35
2. Effet sur l'acidité du miel	36
2.1. Effet de la durée d'entreposage	36
2.2. Effet de la température d'entreposage	37
3. Effet sur la teneur en eau (Humidité) du miel	38
3.1. Effet de la durée d'entreposage	38
3.2. Effet de la température d'entreposage	39
4. Effet sur l'indice de réfraction du miel	40
4.1 Effet de la durée d'entreposage	40
4.2. Effet de la température d'entreposage	41
5. Effet sur la teneur en sucre du miel	42
5.1. Effet de la durée d'entreposage	42
6.2. Effet de la température d'entreposage	43
6. Effet sur la densité du miel	44
6.1. Effet de la durée d'entreposage	44
6.2. Effet de la température d'entreposage	45
7. Effet sur l'HMF du miel	46
7.1. Effet de la durée d'entreposage	46
7.2. Effet de la température d'entreposage	47
• CONCLUSION	
• REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	
• ANNEXE	

INTRODUCTION

Le miel est un produit naturel qui a accompagné l'homme depuis la plus haute antiquité. Il est considéré comme un aliment privilégié, c'est un produit naturel qui est élaboré par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir de nectar des fleurs et aussi bien que de miellat, elles les recueillent, transforment et emmagasinent dans les rayons de la ruche (**Azeredo et al., 2003**).

Les glucides et l'eau sont les composants majoritaires du miel. En outre, des constituants mineurs, tels que les protéines, les enzymes, les acides aminés, les des acides organiques, les lipides, les vitamines, les minéraux et les substances phytochimiques, principalement des flavonoïdes et des composés phénoliques (**Belay et al., 2013**). Les facteurs les plus importants affectant la composition du miel sont la variété de plantes à partir de lesquelles sont butinées les nectars et aussi les conditions climatiques et environnementales (**Crane, 1990**).

Pour déterminer la qualité des miels, le codex alimentarius établi des normes concernant certains paramètres (humidité, taux des sucres réducteurs, pH, acidité, conductivité électrique et HMF. Comme tout produit biologique, le miel subit au cours du temps des modifications qui induisent des changements dans sa qualité. Il est donc nécessaire de connaître les principaux facteurs qui peuvent altérer sa qualité dont la température est le principal facteur qui dégrade les sucres conduisant ainsi à la formation d'hydroxyméthylfurfural. Le vieillissement du miel provoque plusieurs modifications dans la composition du miel, ce qui est expliqué par l'altération de sa qualité, qui est marqué principalement par l'augmentation de taux d'hydroxyméthylfurfural (HMF) (**Bruneau, 2002**).

Pour réaliser cela la présente étude est divisée en deux parties :

La première partie de ce manuscrit est consacrée à une synthèse bibliographique comportant deux chapitres : Le premier chapitre vise à présenter le miel dans ces généralités (définition, origine, variétés, récolte, composition chimique). Le second chapitre présente des propriétés des miels. . La deuxième partie de ce travail consiste en une étude expérimentale qui a pour objectif :

- ❖ Etude de quelques paramètres physico-chimiques du miel (pH, humidité, brix, humidité. densité, indice de réfraction et HMF).
- ❖ Suivre l'évolution de ces paramètres au cours de la conservation à température de (0-15°C, 16-30°C et 31-60°C) durant 3 mois et l'étude de l'effet de la température et la durée de conservation sur la qualité du miel.

Enfin, nous avons rapporté les résultats de la recherche et leurs discussions en comparaison avec des travaux et des résultats précédents.

PREMIERE PARTIE :

RECHERCHE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

Généralité sur le miel

I. Généralité sur le miel

1. Définition

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

2. Origine du miel

Le miel est élaboré par les abeilles à partir de solution sucrée produits par des végétaux, soit sous forme de nectar, soit sous forme de miellat (**Anchling F, 2005**). Leur composition chimique diffère selon plusieurs paramètres (pH, teneur en minéraux, profil des glucides...) (**Codex standard, 2001**).

2.1. Miel de nectar des fleurs

Le nectar, qui est en générale la source principale de miel, est le liquide sucré sécrété par les glandes dites nectarifères, présentes sur de nombreuses plantes (**Marchenay et Berard, 2007**). On distingue les nectaires floraux (à la base des fleurs), des nectaires extra floraux (sur les feuilles, les tiges ou les autres parties de la plante). Le nectar reste accumulé sur le nectaire ou passe dans un organe spécialisé, le plus souvent un éperon dans lequel il est protégé de la dessiccation (**Hoyet, 2005**). Pour recueillir un litre de nectar, on estime qu'il faut entre 20000 et 100000 voyage des abeilles (**Ziegler, 1968**).

2.1.1. Composition du nectar

Le nectar peut contenir jusqu'à 80% d'eau, 7 à 60% de sucres, mais aussi de nombreuses autres substances à l'état de traces, tels que des acides aminés, des acides organiques, des substances aromatiques, des vitamines, des minéraux, etc... Ces substances sont responsables de la valeur aromatique d'un miel et lui confèrent sa personnalité (**Philipe, 1999**). Le nectar est composé de trois sucre principaux (le saccharose, le glucose, le fructose).les proportions de ces trois sucres varient d'une plante a une autre et influent sur la qualité du miel. Selon leurs origines végétales, les nectars contiennent plus ou moins de saccharose (**Schweitzer, 2005**).

On les classe en :

- Des nectars à saccharose prédominant.
- Des nectars à taux égaux de saccharose, fructose et glucose.
- Des nectars avec prédominance du glucose et du fructose. Dans ce dernier cas, c'est en principe le fructose qui prédomine avec un rapport Fructose/Glucose (F/G) pouvant aller de 2 à 28.

La teneur en sucre du nectar varie avec l'humidité atmosphérique et le temps, la production du nectar et sa qualité sont sous la dépendance de facteurs écologiques (nature de sol, hygrométrie, altitude, exposition) et météorologique (**Schweitzer, 2004**).

Tableau I : Composition du nectar de quelques espèces végétales (**Meda, 2005**).

Types de nectar	Composition
Nectar de lavandes	8% Eau 8% Saccharose 7.5 % Glucose
Nectar de chèvre feuille	76% Eau 12% Saccharose 9% Glucose

2.2. Miel du miellat

Le miellat est un produit sucré élaboré par divers insectes à partir de la sève des végétaux et dont se nourrissent certaines abeilles et fourmis (**Hoyet, 2005**). Le miellat est un produit plus complexe que le nectar faisant intervenir un intermédiaire généralement, des insectes de la famille des Homoptères tel que les pucerons, leur pièces, buccales sont disposées pour piquer et absorber les aliments liquides telle que la sève des végétaux et rejetant l'excédent de matières sucrées sous forme des gouttelettes, que les abeilles récupèrent sur les feuilles des plantes. Nous citons quelques exemples d'arbres qui hébergent les pucerons, tels que, les sapins, les Epicéas, les chênes, et aussi les plantes herbacées comme les blés... (**Gonnet, Vache, 1985**).

2.2.1. Composition du miellat

Les miels de miellat sont caractérisés par une couleur très foncée, des valeurs élevées en pH, en composés phénoliques et en cendres. Ils contiennent moins de monosaccharides et plus de di, tri et d'oligosaccharides que les miels de fleur (nectar), ce qui rend leur cristallisation plus lente (**Terrab et al., 2002 - Ouchemoukh, Louaileche & Schweitzer, 2007**).

Le miellat est une solution sucrée dont la concentration en sucre variable (5 à 20%) contrairement au nectar le miellat contient différentes quantités de sucres, surtout du mélézitose (**Bogdanov et al., 2007**). Le miellat contient aussi de dextrine, de gommes, de protéines, et d'acides aminés, des vitamines telles que la thiamine et la biotine et d'acides organiques (acide nitrique et acide malique) ; la charge minérale est également très importantes (**Bruneau, 2004**).

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

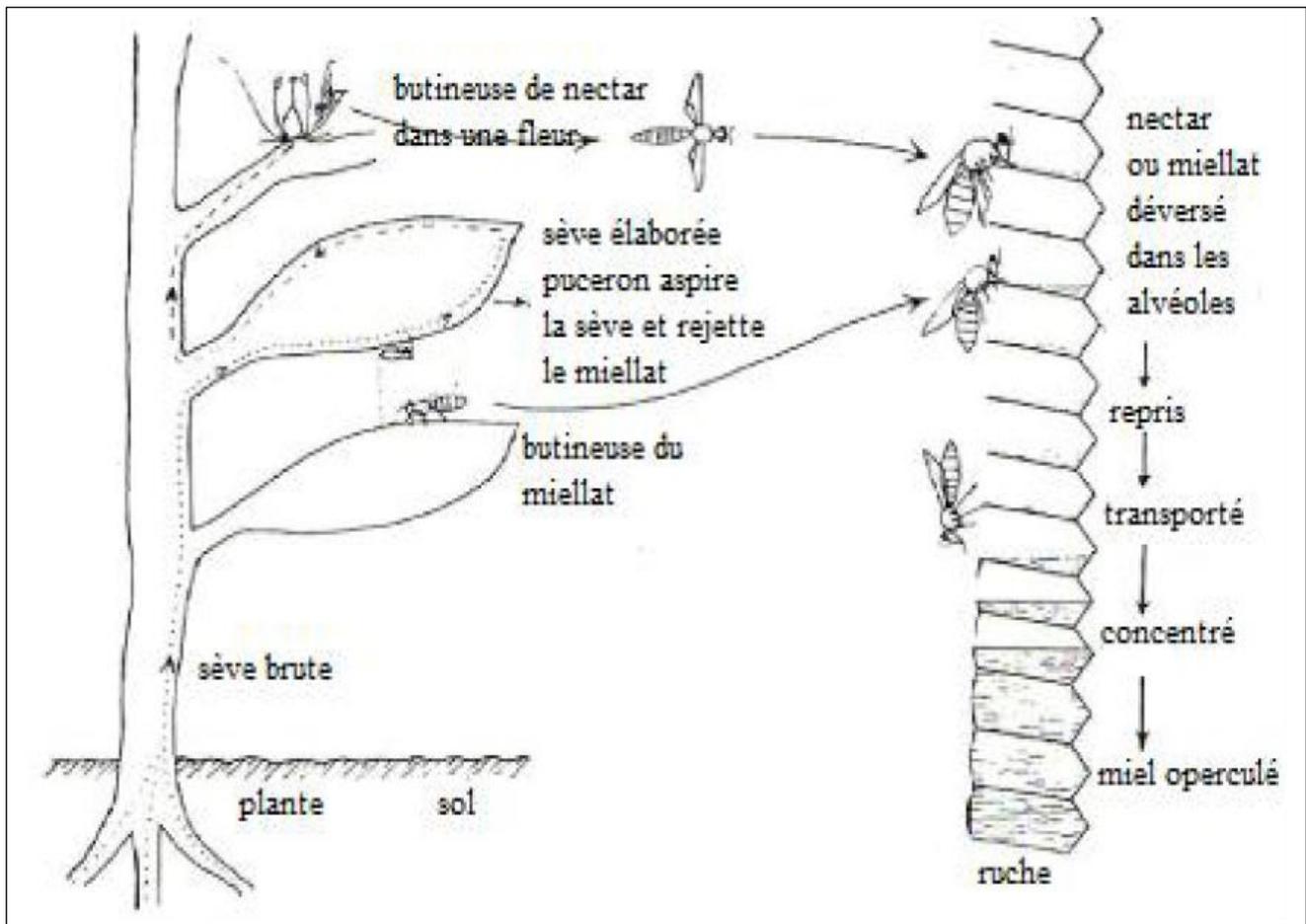


Figure 1 : Origine du miel (Jean-Prost, 1987).

3. Principales différences entre miels de nectar et de miellat

Le miel de miellat est de couleur plus sombre et possède un goût plus prononcé que le miel de nectar. Il possède également des sucres plus complexes comme le mélézitose ou l'erlose, qui sont formés dans le tube digestif des Homoptères. Il est aussi plus riche en azote, en acides organiques et en minéraux. Ces différentes caractéristiques permettent d'identifier les miels de miellats (**Rossant, 2011**).

Tableau II : Principales différences entre miel de miellat et miel de nectar (Bruneau. 2002).

	Miel de miellat	Miel de nectar
pH	4.5	3.9
Minéraux (cendres)	0.58%	0.26%
Fructose + glucose	61.6%	74%
Mélezitose	8.6%	0.2%
Raffinose	0.84%	0.03%
Maltose +isomaltose	9.6%	7.8%

4. Autres origines du miel

Il existe aussi du « miel de sucre » ; miel produit par des abeilles nourries à l'aide de sucre (Apfelbaum, Romon & Dubus, 2004), et quelquefois fruits, cannes à sucre, etc. (Schweitzer, 2004).

5. Type de miel

Le miel varie selon l'origine florale, La détermination de l'origine géographique du miel repose sur l'analyse pollinique (Chauvin, 1968). En général, on admet qu'un miel provient principalement d'une certaine source de nectar lorsque le pollen correspondant est au stade dominant, les pollens représentent une preuve des plus sérieuses de l'origine botanique du miel (Louveaux, Maurizio & Vorwohl, 1970). Il existe deux catégories de miels : les miels monofloraux et les miels multifloraux (Élodie, 2013).

5.1. Les miels mono floraux (uni floraux)

Les miels monofloraux sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant d'une seule espèce végétale et cela nécessite bien sûr d'installer les ruches à proximité de la plante recherchée (Rossant, 2011). Les miels mono floraux possèdent des caractéristiques palynologiques, physico-chimiques et organoleptiques spécifiques (Bogdanov et al ; 2003).

5.2. Les miels multi floraux (poly floraux)

Les miels poly floraux, comme leur nom l'indique, sont issus de plusieurs espèces végétales différentes, ils sont donc, en règle générale, désignés soit par leur origine géographique (région, massif, etc.) «Miel de haute montagne », soit par un type de paysage floral : « Miel de garrigue », « Miel de forêt » (Élodie, 2013). Les miels poly floraux appelé aussi «miel toutes fleurs ».On peut dire que dans ces miels, aucune fleur, espèce végétale ou plane n'a dominance sur les autres. On obtient des miels de couleur allant du jaune clair au brun (Clément, 2002).

6. Formation du miel

6.1. Fabrication du miel par les abeilles

Une butineuse effectue entre 20 et 50 voyages par jour, chacun demandant environ 15 minutes. Le rayon d'action moyen se situe entre 500 mètres et 2 kilomètres, d'où l'importance, en plus des conditions climatiques et de la nature du sol, de la végétation des alentours du rucher. Elle prélève sur les fleurs le nectar, liquide sucré, sécrété puis excrété par des glandes dites nectarifères, présentes sur de nombreuses plantes. **(Huchet, Coustel & Guinot, 1996).**

Le changement de la solution sucrée en miel commence déjà dans le jabot de la butineuse où diverses enzymes entrent en action. A la ruche, le nectar récolté et "prédigéré" par la butineuse est pris en charge par de plus jeunes abeilles, qui se l'échangent plusieurs fois (phénomène de trophallaxie) **(Hoyet, 2005)**. Que ce soit du nectar ou du miellat. Les abeilles y ajoutent par un passage de jabot à jabot de la salive qui le rend fluide et surtout qui enrichit en enzymes et catalyseurs biochimiques à l'origine de la transformation des sucres dans le miel **(Bhuiyan et al., 2002)**.

Selon **Hoyet (2005)** les principales enzymes sont :

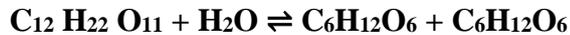
- La diastase qui permet de modifier l'amidon
- L'invertase qui divise le saccharose en glucose et en fructose
- Le glucose oxydase qui, à partir du glucose, produit de l'acide gluconique et du peroxyde d'hydrogène.



Figure 2 : Deux abeilles pratiquant la trophallaxie **(Marchenay et Berard, 2007)**.

6.1.1. Transformation chimique (l'emmagasinement)

Les sucres se transforment. En particulier, le saccharose devient un mélange de glucose (dextrose) et de fructose (lévulose) sous l'action d'une enzyme, "l'invertase" (Nair, 2014). La transformation, s'exprime par l'équation suivante :



En effet, certains du pollen de la fleur tombe dans le nectar récolté par les abeilles est stockée dans l'estomac, elles sont régurgitées avec le nectar. En outre, certains grains de pollen attachent souvent eux-mêmes pour les différentes parties du corps comme les jambes, les abeilles, les poils d'antenne, et aussi dans les yeux des abeilles visitent. Ce pollen sera ensuite s'emmêler dans la ruche et par conséquent pénétrer dans le miel (Alvarez, 2010).

6.1.2. Transformation physique (maturation)

La solution sucrée transformée, qui encore 50% d'eau d'environ, va subir une nouvelle concentration par évaporation, qui se fait sous la double influence, d'abord de la chaleur régnant dans la ruche qui est d'environ 36°C°. En suite de la ventilation par le travail des ventileuses qui entretiennent un puissant courant d'air ascendant par un mouvement très rapide de leurs ailes (Lobreau, Marmion & Clément, 1999).

Dans la ruche, le miel se garde bien, car il est très concentré en sucres. Mais on dit que les abeilles, pour plus de sécurité, injectent dans chaque cellule une gouttelette de venin. Et celui-ci est un produit conservateur. Quand tout ce travail sera terminé, la cellule pleine du miel sera fermée par un opercule de cire (Bernadette et Roger, 1985).

7. Récolte du miel par l'apiculteur

La récolte du miel peut se pratiquer dès la fin de la miellée quand les cadres des hausses sont remplis de miel operculé. L'apiculteur ramasse ces hausses et les ramène dans sa miellerie afin d'extraire le miel. Il retire, à l'aide d'une 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). Les cadres sont ensuite mis dans un extracteur. C'est une sorte de centrifugeuse manuelle ou automatisée où ils vont tourner très rapidement. La force centrifuge fait alors sortir le miel des alvéoles. Projeté sur les parois, le miel coule au fond de l'appareil. 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,...). Enfin, l'apiculteur soutire le miel du maturateur et le conditionne dans des pots (Tojonirina, 2008).



Figure 3 : Photographies montrant les différentes étapes de la récolte du miel (Anonyme, 2015).

8. Composition chimique du miel

Le miel renferme plus de 200 substances participant à l'équilibre de notre organisme (Terrab, Valdés & Diez, 2003). La composition du miel varie en fonction de la source florale, de la nature du sol, des conditions météorologiques, de l'abeille elle-même, libre de choisir son bouquet floral, de la présence ou non d'autres insectes (pucerons, cochenilles), de l'environnement et des méthodes de traitement utilisées par l'apiculture (Ballot-Flurin, 2010).

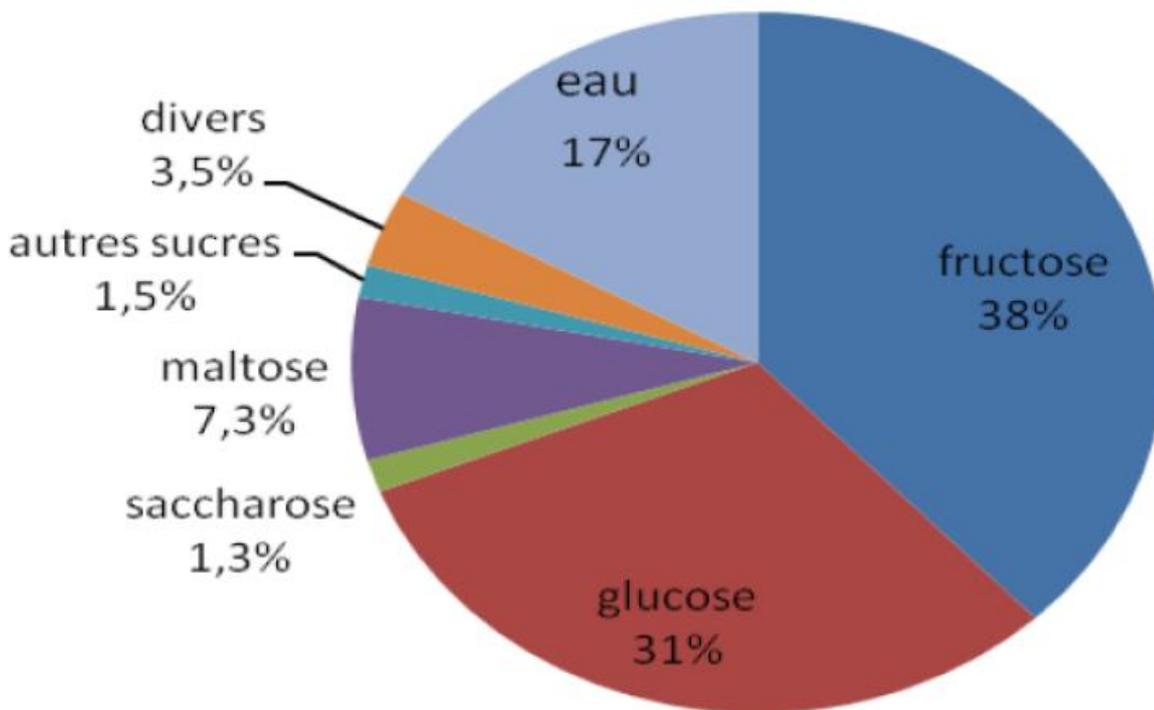


Figure 4 : Composition moyenne du miel (Bruneau, 2002).

8.1. Eau

L'eau est présente en quantité non négligeable puisque sa teneur moyenne est de 17,2%, mais comme le miel est un produit biologique, cette valeur peut varier. En fait, les abeilles operculent les alvéoles lorsque la teneur en eau avoisine 18%. (**Huchet et al .,1996**).

8.2. Sucre

Le miel compte 75% à 80% de sucres qui viennent du nectar des fleurs. Il existe une quinzaine de sucres, mais ils ne sont pas tous présents en même temps (**Laurent, 2005**). Les principaux glucides constitutifs du miel sont le fructose et le glucose avec une prédominance du fructose, une petite quantité d'oligosaccharides, disaccharides et trisaccharides (**Delphine, 2010**). Certains proviennent du nectar ou du miellat (d'origine végétale), d'autres apparaissent seulement comme des produits secondaires après transformation par les enzymes de l'abeille (**Lequet, 2010**).

8.2.1. Rapport fructose/glucose

Les hexoses (fructose et glucose) dominant toujours ; le rapport des hexoses entre eux est la caractéristique de certains miels (**Shin et Ustinol, 2005**). Les miels contiennent des quantités à peu près égales de ces hexoses, le fructose domine légèrement. En revanche, le miel élaboré par les abeilles butinant presque exclusivement la même espèce végétale, contient souvent plus de fructose que de glucose ou rarement d'avantage de glucose que de fructose (**Dailly, 2008**). Les miels riches en fructose restant longtemps liquides et ne cristallisent souvent qu'au bout de plusieurs années. Les miels riches en glucose (F/G inférieur à 1 %) sont plus rares ; ils cristallisent en général aussitôt après la récolte et parfois déjà dans rayons, on cite à titre d'exemples ; le miel de pissenlit et le miel de colza (**Polus, 2008**).

8.2.2. Saccharose

Malgré les teneurs très élevées de saccharose dans le nectar de lavande, il est rare que l'on retrouve plus de 10% dans le miel. L'abeille est en effet capable de transformer en glucose et en fructose grâce à une action d'enzyme « l'inverse », une relation étroite existe entre l'activité de l'invertase et le pourcentage de saccharose résiduel dans le miel, la plus forte teneur en saccharose son observée lorsque les colonies sont faible (**Allipi, 2000**).

8.2.3. Maltose

La teneur en maltose est sensiblement plus élevée que la teneur en saccharose, aussi bien dans les miels de fleurs que dans les miels de miellat. Ces derniers lorsqu'ils sont purs, contiennent souvent 2 à 3 fois et parfois jusqu'à 10 fois plus de maltose que de saccharose. Compte tenu de l'ensemble du groupe de Maltose, il est possible de rencontrer des miels contenant 10% de maltose et d'iso maltose (**Cavia et al., 2006**).

8.2.4. Mélézitose (tri saccharides)

Une teneur élevée en mélézitose est caractéristique de certain miel de miellat, tandis que ce sucre fait défaut dans les miels de fleurs, il peut constituer 4% à 11% de sucres totaux, allant jusqu'à 16% de la matière sèche. Les miels riches en mélézitose se cristallisent souvent alors qu'il est encore dans les rayons de sortes qu'ils sont difficiles à récolter. Parmi ces miels riches en mélézitose et difficiles à centrifuger, on trouve les miels élaborés à partir du miellat de mélèze, de tilleul ou certains variétés d'épicéa, certains miellat arrivent à renfermer des taux de mélézitose atteignant 15% à 18% (**Kayacier et Karaman, 2008**).

8.3. Acides

Tous les miels ont une réaction acide. Ils contiennent des acides organiques, dont certains volatiles, et des lactones (**Louveaux, 1968**). Le plus important est l'acide gluconique, qui lors de la maturation du miel, transforme le glucose en acide gluconique. On y trouve également une vingtaine d'acides organiques comme les acides acétique, citrique, lactique, malique, oxalique, butyrique, pyroglutamique et succinique. D'autres composés, les lactones dont la présence est constante, ont également une fonction acide (**Huchet et al., 1996**).

8.4. Protéines

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. Il y a également des traces d'acides aminés comme la proline, la trypsine, l'histidine, l'alanine, la glycine, la méthionine, etc. La proline est le plus abondant des acides aminés du miel. La quantité de proline donne une indication sur la qualité du miel, et elle ne doit pas être inférieure à 183 mg/ kg (**Meda et al., 2005**). La teneur en protéine varie avec la quantité de grain du pollen dans les miels, les miels sont généralement pauvre en protéine. Les protides des miels sont soit des protéines, soit des acides aminés libres. Les recherches plus récentes ont permis de mettre en évidence la présence de 10 acides aminés libres différents (**Meda, 2005**).

Tableau III : valeurs moyennes de quelques acides aminés trouvés dans le miel (Alvarez, 2010).

Acides aminés	Concentration (mg/100g de matière sèche)
Asp	9.13
Glu	12.89
Asn	11.65
Ser	3.67
Gln	5.96
His	1.31
Gly	1.72
Thr	2.31
Arg	3.49
Phe	13.68

8.5. Lipides

La proportion de lipides est infime sous forme de glycérides et d'acides gras (acide palmitique, oléique et linoléique) ; ils proviendraient vraisemblablement de la cire (Rossant, 2011).

8.6. Enzymes

On retrouve dans le miel : l'invertase, l' α -amylase, la β -amylase, l' α -glucosidase et la glucose-oxydase capable de transformer le glucose en acide gluconique. Le miel contient aussi une catalase et une phosphatase. Ces enzymes sont détruites par un chauffage exagéré du miel, qu'il y a donc lieu d'éviter si on veut bénéficier de leur action. Ainsi, leur dosage permet de détecter les fraudes liées au chauffage du miel (Huchet et al., 1996).

8.7. Matières minérales ou cendres

Les miels ont une teneur en cendres inférieure à 1% (elle est en général de l'ordre de 0.1%). On y trouve, dans l'ordre d'importance, du potassium, du calcium, du sodium, du magnésium, du cuivre, du manganèse, du chlore, du phosphore, du soufre et du silicium ainsi que plus de trente oligo-éléments. Leur teneur dépend des plantes visitées par les abeilles ainsi que du type de sol sur lequel elles poussent (Emmanuelle, Julie & Laurent, 1996).

Tableau IV : Sels minéraux et oligo-éléments du miel (Rossant, 2011).

Les constituants Minéraux	Quantité en mg/kg	Les constituants minéraux	Quantité en mg/kg
Potassium	200-1500	Cuivre	0.2-6.0
Sodium	16-170	Zinc	0.5-20
Calcium	40-300	Plomb	0.02-0.8
Magnésium	7-130	Manganèse	0.2-10
Fer	0.3-40	Nickel	0.3-1.3
Chrome	0.1-0.3	Aluminium	3-60
Cobalt	0.01-0.5	Cadmium	0.005-0.15

8.8. Composés aromatiques

L'arôme est un facteur de qualité important dans les produits alimentaires. L'arôme de miel d'abeille dépend de la composition de fraction volatile, qui est sous l'influence de la composition de nectar et d'origine florale. Le miel mono floral est de haute valeur nutritionnelle (Cuevas et al., 2007). Les constituants aromatiques interviennent en proportions variable selon les différentes provinces du miel (Guler et al., 2007).

8.9. Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires dont les principales sources sont les sécrétions végétales. Parmi les structures identifiées dans le miel : les acides phénoliques (acides benzoïques et cinnamiques), les flavonoïdes, (flavones et les flavanones) en proportion variable (AL-Mamary, AL-Meeri & AL-Habori, 2002). Les phénols interviennent sur la couleur par l'intermédiaire des flavonoïdes susceptible de contribuer à la coloration jaune (Amiot et al., 1989).

D'autre part, les flavonoïdes les mieux représentés dans le miel sont la chryisine, l'apigénine, l'hespétine, la pinocembrine, la Pinobnksine et la galangine (Marquele et al. 2005).

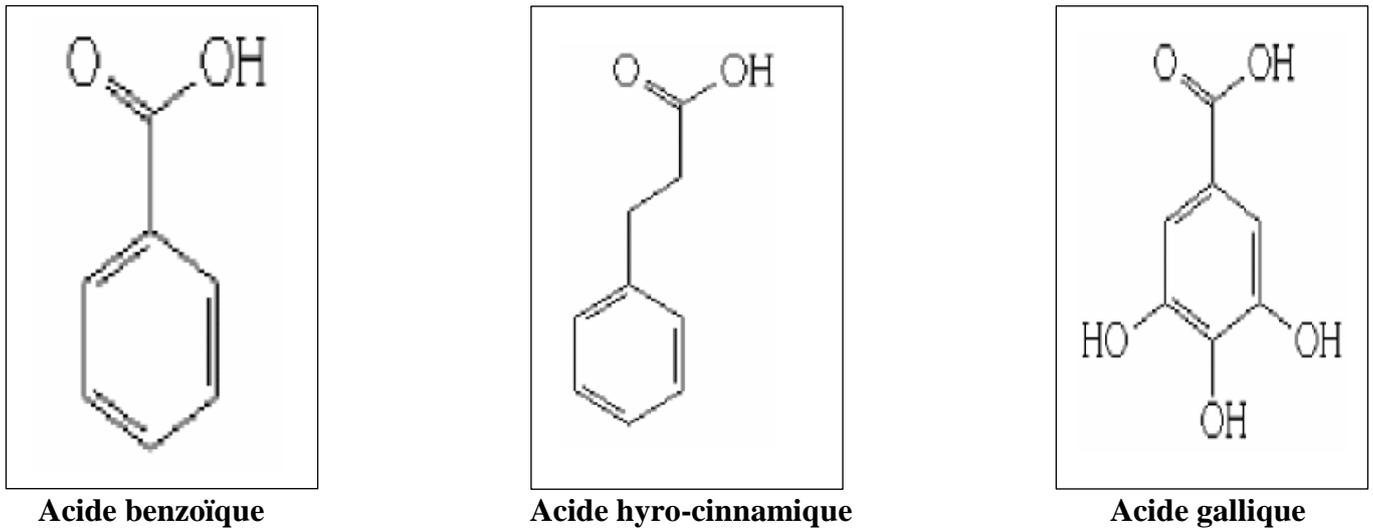


Figure 5 : Structure de quelques acides phénoliques présents dans le miel (Meda, 2005).

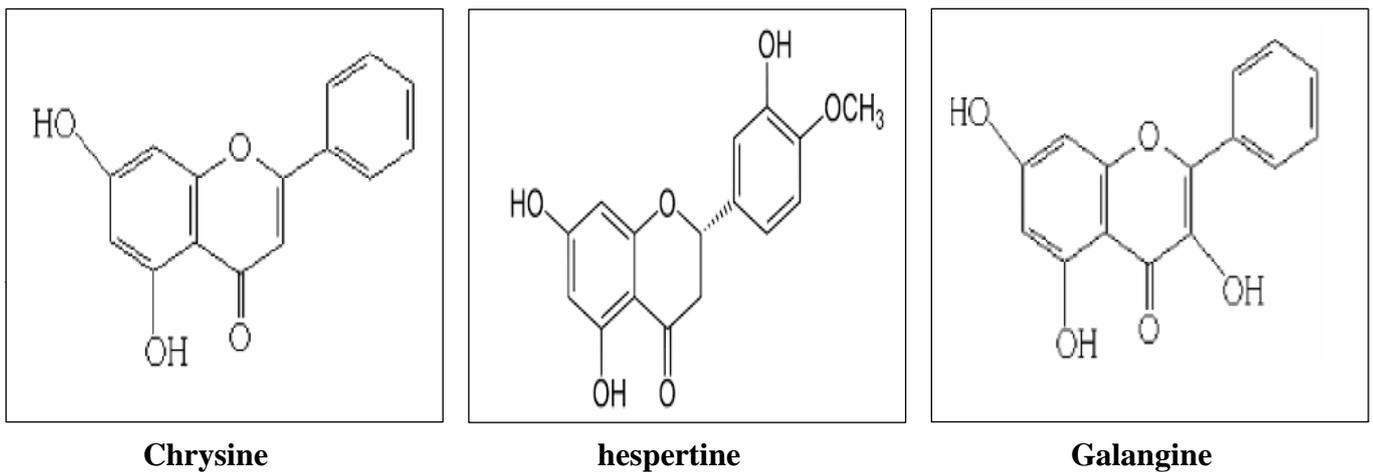


Figure 6 : Structure de quelques flavonoïdes présents dans le miel (Meda, 2005).

8.10. Les vitamines

Les vitamines du miel proviennent du nectar et du pollen. Elles sont peu nombreuses et existent en très faible quantités, elles sont représentées essentiellement par la vitamine C et les vitamines du groupe B (la thiamine, la biotine, l'acide folique,...) et très rarement, par les vitamines A, D et K (Gonnet, 1982).

Tableau V : Les vitamines dans le miel, en mg/100g, (Bogdanov et Matzke ,2003).

Thiamine (B1)	0.00-0.01
Riboflavine (B2)	0.02-0.01
Pyridoxine (B6)	0.01-0.23
Niacine	0.10-0.20
Acide pantothénique	0.02-0.11
Acide ascorbique (vitamine C)	2.2-2.5
Phyloquinone(vitamine K)	0.25

8.11. Pollen

Le pollen, élément mâle des plantes à fleurs, se présente sous forme de grains microscopiques contenus dans les anthères des étamines. L'identification des grains de pollen repose sur leur examen microscopique. La couleur, la forme, la taille et les pores différencient la plupart d'entre eux. Sous une enveloppe résistante à la dégradation, chaque grain de pollen renferme des substances indispensables à l'alimentation des larves et des jeunes abeilles. La forme de cette enveloppe est caractéristique de l'espèce végétale, ce qui est très pratique pour vérifier l'origine végétale d'un miel (Jean-Prost, 2005).

8.12. Hydroxyméthylfurfural (HMF)

Cet important facteur relatif à la qualité du miel est un indicateur de fraîcheur et de surchauffage. Le miel brut ne contient pratiquement pas d'HMF ; cependant sa teneur augmente au cours du stockage en fonction du pH du miel et de la température de stockage, il provient d'une dégradation lente du fructose, lequel en milieu acide se décompose et perd trois molécules d'eau (Gonnet, 1982).

09. Fermentation

Tous les miels naturels contiennent des levures, responsables des fermentations alcooliques. Une teneur en eau trop importante (à partir de 18%) et une température excessive leur permettent de se développer, ce qui provoque la fermentation du miel. Un miel fermenté présente généralement des bulles d'air dans sa masse et devient impropre à la consommation (Pham-Délègue M, 1999).



Figure 7 : Miel fermenté (Bruneau, 2002).

10. Qualité du miel

L'évaluation de la qualité du miel est déterminée essentiellement par la vérification de son authenticité, l'estimation de sa maturité, sa fraîcheur et l'identification de son origine botanique. Afin d'offrir au consommateur un produit de qualité, des critères physico-chimiques du miel sont fixés par le Codex Alimentarius et le Journal Officiel des communautés européennes, il s'agit de la teneur en eau, la conductivité électrique, les sucres réducteurs et non réducteurs, l'acidité, l'activité de diastase et la quantité d'HMF (Muli , Munguti & Raina,2007 - Gomes et al.,2010).

10.1. Normes de qualité du miel

Le contrôle de la qualité comporte : Une mesure de la teneur en eau, un dosage de l'HMF qui indique l'état de conservation, un examen des caractères organoleptiques, au cours d'une dégustation, qui permet de déterminer la saveur et l'arôme d'un miel, un examen de l'état physique, qui met en évidence des défauts majeurs comme une séparation en plusieurs couches ou une cristallisation grossière et irrégulière (Rossant, 2011). Un miel de qualité supérieur doit être très propre, très concentré en sucres, se présenter dans un état physique défini (cristallisé ou liquide), et n'avoir aucun goût étranger au miel (Pham-Délégue M., 1999).

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

Critères de qualité	Projet du Codex-	Projet de l'UE
Teneur en eau		
Général	= 21 g/100g	= 21 g/100g
Miel de bruyère, de trèfle	= 23 g/100g	= 23 g/100g
Miel industriel ou miel de pâtisserie	= 25 g/100g	= 25 g/100g
Teneur en sucres réducteurs		
Miels qui ne sont pas mentionnés ci-dessous	= 65 g /100 g	= 65 g /100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar	= 45 g /100 g	= 60 g /100 g
<i>Xanthorrhoea pr.</i>	= 53 g /100 g	= 53 g /100 g
Teneur en saccharose apparent		
Miels qui ne sont pas mentionnés ci-dessous	= 5 g/100 g	= 5 g/100 g
<i>Robini, Lavandula, Hedysarum, Trifolium, Zitrus, Medicago,</i>	= 10 g/100 g	= 10 g/100 g
<i>Eucalyptus cam. Eucryphia luc. Banksia menz.*</i>	= 15 g/100 g	-
Teneur en matières insolubles dans l'eau		
Général	= 0,1 g/100 g	= 0,1 g/100 g
Miel pressé	= 0,5 g/100 g	= 0,5 g/100 g
Teneur en matières minérales (cendres)	= 0,6 g/100 g	= 0,6 g/100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar, miel de châtaignier	= 1,2 g/100 g	= 1,2 g/100 g
Acidité	= 50 meq/kg	= 40 meq/kg
Teneur en hydroxyméthylfurfural	= 40 meq/kg	= 40 meq/kg

10.2. Origine botanique

La source florale d'un miel est identifiée par l'analyse pollinique. Cependant, les approches chimiques pourraient être plus précises et facilement entreprises dans la caractérisation du miel (Yao et al., 2003). La conductivité électrique, la teneur en cendre et le pH sont employés couramment pour la discrimination entre les miels de miellat et de fleur (Ouchemoukh et al., 2007).

10.3. Maturité et Fraicheur

L'estimation du degré de maturité du miel est très importante, car il conditionne sa durée de conservation. Un miel non mûr est prédisposé à une fermentation au cours du stockage, aboutissant à la détérioration de sa saveur et de sa qualité (Downey et al., 2005). La teneur en eau est le critère de qualité le mieux adapté, pour estimer la maturité du miel (Codex standard, 2001).

10.4. Le Dosage des sucres

Le critère de qualité du miel en ce qui concerne les sucres sont d'une part la quantité totale de glucose et fructose, d'autre part la teneur en saccharose (Cordella, 2003). Le glucose et le fructose dominant nettement ; les autres sucres peuvent se trouver à l'état de trace ou en quantité plus ou moins importantes (Pataca et al., 2007).

10.5. L'hydroxyméthylfurfural (HMF)

Le principal critère d'évaluation mesurable de la qualité du miel est la concentration en HMF. L'apparition de ce composé est le résultat de la transformation des sucres simples et plus particulièrement du fructose en hydroxyméthylfurfural : 5-(hydroxyméthyl)-2- furaldéhyde (HMF). L'acidité et une teneur en eau élevée favorisent cette transformation, mais un entreposage prolongé est un facteur encore plus important dans ce Processus (Marceau et al ., 1994).

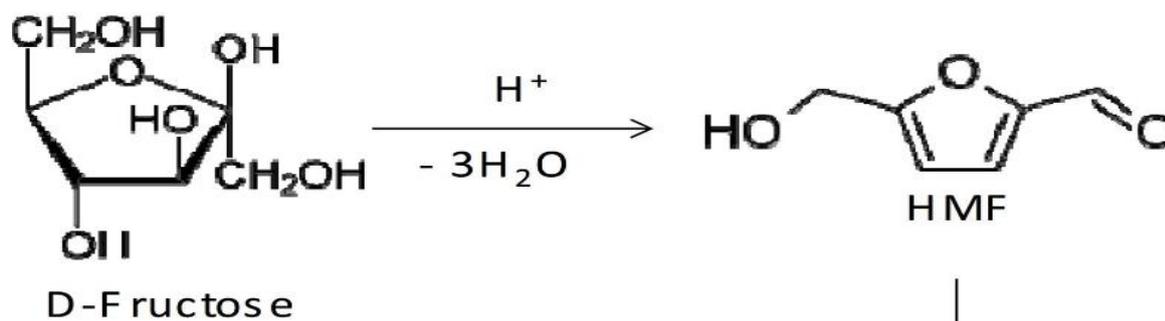


Figure 8 : Processus de la formation de l'HMF à partir de D-fructose (Gomes et al ., 2015).

10.6. Date limite d'utilisation optimale (DLUO)

Jusqu'à la DLUO le miel doit conserver ses propriétés sensorielles et physicochimiques. Cette date limite garantit au consommateur que le miel possède toutes ses qualités. Généralement la DLUO est de deux ans (Hoyet, 2005).

10.7. Effet de traitement thermique sur la qualité du miel

Le traitement thermique du miel induit une série de changement physicochimique qui pourrait affecter l'acceptabilité globale par le consommateur, aussi bien que la qualité alimentaire des produits (Sana, 2017). La réaction de Maillard est l'une des principales réactions qui se produisent dans le miel au cours du traitement thermique. Elle est également appelée brunissement non enzymatique et représente une condensation entre les groupements carbonylés et les groupements amines (Rufian et Morales, 2007). Ces réactions aboutissent à une large gamme de produits comprenant les composés volatils de faible poids moléculaire, les composés colorés non-volatiles de poids moléculaire élevé (Lan et al., 2010). Elle est fortement influencée par certains facteurs comme le pH initial, l'activité de l'eau, les concentrations des composants participants à cette réaction et la température (Oh et al., 2006).

Le miel contient différents composés chimiques, inclus les sucres, protéines, acides aminés, vitamines, acides organiques, composés phénoliques et volatils. Ces composés chimiques peuvent être dégradés par des enzymes spécifiques et à une température élevée et le temps d'entreposage prolongé, qui va donner des nouveau produits tels que des furfurannes, des acides aminés, des alcools et nouveau composés phénoliques et nouveaux composés volatils. Ceux-ci peuvent également être affectés par la production des réactions secondaires, telles que la réaction Maillard (Da Silva et al., 2015).

Chapitre II

Les Propriétés du miel

II .1. Propriétés physico-chimiques

Le miel présente selon l'origine de la plante à partir de laquelle il a été fabriqué, et selon la composition de ses sucres, des caractéristiques physico-chimiques particulières (**Rossant, 2011**). Les principaux paramètres de miel sont la coloration, l'humidité, la teneur en matière insolubles dans l'eau, la conductivité électrique, le pH et l'acidité, le spectre de sucre, la teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF), l'activité de l'amylase également appelé indice diastasique, l'activité de l'invertase, le dosage de glycérol et le pouvoir rotatoire (**Bogdanov et al. 1997**).

1.1. Densité

Le poids spécifique est en fonction principalement de la teneur en eau. Un miel récolté trop tôt extrait dans un local humide ou abandonné longtemps dans un maturateur contient trop d'eau ce défaut se décèle au densimètre ou au réfractomètre (**Jean-Prost, 2005**). La valeur de densité entre 1.39 et 1.44 à 20°C. Elle est fonction de la teneur en eau et à moindre degré de la composition chimique du miel (**Al-Khalifa et Al-Arify, 1999**).

1.2. Viscosité

La viscosité du miel est conditionnée essentiellement par sa teneur en eau, sa composition chimique et la température à laquelle il est conservé ; par ailleurs, les sucres contenus dans le miel peuvent cristalliser en partie sous l'influence de certains facteurs (Température, agitation, composition chimique), entraînant alors une modification complète de son aspect mais sans rien changer à sa composition (**Donadieu, 2008**).

1.3. La teneur en eau

La teneur en eau est un facteur hautement important car il permet l'estimation du degré de maturité des miels et peut renseigner sur sa stabilité contre la fermentation et la cristallisation au cours du stockage ; donc elle conditionne la conservation du produits (**De Rodriguez et al., 2004 ; Küçük et al., 2007**). Le risque de fermentation est très faible pour les miels qui contiennent moins de 18% (**Carvalho et al., 2009**).

1.4. Indice de réfraction

L'indice de réfraction du miel est inversement proportionnel à sa teneur en eau. Il varie entre 1,5041 et 1,4915 à 20°C pour une teneur en eau allant de 13 à 18 % pour la majorité des miels (**Terrab et al., 2004**).

1.5. Pouvoir rotatoire

Le miel présente la propriété de dévier le plan de la lumière polarisée. Le pouvoir rotatoire global dépend de la nature et des proportions relatives des sucres présents dans le miel. Cette propriété est très utilisée pour la détermination de l'origine botanique du miel (Nanda et al., 2003).

1.6. Coloration

En fonction de l'origine florale, géographique et la composition, le miel présente différentes couleurs (Hoyet, 2005). Les diverses couleurs du miel sont généralement toutes des nuances de jaune brun, mais peuvent être aussi verdâtre (miellat), miel grisâtre (tournesol), rougeâtre et certains presque noir. Le chauffage et le vieillissement provoquent une intensification de la coloration du miel (Lequet, 2010).

Tableau VII : Les différentes couleurs des miels en fonction de leur origine florale (Hoyet, 2005).

Origine florale	Couleur
<i>Acacia</i>	Incolore
<i>Lavande, Tilleul</i>	Ivoire
<i>Tournesol, Pissenlit</i>	Jaune
<i>Châtaignier, Bruyère</i>	Brun
<i>Saule, Sapin</i>	Très foncée avec des reflets verts

1.7. Cristallisation

La cristallisation est un phénomène physique, naturel et non une altération. Cependant, dans la ruche à 36 °C, le miel est liquide mais une fois récolté il peut se cristalliser (Ouchemoukh, 2012). La vitesse de cristallisation dépend de la température de conservation et de la nature des sucres ainsi que leur solubilité dans l'eau (Gonnet, 1982). Les miels riches en glucose cristallisent beaucoup plus vite que ceux riches en fructose (Jean-Prost et Médori, 2005).

1.8. Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) du miel est l'un des paramètres efficaces pour la distinction entre le miel de miellat et le miel de nectar. La CE de miel de miellat est supérieur à 0,8 ms/cm et celle de nectar est inférieur à 0,8 ms /cm. Elle est d'autant plus élevée que sa teneur en substances minérales est élevée (Bogdanov et al , 2005).

1.9. La teneur en cendres

Les cendres représentent le résidu minéral du miel après incinération. La détermination des cendres offre la possibilité de connaître la teneur en matière minérale globale du miel (**Silva et al., 2009**). Le contenu des cendres dépend fondamentalement et quantitativement aux caractéristiques du sol et du climat de la région du miel (**Vanhanen et al., 2011**).

1.9.1. Relation entre la teneur en cendres et la conductivité électrique

Actuellement, au lieu de déterminer la teneur en matière minérale (cendre), on se réfère à la conductivité électrique du miel. Elle est plus facilement mesurable et utilisée principalement pour la caractérisation des miels monofloraux (**Nanda et al., 2003**). Selon l'origine géographique et botanique des miels, la teneur en matière minérale et la conductivité électrique seront différentes (**Nair, 2006**). Il existe un rapport linéaire entre conductivité électrique et teneur en matière minérale d'un miel sur la base duquel il est possible de calculer la teneur en matière minérale à partir de mesure la conductivité électrique (**Bogdanov et al., 2004**).

1.10. Acidité et pH

L'acidité est un critère de qualité, le pH de miel va de 3,2 à 5,5. Il est généralement inférieur à 4 dans les miels de nectar et supérieur à 5 dans les miels du miellat (**Jean-Prost et Médori., 2005**). L'acidité du miel est due à la présence des acides organiques ainsi que d'ions inorganiques (**Terrab et al., 2002**). Cette acidité contribue à la saveur du miel et aux activités antibactériennes et antioxydantes. Sa variation peut-être due aux types floraux des plantes (**Cavia et al., 2007**).

2. Propriétés biologiques

Le miel est non seulement un aliment mais on peut le considérer comme un médicament car il possède maintes propriétés biologiques (nutritionnelles, antibactériennes, antioxydantes et thérapeutiques). Ces propriétés sont dues essentiellement à sa composition qui est variable en fonction des plantes butinées, des conditions climatiques et environnementales (**Lobreau et al., 1999**).

2.1. Propriétés nutritionnelles

Le miel est un aliment naturel, riches en sucres simples (glucose et fructose), directement assimilable, doué d'un pouvoir sucrant important. Il permet de couvrir les besoins énergétiques de l'organisme dans des conditions optimales. Il apporte 310 calories aux 100g, traditionnellement, il a été utilisé dans la nourriture comme agent édulcorant (**Huchet et al., 1996**). Cependant, plusieurs aspects de son utilisation indiquent qu'il fonctionne comme un conservateur alimentaire (**Ferreres et al., 1993**).

2.2. Propriétés thérapeutiques

Depuis des millénaires le miel a été utilisé dans la médecine populaire dans de nombreux domaines d'ailleurs Aristote, le recommandait pour soulager divers maux (**Paulus et al., 2012**). Le miel est non seulement considéré comme une substance sucrée, savoureuse mais également comme une partie de médecine traditionnelle. Il a été rapporté qu'il est efficace contre les désordres gastro-intestinaux, la guérison des blessures et des brûlures, et pour produire une protection gastrique contre les lésions gastriques aiguës et chroniques (**Gomez- Caravaca et al., 2006**).

Plusieurs sortes de miel sont à noter (**Festy, 2010**)

- Le miel d'acacia pour problèmes de constipation.
- Le miel de romarin pour améliorer la digestion.
- Le miel d'oranger considère comme un calmant.
- Le miel de tilleul favorise le sommeil et soulage les brûlures d'estomac.
- Le miel de lavande est un antiseptique des branches et des poumons.
- Le miel de bruyère est diurétique, antirhumatismal et est bon pour la prostate.
- Le miel d'eucalyptus est efficace contre la toux et la désinfection des voies urinaires.
- Le miel de pin ou de sapin est recommandé en cas de bronchite.

2.3. Propriétés antimicrobiennes

L'activité antimicrobienne du miel est attribuée à des facteurs physiques (pression osmotique et l'acidité) et chimique (peroxyde d'hydrogène et inhibines non peroxyde) (**Weston et al., 2000**). Le miel du fait de son osmolarité conséquente et de sa forte teneur en sucre crée un appauvrissement de l'eau disponible pour les bactéries mettant en péril leur vie. Par sa viscosité, le miel forme une barrière protectrices sur les plaies qui prévient ainsi la formation du biofilm (agrégat complexe de nombreuses espèces bactériennes). Par son acidité il permet l'inhibition de nombreux pathogènes (**Lavoine, 2012**).

2.4. Propriétés antioxydantes

Les antioxydants jouent un rôle important dans la préservation des aliments et la santé humaine, par désactivation et stabilisation des agents d'oxydation (espèces réactive oxygénées) responsables de nombreuses maladies telles que le cancer, la cataracte, le diabète, les maladies cardiovasculaires et les différents processus d'inflammation (**Ames et al., 1993**). Les composés responsables de l'activité antioxydante du miel sont les flavonoïdes, les acides phénoliques, l'acide ascorbique, les enzymes (la catalase et la peroxydase), les caroténoïdes, les peptides, les acides organiques et les produits de la réaction du Maillard (**Bertoncelj et al., 2007**).

DEUXIEME PARTIE :

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Objectif

L'objectif principal de cette partie est l'étude de l'effet de la durée d'entreposage et la température sur la qualité du miel.

2. Echantillon de miel

L'échantillon du miel utilisé dans cette étude est procuré chez un apiculteur de la région EL Hammamet. Les prélèvements ont été effectués sur un seul type de miel poly floraux.



Photo 01 : l'échantillon du miel analysé (photo personnel)

3. Méthodes

Les analyses effectuées lors de notre étude sont réalisées selon les méthodes officielles d'analyses du miel du codex Alimentarius au niveau du laboratoire (**EURL LABORATOIRE FETHALLAH DE CONTROLE DE LA QUALITE**). L'étude s'est déroulée Du 04/01/2017 au 04/04/2018.

4. Réactifs chimiques et instruments

Pour atteindre l'objectif de cette étude, nous avons utilisé les instruments et les réactifs qui sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau VIII : Les appareils de mesure et les réactifs utilisé dans l'étude.

Matériel	Références	Produits chimiques
Agitateur	Agitateur Assistant "Votrex" Bibby Sa 6vitesse Variable	Solution d'étalonnage PH07- PH04-PH10
Balance analytique	Balance analytique Europe précision 0.001 g	Réactif à la paratoluidine
Distillateur	Distillateur 2l/H Waterdist Stat	Solution d'acide barbiturique
PH mètre	Ph mètre Portatif Hanna Hi 8424 Avec électrode et sonde de température.	solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N
Réfractomètre RM 90	Manuels portatifs avec correction de température automatique (58 à 90 Brix) miel (1.25 à 1.60 g/cm ³) (densité) miel (12 % à 27 %) teneur en eau miel	phénol phtaléine
Réfractomètre Numérique HI 96801	Hi 96801 Digital (0% - 85% Brix)	
Spectrophotomètre UV /visible	WPA - Lightwave II Gamme spectrale 190-1100 nm analyses aminoacides, colorimètres et spectrophotomètres	
Agitateur + plaque chauffante	IKA compimag RCT	
Bain Marie	Bain marie capacité 15 litres digital nûve NB 20	
Titrateur	Titronic Schott instrument GmbH.nr.00678845	

5. Caractéristiques physico-chimiques

Durant la période d'étude, 7 paramètres physico-chimiques sont déterminées : pH, Acidité, Teneur en eau(Humidité), Densité, Indice de réfraction, Teneur en sucres (Brix) et HMF. La mesure se fait chaque mois et à 3 Températures (°C) différentes (0-15°, 16-30°, 31-60°).

5.1. pH

C'est la mesure du potentiel hydrogène d'une solution de miel à l'aide d'un pH mètre HANNA HI 8424.

5.1.1. Principe

Mesure la tension (différence de potentiel) entre ces deux électrodes.

5.1.2. Mode opératoire

Peser dans un petit bécher 10g du miel le dissoudre dans 75ml d'eau distillé, puis rincer l'électrode à l'eau distillée puis sécher là avec du papier, ensuite placer la solution de miel a analysé sous agitation magnétique et plonger l'électrode propre et sèche dans la solution à analyser et enfin attendre la stabilisation de la valeur du pH.

5.1.3. Expression des résultats

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

5.2. L'acidité libre

L'acidité libre du miel est le contenu de tous les acides libres, elle est déterminée par la méthode titrimétrique (I.H.C, 2002).

5.2.1. Principe

Titrage avec solution d'hydroxyde de sodium (0,1 N) en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

5.2.2. Mode opératoire

Dissolution de 10 g du miel dans 75 ml d'eau distillée (L'échantillon est remué par un agitateur magnétique, le pH est noté par des électrodes déposées au niveau de l'échantillon) puis l'échantillon est titré avec une solution d'hydroxyde de sodium (0,1 N), en présence de 4 ou 5 gouttes de phénolphtaléine. Le virage final de la coloration doit persister pendant 10 secondes.

5.2.3. Mode de calcul

L'acidité libre du miel est exprimée en gramme par litre de miel et déterminée par la formule suivante :

$$AL = (\text{Volume de } 0,1 \text{ N NaOH en ml}) \times 10$$

V : le volume en ml de soude à 0,1M utilisé lors de la titration.

5.3. Teneur en eau et densité

La teneur en eau du miel est le critère de qualité qui détermine la capacité du miel à rester stable et à résister à la détérioration par fermentation de la levure. (I.H.C 2002). La détermination de la teneur en eau et la densité s'effectue par mesure optique réfractomètre RM 90.

5.3.1. Principe

Lecture directe avec un réfractomètre.

5.3.2. Mode opératoire

D'abord nettoyer et sécher le prisme du réfractomètre et régler le réfractomètre à zéro. Le miel à analyser doit être homogénéisé et parfaitement liquide (Si le produit se trouve cristallisé, il est nécessaire de le refondre dans un flacon à fermeture hermétique en étuve ou en bain marie à moins de 50°C). Après refroidissement à une température ambiante, prendre une goutte de miel à l'aide d'une spatule, puis déposer et étaler en couche mince sur la platine de prisme. Enfin faire la lecture à Travers l'oculaire au niveau de la ligne horizontale de partage entre zone Claire et zone obscure (en présence de 2 échelles le teneur en eau et la densité).

5.4. L'indice de réfraction

5.4.1. Principe : lecture directe tableau Wedmore.

Est calculé d'après la formule développée par Wedmore (I.H.C., 2002) La formule de Wedmore c'est la suivante :

$$W = 1.7319 - \log (R.I - 1) / 0.002243$$

W : contenant d'eau en g dans 100 g du miel (water)

R.I : indice de réfraction.

NB : l'indice de réfraction peut être calculé par son relation avec l'humidité (**Annexe 1**).

5.5. Le taux de sucre (Degré Brix)

5.5.1. Principe : l'échelle de Brix sert à mesurer en degrés Brix (°B ou °Bx) la fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble.

5.5.2. Mode opératoire

Le brix déterminée grâce à la méthode de la réfractométrie par le Réfractomètre Numérique Hanna HI 96801. D'abord régler le réfractomètre à zéro avec l'eau distillé(Le miel à analyser doit être homogénéisé et parfaitement liquide), puis prendre une goutte de miel à l'aide d'une spatule, puis déposer en couche mince sur la platine de prisme. Enfin Cliquez le bouton lire on peut mesurer directement le taux de sucre sur l'écran de l'appareil.

5.6. Détermination du HMF ou Hydroxy-méthyl-furfural

L' HMF représente un critère de qualité de l'état de fraîcheur d'un miel.

5.6.1. Principe

Mesure à une longueur d'onde déterminée de la coloration rouge à l'action de l'hydroxyméthylfurfural(H.M.F) sur l'acide barbiturique et la paratoluidine. **Méthode (CACQE N° 18.97.07).**

5.6.2. Réactifs

- Eau distillée.
- **Solution d'acide barbiturique** : dans une fiole de 100 ml dissoudre 500 mg d'acide barbiturique dans 70 ml d'eau distillée au bain d'eau Refroidir, et compléter avec de l'eau jusqu'au trait de jauge.
- **Réactif à la paratoluidine** : dans une fiole jaugée de 100 ml dissoudre 10 grammes de paratoluidine dans 50 ml d'isopropanol (chauffer légèrement si nécessaire).
- Ajouter après refroidissement 10 ml d'acide acétique cristallisable.
- Compléter jusqu'au trait de jauge avec l'isopropanol.
- Conserver le réactif en flacon brun et au réfrigérateur.

5.6.3. Appareillage

- Fioles jaugées de 100 ml.
- Bain d'eau bouillante.
- Pipette de précision de 10 ml.
- Pipette de Précision de 1 ml.
- Balance analytique.
- Bécher de 25 ml.
- Fiole jaugée de 10 ml.
- Tube à essai.
- 3.9 Pipette de 2 ml et de 5ml.
- 3.10 Spectrophotomètre UV/ visible WPA - Lightwave II Gamme spectrale : 190 - 1100 nm.
- Mode de mesure : à 550 nm.

5.6.4. Mode opératoire

Peser à 0,01 gramme près 2 grammes de miel dans un bécher, les dissoudre dans 4 à 5 ml d'eau distillée, puis transvaser la solution obtenue dans une fiole jaugée de 10 ml. Puis rincer le bécher, et compléter la fiole jusqu' au trait de jauge avec de l'eau distillée, ensuite verser dans un premier tube à essai 2 ml de solution de miel, 5 ml de réactif à la paratoluidine et 1 ml d'eau (témoin) et verser dans un deuxième tube à essai 2 ml de solution de miel, 5 ml de réactif à la paratoluidine et 1 ml de solution d'acide barbiturique (essai).Après agiter les deux tubes à plusieurs reprises et enfin Faire le zéro de l'appareil sur le témoin ; suivre l'extinction à 550 nm et noter le maximum D° qui, généralement, s'obtient entre deux et quatre minutes.

5.6.5. Expression des résultats

Dans les conditions du mode opératoire, pour la longueur d'onde et d'épaisseur de cuve choisie, la teneur en H.M.F. exprimée en mg pour 1 000 grammes de miel est donnée par la formule.

Le facteur 192 a été obtenu expérimentalement à partir d'H.M.F. pur.

$$192 \times \text{extinction } (D^\circ)$$

$$\text{Épaisseur de la cuve (en cm)}$$

6. Etude statistique

La saisie et le traitement des données ont été réalisés à l'aide de logiciel :

❖ XLSTAT®14

Les résultats sont en moyenne \pm écart type moyenne. Les différences entre les moyennes de chaque paramètre ont été estimées grâce à une analyse de variance à deux facteurs (durée et température) suivi d'un test de Tukey qui évalue les différences entre les groupes. Les résultats sont exprimés en moyenne \pm un écart—type moyen (SEM), avec un seuil de significativité $p \leq 0,05$.

Résultats
Et
Discussions

Résultats et discussion

Les résultats des analyses physicochimiques sont présentés dans l'annexe 2.

1. Effet sur le pH du miel

1.1. Effet de la durée d'entreposage

L'évolution des valeurs du pH en fonction de la durée d'entreposage est présentée dans la **figure 9**.

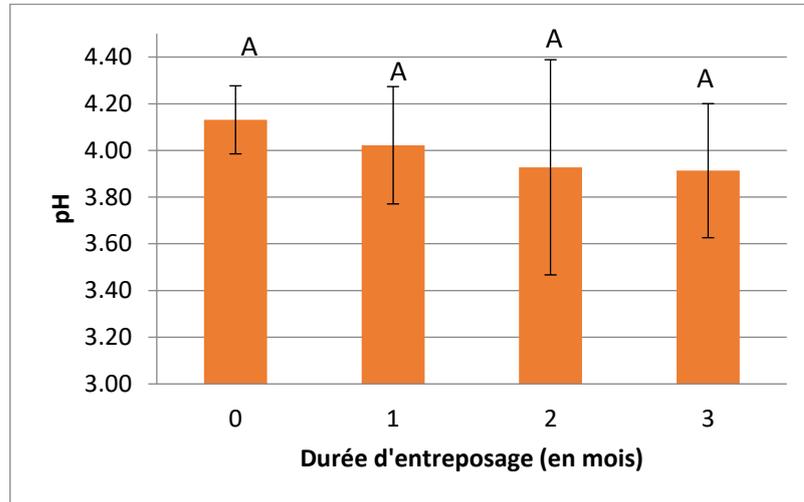


Figure 9 : Effet de la durée d'entreposage sur le pH du miel

Nos résultats montrent que la valeur du pH du miel diminuée de façon non significatif en fonction de la durée de stockage (**tableau IX**). En effet, le pH du miel passe d'une valeur de 4.13 au début de l'expérimentation à une valeur de 3.91 après 3 mois d'entreposage. Cela indique que la durée de stockage n'affecte pas significativement le pH de miel.

1.2. Effet de la température d'entreposage

L'évolution des valeurs du pH en fonction de la température d'entreposage est présentée dans la **figure 10**.

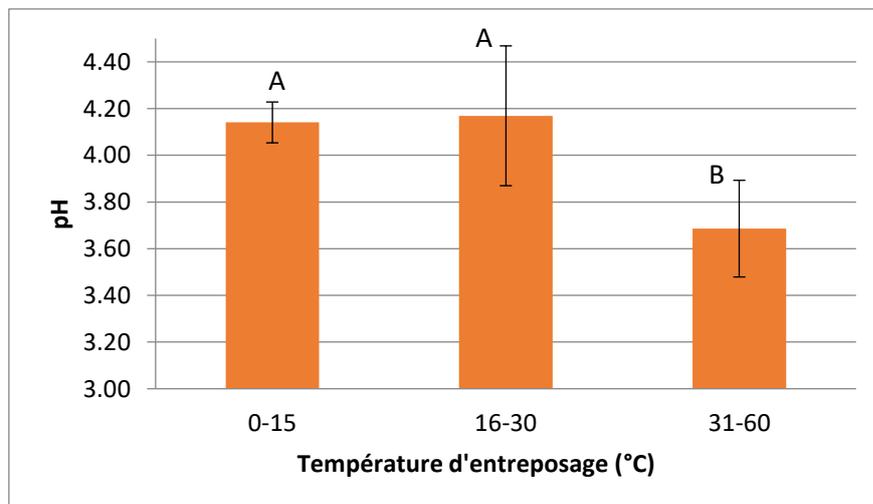


Figure 10 : Effet de la température d'entreposage sur le pH du miel.

Nos résultats montrent que la valeur du pH du miel est influencée significativement par la température du stockage (**tableau IX**). En effet, le pH du miel passe d'une valeur de 4.14 au début de l'expérimentation à une valeur de 3.69 après 3 mois d'entreposage. Cette diminution des valeurs de pH peut être expliquée par la libération de quelque acide organique tel que les acides gluconiques. (**Cavia et al., 2007**).

Les résultats de la présente étude concordent avec ceux rapportés par (**Cavia et al., 2007**). Ces auteurs rapportent que les valeurs du pH diminuent de 4.50 à 3.60.

Les résultats de l'ANOVA sont présentés dans (**le tableau IX**).

Tableau IX : Analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur le pH.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	2.2271	0.2025	4.4995	0.0010
Durée	3	0.2736	0.0912	2.0270	0.1369
Température	2	1.7658	0.8829	19.6207	< 0,0001
Durée*Température	6	0.1877	0.0313	0.6953	0.6558
Erreur	24	1.0799	0.0450		
Total corrigé	35	3.3070			

Par ailleurs, notre étude montre que l'interaction (Durée*Température) n'est pas statistiquement significative ($p=0.6558$). Cela montre que les variations observées sur les valeurs du pH sont dues à l'effet de la température indépendamment de la durée de stockage.

2. Effet sur l'acidité du miel

2.1. Effet de la durée d'entreposage

Les variations des valeurs d'acidité en fonction de la durée d'entreposage sont présentées dans la figure 11.

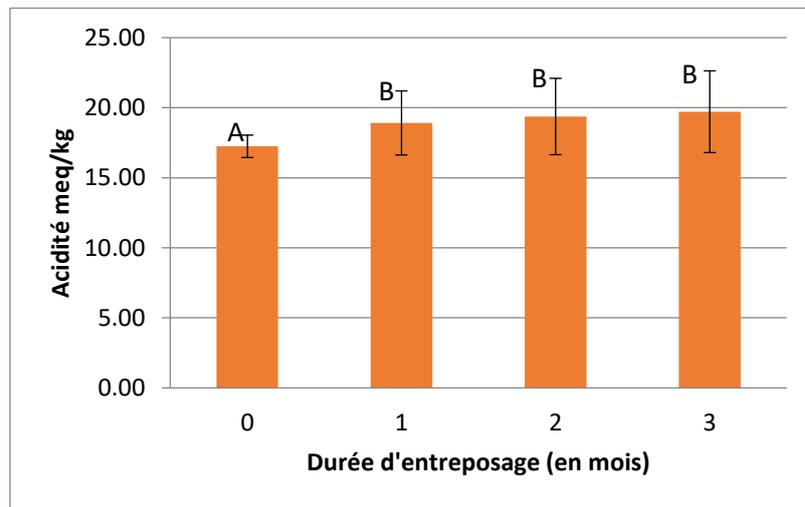


Figure 11 : Effet de la durée d'entreposage sur l'acidité du miel.

Nos résultats montrent que la valeur d'acidité en fonction de la durée de stockage est augmentée. En effet, l'acidité du miel passe d'une valeur de 17.24 au début de l'expérimentation à une valeur de 19.71 après 3 mois d'entreposage. Cependant cette augmentation est statistiquement significative ($p=0.0001$). Cette augmentation des valeurs d'acidité peut être expliquée par la libération de quelque acide organique Tels que les acides gluconiques (Cavia et al.,2007).

Les résultats de la présente étude concordent avec ceux rapportés par (Fallico *et al.*, 2004). Ces auteurs rapportent que les valeurs d'acidité augmentent de 14.6 à 17.00 après 06 mois de stockage.

2.2. Effet de la température d'entreposage

L'évolution des valeurs d'acidité en fonction de la température d'entreposage est présentée dans la figure 12.

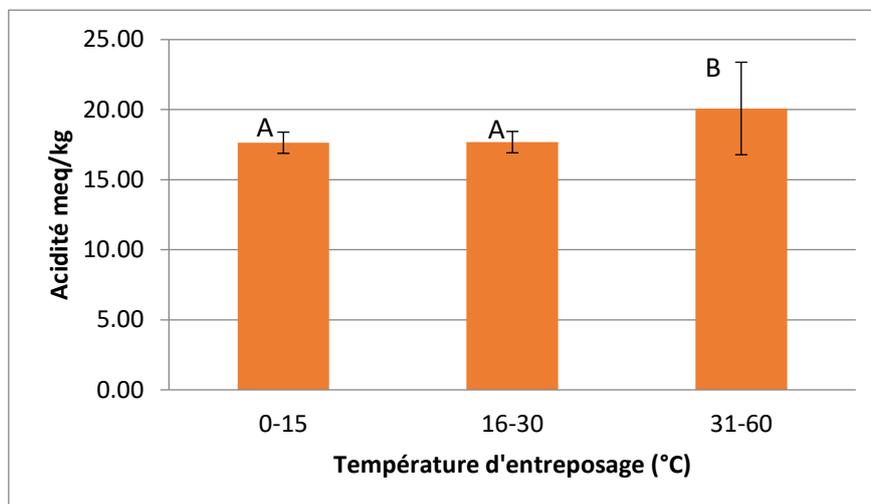


Figure 12 : Effet de la température d'entreposage sur l'acidité du miel.

Nos résultats montrent que la valeur d'acidité en fonction de la température de stockage est augmentée. En effet, l'acidité du miel passe d'une valeur de 17.64 au début de l'expérimentation à une valeur de 20.08 après 3 mois d'entreposage. Cette augmentation des valeurs d'acidité peut être expliquée par l'intervention de l'acidité lactonique. En effet, l'acidité lactonique est considérée comme la réserve d'acidité lorsque le miel devient alcalin (Silva et al., 2009).

Les résultats de la présente étude concordent avec ceux rapportés par (Fallico et al., 2004). Ces auteurs rapportent que les valeurs d'acidité augmentent de 14.6 à 22.00 à 50C° après 06 mois de stockage.

Les résultats de l'ANOVA sont présentés dans (le tableau X).

Tableau X : Analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur l'acidité.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	181.9738	16.5431	16.1298	< 0,0001
Durée	3	32.3952	10.7984	10.5286	0.0001
Température	2	95.6918	47.8459	46.6506	< 0,0001
Durée*Température	6	53.8868	8.9811	8.7568	< 0,0001
Erreur	24	24.6149	1.0256		
Total corrigé	35	206.5888			

Les résultats de la présente étude montrent que l'interaction (Durée*Température) est statistiquement significatif ($p < 0,0001$), cela montre que l'effet de la durée de stockage du miel diffère en fonction de la température de stockage.

3. Effet sur la teneur en eau (Humidité) du miel

3.1. Effet de la durée d'entreposage

L'évolution des valeurs d'humidité en fonction de la durée d'entreposage est présentée dans la **figure 13**.

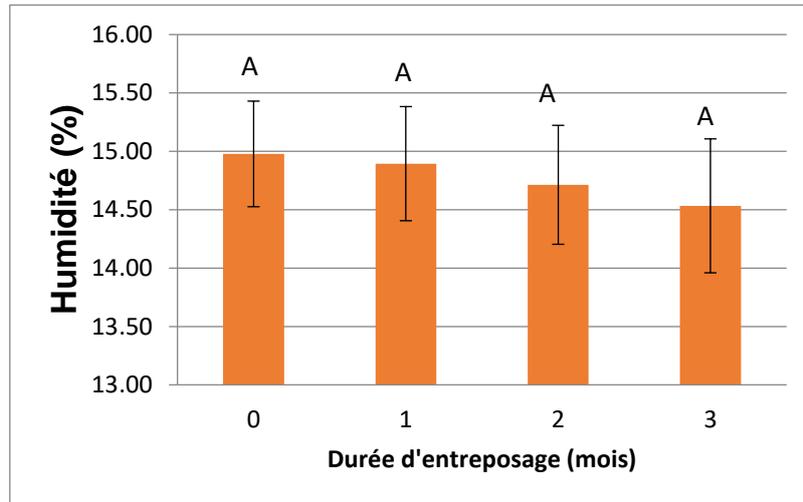


Figure 13 : Effet de la durée d'entreposage sur l'humidité du miel.

Nos résultats montrent que la valeur d'humidité en fonction de la durée de stockage est diminuée. En effet, l'humidité du miel passe d'une valeur de 14.98 au début de l'expérimentation à une valeur de 14.53 après 3 mois d'entreposage. Cependant cette diminution n'est pas statistiquement significative ($p=0.1803$). Cela indique que la durée de stockage n'affecte pas l'humidité du miel.

3.2. Effet de la température d'entreposage

L'évolution des valeurs d'humidité en fonction de la température d'entreposage est présentée dans la **figure 14**.

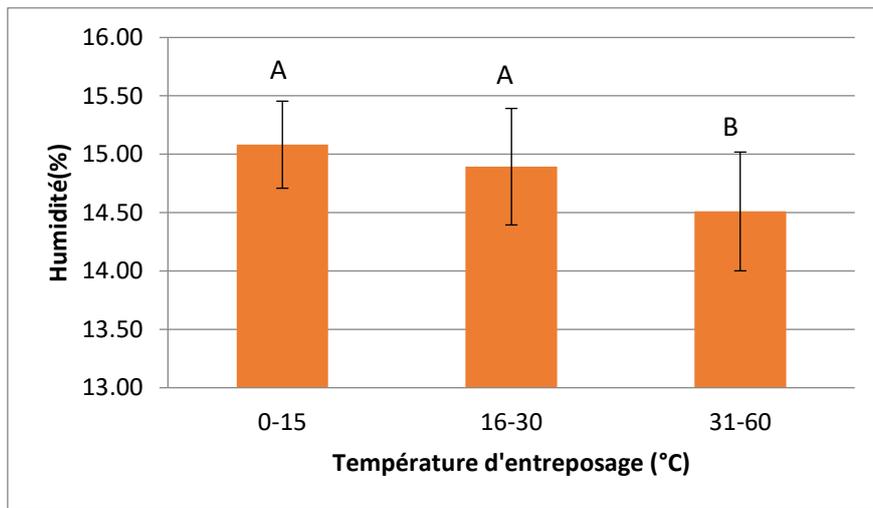


Figure 14 : Effet de la température d'entreposage sur l'humidité du miel.

Nos résultats montrent que la valeur d'humidité en fonction de la température de stockage est diminuée. En effet, l'humidité du miel passe d'une valeur de 15.08 au début de l'expérimentation à une valeur de 14.51 après 3 mois d'entreposage. Cependant cette diminution est statistiquement très significative ($p=0.0018$). Cette diminution des valeurs d'humidité peut être expliquée par le séchage d'eau contenue dans le miel.

Les résultats de la présente étude concordent avec ceux rapportés par (**Chua et al., 2013**) Cet auteur rapporte que les valeurs d'humidité diminuent de 28.17 à 24.20 après traitement à une température de 63 C°.

Les résultats de l'ANOVA sont présentés dans (**le tableau XI**).

Tableau XI : Analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur l'humidité.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	4.5261	0.4115	2.0630	0.0669
Durée	3	1.0575	0.3525	1.7674	0.1803
Température	2	3.3212	1.6606	8.3258	0.0018
Durée*Température	6	0.1474	0.0246	0.1232	0.9924
Erreur	24	4.7868	0.1995		
Total corrigé	35	9.3129			

Il apparaît que l'interaction (Durée*Température) est statistiquement non significatif ($p=0,9924$). Cela montre que les variations observées sur l'humidité du miel sont dues uniquement à l'effet de la température du stockage et ce indépendamment de la durée d'entreposage.

4. Effet sur l'indice de réfraction

4.1 Effet de la durée d'entreposage

L'évolution des valeurs d'indice de réfraction en fonction de la durée d'entreposage est présentée dans la **figure 15**.

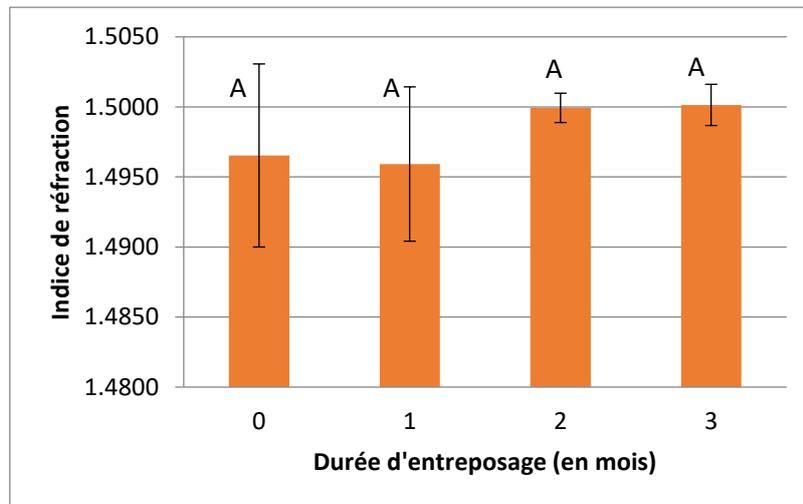


Figure 15 : Effet de la durée d'entreposage sur l'indice de réfraction du miel.

Nos résultats montrent que la valeur d'indice de réfraction en fonction de la durée de stockage est diminuée après le premier mois puis augmentée. En effet, l'indice de réfraction du miel passe d'une valeur de 1.4965 au début de l'expérimentation à une valeur de 1.5001 après 3 mois d'entreposage. Cependant ce changement n'est pas statistiquement significatif ($p=0,0892$).

4.2. Effet de la température d'entreposage

L'évolution des valeurs d'indice de réfraction en fonction de la température d'entreposage est présentée dans la **figure 16**.

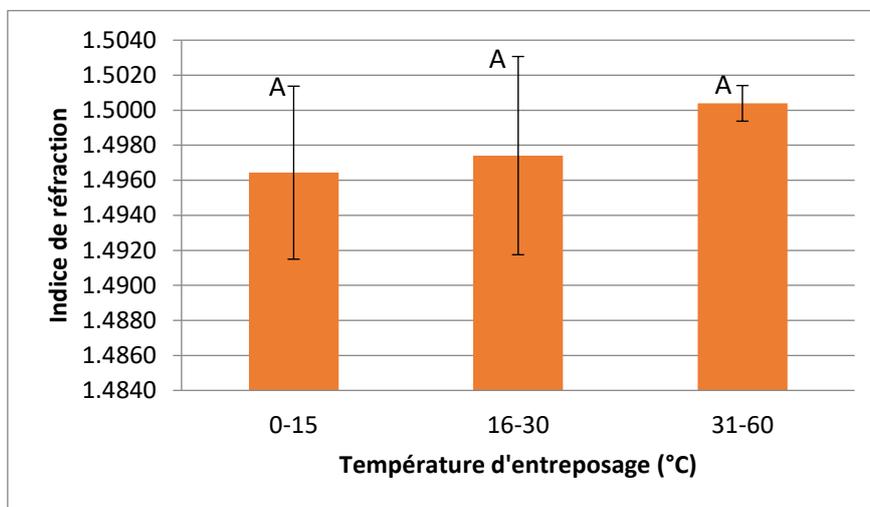


Figure 16 : Effet de la température d'entreposage sur l'indice de réfraction du miel.

Nos résultats montrent que la valeur d'indice de réfraction en fonction de la température de stockage est augmentée. En effet, l'indice de réfraction du miel passe d'une valeur de 1.4964 au début de l'expérimentation à une valeur de 1.5004 après 3 mois d'entreposage. Cependant cette augmentation n'est pas statistiquement significative ($p=0.0646$). L'augmentation des valeurs d'indice de réfraction pendant la durée de conservation et après le traitement thermique expliquée que l'indice de réfraction et l'humidité sont inversement proportionnels (**voir annexe 1**).

Les résultats de l'ANOVA sont présentés dans (**le tableau XII**).

Tableau XII : Analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur l'indice de réfraction.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	0.0003	0.0000	1.5431	0.1804
Durée	3	0.0001	0.0000	2.4381	0.0892
Température	2	0.0001	0.0001	3.0766	0.0646
Durée*Température	6	0.0001	0.0000	0.5845	0.7392
Erreur	24	0.0004	0.0000		
Total corrigé	35	0.0007			

Les résultats présentant que l'interaction (Durée*Température) n'est également pas significative.

5. Effet sur la teneur en sucre du miel

5.1. Effet de la durée d'entreposage

L'évolution des valeurs de la teneur en sucre en fonction de la durée d'entreposage est présentée dans la **figure 17**.

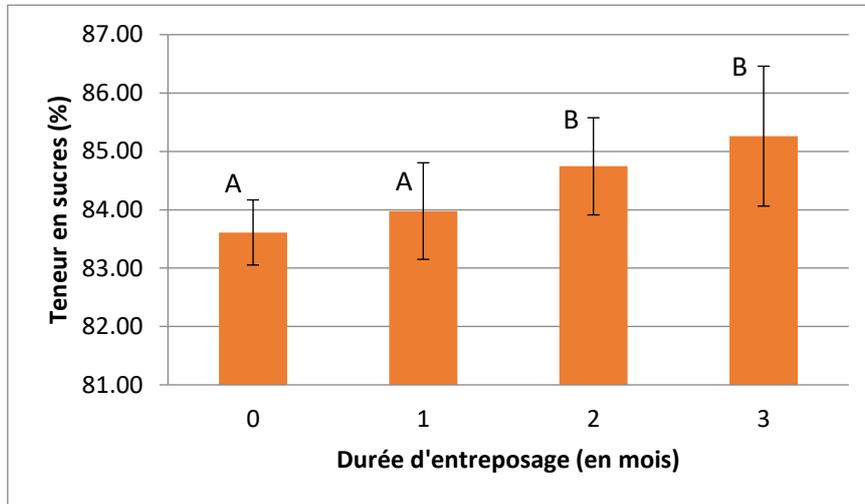


Figure 17 : Effet de la durée d'entreposage sur la teneur en sucre du miel.

Nos résultats montrent que la valeur de la teneur en sucre en fonction de la durée de stockage est augmentée. En effet, la teneur en sucre du miel passe d'une valeur de 83.61 au début de l'expérimentation à une valeur de 85.26 après 3 mois d'entreposage. Cependant cette augmentation est statistiquement significative ($p < 0.0001$). Cette augmentation des valeurs de la teneur en sucre peut être expliquée par le phénomène de transglycosylation (**Kasolia, 1991**).

Les résultats de la présente étude concordent avec ceux rapportés par (**Pascoal et al., 2013**) Ces auteurs rapportent que les valeurs de la teneur en sucre augmentent de 66.24 à 68.03 après 4 mois de stockage.

6.2. Effet de la température d'entreposage

L'évolution des valeurs de la teneur en sucre en fonction de la température d'entreposage est présentée dans la **figure 18**.

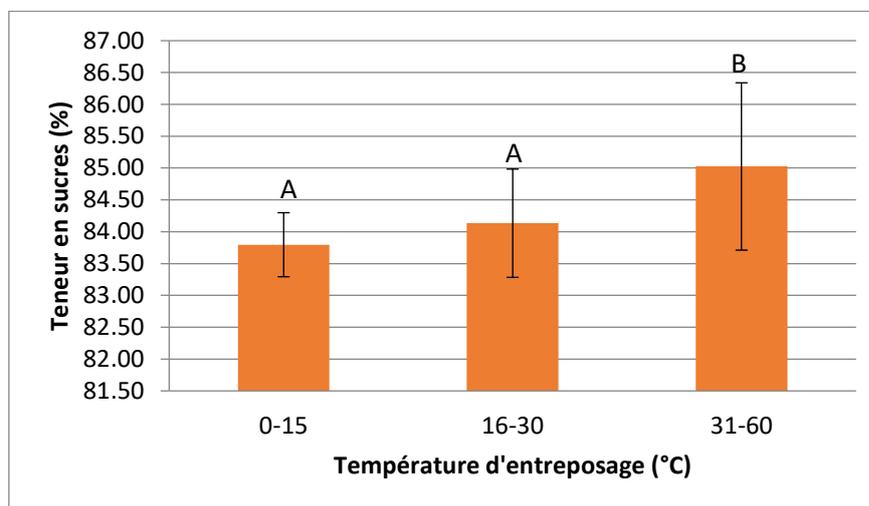


Figure 18 : Effet de la température d'entreposage sur la teneur en sucre du miel.

Nos résultats montrent que la valeur la teneur en sucre en fonction de la température de stockage est augmentée. En effet, la teneur en sucre du miel passe d'une valeur de 83.80 au début de l'expérimentation à une valeur de 85.03 après 3 mois d'entreposage. Cependant cette augmentation est statistiquement significative ($p < 0,0001$). Cette augmentation des valeurs de la teneur en sucre peut être expliquée par phénomène de transglycosylation (**Kasolia, 1991**).

Les résultats de la présente étude concordent avec ceux rapportés par (**Chua et al., 2013**) et (**Pascoal et al., 2013**), ces auteurs rapportent que les valeurs de la teneur en sucre augmentent de 71.20 à 80.65 à une température de 90°C pendant 30min. (**Chua et al., 2013**).

Les résultats de l'ANOVA sont présentés dans (**le tableau XIII**).

Tableau XIII : Analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur le brix.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	33.0174	3.0016	10.4026	< 0,0001
Durée	3	14.9469	4.9823	17.2671	< 0,0001
Température	2	14.2468	7.1234	24.6876	< 0,0001
Durée*Température	6	3.8238	0.6373	2.2087	0.0774
Erreur	24	6.9250	0.2885		
Total corrigé	35	39.9424			

Nos résultats rapportent que l'interaction (Durée*Température) est statistiquement non significatif ($p=0.0774$), cela montre que chaque facteur (température/durée) exerce son effet sur la teneur en sucre indépendamment l'un de l'autre.

6. Effet sur la densité du miel

6.1. Effet de la durée d'entreposage

L'évolution des valeurs de la densité en fonction de la durée d'entreposage est présentée dans la figure 19.

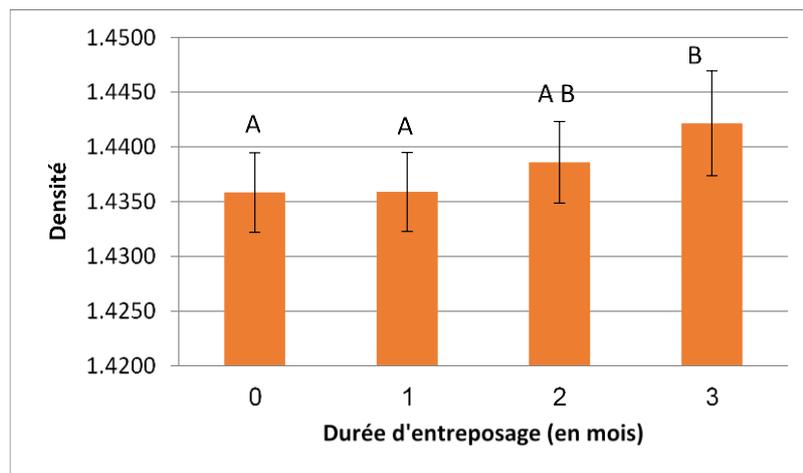


Figure 19 : Effet de la durée d'entreposage sur la densité du miel.

A.B.C : les moyennes affectées par des lettres différentes sont statistiquement différentes $p<0.05$

Nos résultats montrent que la valeur de la densité en fonction de la durée de stockage est augmentée. En effet, la densité du miel passe d'une valeur de 1.4358 au début de l'expérimentation à une valeur de 1.4422 après 3 mois d'entreposage. Cependant cette augmentation est statistiquement significative ($p=0.0076$).

6.2. Effet de la température d'entreposage

L'évolution des valeurs de la densité en fonction de la température d'entreposage est présentée dans la figure 20.

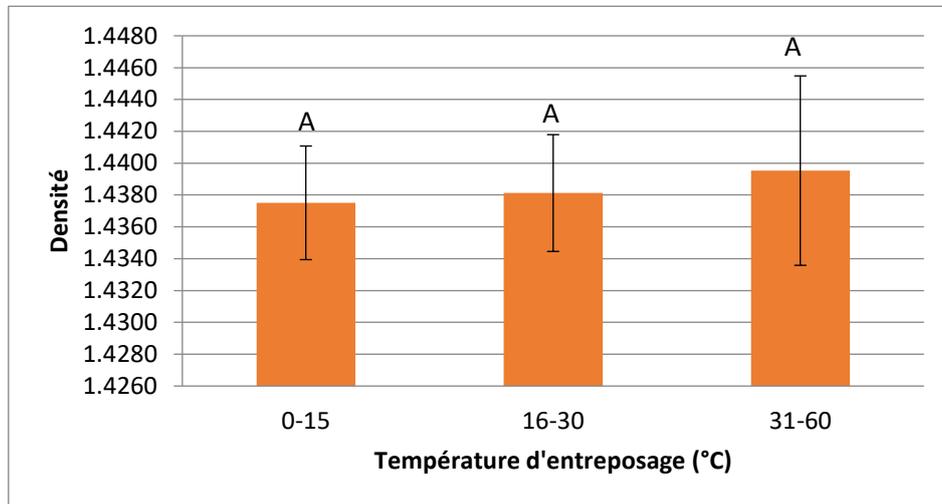


Figure 20 : Effet de la température d'entreposage sur la densité du miel.

Nos résultats montrent que la valeur de la densité en fonction de la température de stockage est augmentée. En effet, la densité du miel passe d'une valeur de 1.4375 au début de l'expérimentation à une valeur de 1.4395 après 3 mois d'entreposage. Cependant cette augmentation n'est pas statistiquement significative ($p = 0.7600$). Cette augmentation des valeurs de la densité soit par rapport de la durée de conservation ou la température expliquée que la densité et le degré brix sont directement proportionnels (**Voir annexe 3**).

Les résultats de l'ANOVA sont présentés dans (**le tableau XIV**).

Tableau XIV : Analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur la densité.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	0.0004	0.0000	2.0533	0.0682
Durée	3	0.0002	0.0001	5.0270	0.0076
Température	2	0.0000	0.0000	0.2777	0.7600
Durée*Température	6	0.0001	0.0000	1.1584	0.3605
Erreur	24	0.0004	0.0000		
Total corrigé	35	0.0007			

Les résultats de la présente étude rapportent que l'interaction (Durée*Température) est statistiquement non significatif ($p=0.3605$). Cela prouve que les variations observées sur la densité du miel sont liés uniquement à la durée du stockage et ce quelque soit la température d'entreposage.

7. Effet sur l'HMF du miel

7.1. Effet de la durée d'entreposage

L'évolution des valeurs de l'HMF en fonction de la durée d'entreposage est présentée dans la **figure 21**.

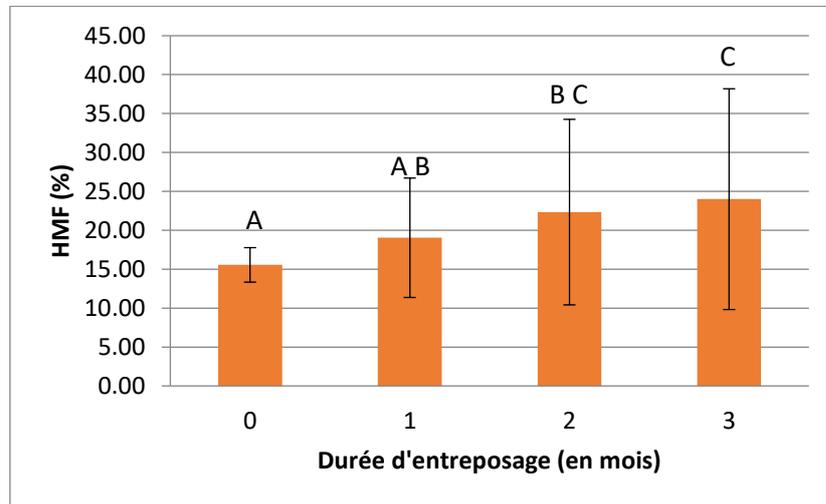


Figure 21 : Effet de la durée d'entreposage sur l'HMF du miel

Nos résultats montrent que la valeur de l'HMF en fonction de la durée de stockage est augmentée. En effet, de l'HMF du miel passe d'une valeur de 15.56% au début de l'expérimentation à une valeur de 24.00% après 3 mois d'entreposage. Cependant cette augmentation est statistiquement significative ($p < 0.0001$). Cette augmentation des valeurs de l'HMF peut être expliquée par la formation de ce dernier à partir de la déshydratation des sucres ; qui apparaît par réaction chimique naturelle lors du vieillissement des miels (**Perdrix, 2003**).

Les résultats de la présente étude concordent avec ceux rapportés par (**Pascoal et al., 2013**) et (**Cervantes et al., 2000**) et (**Qamer et al., 2013**) et (**Khalil et al., 2010**). Ces auteurs rapportent que les valeurs de l'HMF augmentent de 2.80mg/kg à 24.87mg/kg après 6 mois de stockage (**Khalil et al., 2010**).

7.2. Effet de la température d'entreposage

L'évolution des valeurs de l'HMF en fonction de la température d'entreposage est présentée dans la figure 22.

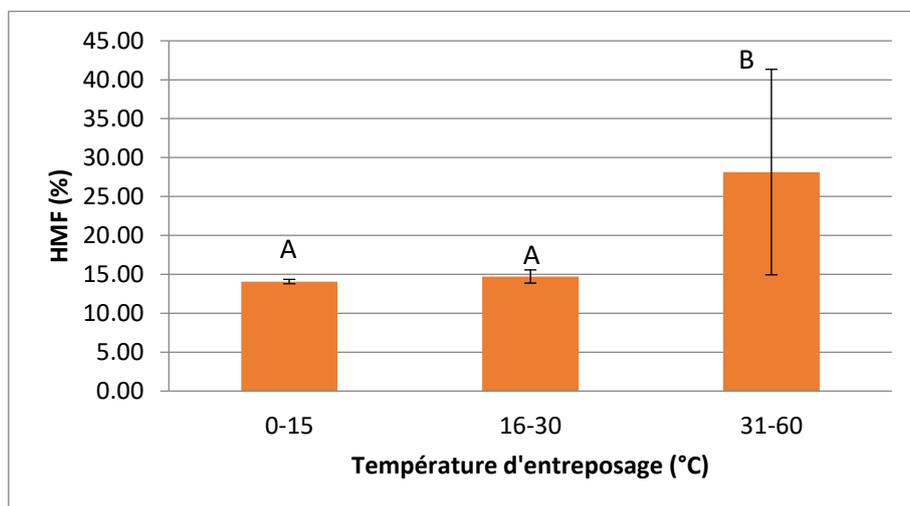


Figure 22 : Effet de la température d'entreposage sur L'HMF du miel.

Nos résultats montrent que la valeur de l'HMF en fonction de la température de stockage est augmentée. En effet, l'HMF du miel passe d'une valeur de 14.08 au début de l'expérimentation à une valeur de 28.14 après 3 mois d'entreposage. Cependant cette augmentation est statistiquement très significative ($p < 0,0001$). Cette augmentation est due à deux procédés ; la déshydratation des hexoses et la réaction de Maillard. (Fallico et al., 2004),

Les résultats de la présente étude concordent avec ceux rapportés par (Ribeiro et al., 2012) et (Escriche et al., 2008) et (Korkmaz et Küplülü, 2017) et (Al-Diab et Jarkas, 2015). Ces auteurs rapportent que les valeurs de l'HMF du miel chauffée à 3 températures (10, 22,35 °C) augmentent de 11.1mg/kg à 84.3mg/kg après 12 mois de stockage. (Korkmaz et Küplülü, 2017).

Les résultats de l'ANOVA sont présentés dans (le tableau XV).

Tableau XIV : Analyse de la variance de l'effet de température et la durée de stockage sur l'HMF.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	3448.0696	313.4609	40.6277	< 0,0001
Durée	3	377.2539	125.7513	16.2986	< 0,0001
Température	2	2449.6257	1224.8129	158.7481	< 0,0001
Durée*Température	6	621.1900	103.5317	13.4187	< 0,0001
Erreur	24	185.1708	7.7154		
Total corrigé	35	3633.2404			

Les résultats de la présente étude montrent que l'interaction (Durée*Température) est statistiquement significatif ($p < 0.0001$), cela montre que l'effet de la durée de stockage sur l'HMF du miel varie en fonction de la température d'entreposage.

CONCLUSION

CONCLUSION

Cette étude a pour but de suivre l'effet de la température et la durée de stockage sur la qualité d'un seul type de miel conservé pendant 3 mois et à 3 températures (°C) différentes (0-15,16-30,31-60). Les principaux paramètres physicochimiques étudiés pour évaluer la qualité du miel sont (pH, acidité, teneur en eau, indice de réfraction, teneur en sucre, densité et l'HMF)

L'étude nous a permis de faire ressortir ce qui suit :

- Une augmentation de valeur d'acidité de miel en fonction de la température et la durée de stockage l'acidité du miel passe d'une valeur de 17.24 au début de l'expérimentation à une valeur de 19.71 après 3 mois d'entreposage et de valeur de 17.60 au début de l'expérimentation à une valeur de 20.08 à (31°C-60°C)

- l'humidité diminuée est passé d'une valeur de 14.98 au début de l'expérimentation à une valeur de 14.53 après 3 mois d'entreposage et de valeur de 15.08 au début de l'expérimentation à une valeur de 14.51 à (31°C-60°C).

- la teneur en sucre du miel augmente est passé d'une valeur de 83.61 au début de l'expérimentation à une valeur de 85.26 après 3 mois d'entreposage et de valeur de 83.80 au début de l'expérimentation à une valeur de 85.03 après à (31°C-60°C).

- l'HMF du miel augmente est passé d'une valeur de 15.56% au début de l'expérimentation à une valeur de 24.00% après 3 mois d'entreposage et de valeur de 14.08 au début de l'expérimentation à une valeur de 28.14 à (31°C-60°C).

Enfin, les résultats obtenus montrent qu'il y'a une modification des paramètres de qualité de miel avec la durée et la température de stockage (spécialement à "31°C-60°C"). Ces changements contribuent à la dégradation de la qualité du miel. Pour garder la stabilité et la fraîcheur de miel il faut le stocker à des températures ambiante et dans une durée limitée.

Cette étude peut être développée à travers de futures recherches en intéressant sur les axes suivants :

- ❖ Evaluer l'effet de la conservation et le traitement thermique sur miel traité pendant une longue durée, et à une température de congélation, afin de déterminer les conditions optimales permettant de préserver les qualités organoleptiques et biologiques du miel.
- ❖ D'effectuer des analyses polliniques pour savoir l'origine botanique du miel.
- ❖ D'étudier d'autres paramètres physicochimiques à un nombre d'échantillons plus important.
- ❖ D'effectuer des analyses sensorielles afin de préserver la qualité et la saveur du miel.
- ❖ D'étudier d'autres paramètres physicochimiques permettant d'évaluer la qualité du miel comme la conductivité électrique et l'activité enzymatique.

Références

Bibliographique

1. **Al-Khalifa, A.S., Al-Arif, I.A. (1999).** Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Saudi honeys .Food Chemistry 67, 21-25.pp
2. **Allipi A.M(2000)** la cité des abeilles de Bruno corbar, Découvertes Gallimard, Paris.
3. **AL-Mamary M., AL-Meer, A, AL-Habori M (2002).** Antioxidant activities and total phenolic of different types of honey, nutrition research 22, 1041-1047.pp
4. **Alvarez L.M., (2010)** - Honey Proteins and their Interaction with Polyphenols. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Univ. Brock, 93p.
5. **Ames N. B., Shigenaga M. K. and Hagen T.M. (1993).** Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. Proceeding of the National Academy of Science ; 90:7915-7922.pp
6. **Amiot M.J., Aubert S., Gonnet M.and Tacchini M. (1989).**les composés phénoliques : étude préliminaire sur l'identification et la quantification par famille .apidologie, 20(2) : 115-125.pp
7. **Anchling F, (2005) :** juin, sommet de développement des colonies, mais quid de la première récolte. Revue j'abeille de France N° 915. 07p.
8. **Anonyme, (2015).** Accès Juin 2015. <http://www.fiche-recolte.de-miel.com>.
9. **Apfelbaum M, Romon M et Dubus M, (2004) :** Diététique et nutrition .6ème édition (c) Masson .paris .345p.
10. **Ballot-Flurin. C(2010).** Les fondements de la santé par les abeilles : l'apithérapie. Les bienfaits de l'apithérapie, 36268, 1-162.p
11. **Belay A., Solomon W.K., Bultossa G., Adgaba N. & Samuel Melaku. (2013).** Physicochemical properties of the Hareenna forest honey, Bale, Ethiopia. *Food Chemistry*, 141: 3386–3392.
12. **Bernadette et Roger Darchen (1985).** *La vie des abeilles. Paris: F Nathan, 70 p.*
13. **Bertoncelj, J., Doberšek, U., Jamnik, M. and Golob T. (2007).** Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and color of Slovenian honey. Food Chemistry, 105 (2), p: 822-828.
14. **Bhuiyan, M.M. Hossain, M.N. Bari and M.R. Khanam (2002):** Identification of Bee Plants and Analysis of Honey Collected from Different Plant Sources Pakistan Journal of Biological Sciences 5 (11): 1199-1201.pp
15. **Blanc M, (2010) :** Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat, Univ. Limoges, 144 p.
16. **Bogdanov S., Bieri K., Kilchenmann V., Gallman P., Dillier F. X. (2007).** Les procréons à l'œuvre dans la production du miel de forêt. Centre suisse de recherche apicoles Station de recherche AgroscopeLiebefeld-Posieux ALP.5p.

17. **Bogdanov S, Bieri K, Kilchaman U. and Gallaman P. (2005)** Miels monofloraux Suisse .ALP Forum 23 : 1-55.
18. **Bogdanov.S, Ruoff K and Persano-Oddo (2004).**Physicochemical methods for the Characterization of unifloral honey: A review. *Apidologie*, 35: S4-S17.
19. **Bogdanov S; Matzke, A (2003a).** La propolis un antibiotique naturel. Edition VDB 6235 Winikon ; 72 pp.
20. **Bogdanov S, Imdrof A, Charrière J-D, Fluri P et Kilchenmann V, (2003b) :** Qualité des produits apicoles et sources de contamination .Centre Suisse de recherché apicoles. Station fédérale de **recherché** laitières, liebefeld, CH-3003 Berne P: 1-2-3.traduction Evelyne Fasnacht (Partie 1) et Michel dubois (Partie 2).
21. **Bogdanov S. (2002).** Harmonized methods of the international honey commission: 1-62.
22. **Bogdanov S., Lüllman C., Martin P., Von Der Ohe W., Russmann H., Vorwohl G., Persano-Oddo L., Sabatini A. G., Mareazzan G. L., Piro R., Flamini C., Morlot M., Heritier J., Borneck R., Marioleas P., Tsigouri A., Kerkvliet J., Ortiz A., Ivanov T., D- Arcy B., Mossel B. and Vit P. (1997).** Honey quality and international regulatory standards: review by the international honey commission. *Bee World*, 80 (2): 61-69.
23. **Bruneau E. (2004).**Les produits de la ruche.Ed : RUSTICA.354-384.
24. **Bruneau E. (2002).** Le miel. In «Le Traité Rustica de l'Apiculture». Edition Rustica, p: 354-364.
25. **Carvalho, C.A.L. et al. (2009).** Physicochemical characteristics and sensory profile of honey samples from stingless bees (Apidae: Meliponiane) submitted to a dehumidification process. *Anais de academia Brasileira de Ciências*, v.81, n.1, p.143-149.
26. **Cavia Maria M., Fernández-Muino Miguel A., Alonso-Torre Sara R., Huidobro José F., Sancho Maria T. (2007).** Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food Chemistry*, Volume 100, Issue 4, Pages 1728-1733.
27. **Cavia Mria M ., Fernandez-Muiño Miguel A. , Alonso- Torre sara R ., Huidobro J.F and Sancho M.T (2006).**Anattempt to establish reliable « Best before » dates for honeys originating in both continental and oceanic climates . *Apiacta*, 41: 86-98.
28. **Cervantes, M. A. R, Novelo-Gonzalez, S. A. And Duch- Sauri, E., 2000.** Effect of the temporary thermic treatment of honey on variation of the quality of the same during storage. *Apiacta*, 35:162-170.
29. **Chauvin. R (1968a):** Actions physiologiques et thérapeutiques des produits de la ruche, in *Traité biologique de l'abeille*, Tome 3. Édition Masson de Cie, Paris. Pp: 116-155.
30. **Chauvin. R (1968b):** *Traité biologique de l'abeille*, Tome 3. Édition Masson de Cie, Paris. Pp: 298-310.

31. **Chua, L. S., Adnan, N. A., Abdul-Rahaman, N. L. and Sarmidi, M. R. (2013).** Effect of thermal treatment on the biochemical composition of tropical honey samples. *International Food Research Journal* 21(2): 773-778 (2014).
32. **Clément Henri. (2002).** Guides des miels 40 miels à découvrir. Paris, éditions Rustica. 64p.
33. **Codex standard (12-1981, 1987 2001):** Codex Alimentarius commission Standards.
34. **Cordella C. (2003).** Caractérisation des aliments et Détection de l'Application aux Miel. Thèse de doctorat ES-sciences, Univ de Nice Sophia Antipolis, 184p.
35. **Crane, E. (1990).** *Bees and Beekeeping: Science, Practice and World Resources.* Heinemann Newnes, Oxford, U.K.
36. **Cuevas-Glory, Pino Jorg A., Santiago Louis S., Sauri-Duch E. (2007).** A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey. *Food Chemistry* 103 (2007) 1032-1043.
37. **Da Silva P.M., Gauche C., Gonzaga L.V., Oliveira Costa A. C., Fett. R. (2015).** Honey: Chemical composition, stability and authenticity, *Food Chemistry*.
38. **Dailly H. (2008).** Cristallisation du miel, le savoir et le faire. Abeilles & cie. n°124.
39. **David J. Kasolia (1991).** Effects of processing conditions and storage on honey quality. Thèse de master. Univ de Nairobi. 162 p.
40. **De Rodriguez G.P., De Ferrer B.S., Ferrer and Rodriguez B. (2004).** Characterization of honey produced in Venezuela. *Food Chemistry*, 84: 599-502.
41. **Delphine I. (2010).** **Le miel et ses propriétés thérapeutiques.** Utilisation dans les plaies cutanées, p.6.
42. **Dima Al-Diab, Bushra Jarkas. (2015).** Effect of storage and thermal treatment on the quality of some local brands of honey from Latakia markets. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2015; 3(3): 328-334.
43. **Donadieu Y. (2008).** La propolis. Ed Dangles S.A .Paris.
44. **Downey G., Hussey K., Kelly J. D., Walshe T. F. and Martin P.G. (2005).** Preliminary contribution to the characterization of artisanal honey produced on the island of Ireland by palynological and physico-chemical data. *Food Chemistry*, 91: 347-354.
45. **Élodie Cavelier. (2013) Le miel: composition et techniques de production.** Mémoire de master de traduction italien-français. Université Sorbonne Nouvelle – Paris 3, 121 p.
46. **Emmanuelle H., Julie C. et Laurent G., (1996).** Les Constituants Chimiques du Miel. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. APISERVICES, Galerie Virtuelle apicole.
47. **Escriche I., M. Visquert, J. M. Carot, E. Doménech1 and P. Fito. (2008).** Effect of Honey Thermal Conditions on Hydroxymethylfurfural Content Prior to Pasteurization.

48. **Fallico, B., Zappala, M., Arena, E., & Verzera, A. (2004).** Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chemistry*, 85(2), 305-313.
49. **Fernanda Lima Cunha, Carlos Adam Conte Junior, Sérgio Borges Mano. (2012).** Influence of the time/temperature binomial on the Hydroxymethylfurfural content of floral honeys Subjected to heat treatment.
50. **Ferrerres F, Garcia-Viguera C, Tomas-Lorente F, Tomas-Barberan F.A (1993).** A marker of the floral origin of citrus honey. *Journal of the science of food and agriculture*. 61; 121-123.
51. **Festy D. (2010).** Mes petits recettes magiques aux probiotiques et aux rébiotiques. Ed. Leduc, Paris, 43p.
52. **Gomes C. Pereira L. Ribeiro N. Souza M. (2015).** Production Of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) Via Fructose Dehydration: Effect of Solvent and Salting-Out Braz. *J. Chem. Eng.* vol.32 no.1 São Paulo Jan. /Mar. 2015.
53. **Gomes S., Dias L.G., Moreira L.L., Rodrigues P. and Estevinho L. (2010).** Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 48, p: 544-548.
54. **Gomes-Caravaca A.-M., Gomes-Romero M., Arraez-Roman, Segura-Carretero A. and Fernandez-Gutierrez A. (2006).** Advance in analysis of phenolics compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41: 1220-1234.
55. **Gonnet M. (1982).** Le miel: composition, propriétés, conservation. INRA station expérimentale d'apiculture, 1982, p: 1-18.
56. **Gonnet. M, Vache. G, (1985).** Le gout de miel. Ed. UNAF, Paris. 150p.
57. **Guler, A., Bakan, A., Nisbet, C. & Yavuz, O. (2007).** Determination of important biochemical properties of honey to discriminate pure and adulterated honey with sucrose (*Saccharum officinarum* L.) Syrup. *Food chemistry*, 105:1119-1125.
58. **Hoyet, C. (2005).** Le miel, de la source à la thérapeutique (Thèse d'Etat, Université Henri Poincaré-Nancy 1, Nancy), 106 p.
59. **Huchet E, Coustel J, Guinot L, (1996).** Les constituants chimiques du miel. Méthode d'analyse chimique. Département de science et l'aliment. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. France. 16p.
60. **Jean-Prost P, (1987).** l'apiculture .connaître l'abeille .conduire le rucher. 6ème édition Lavoisier. 597p.
61. **Jean-Prost P, (2005a).** l'apiculture, connaître l'abeille. Conduire le rucher. 7ème édition Lavoisier. 682p.
62. **Jean-Prost, P. & Medori, P. (2005b).** Miel. In « Apiculture ». Ed. Tec et Doc, p: 180-424.

63. **Kayacier A, Karaman S. (2008).** Rheological and some physicochemical characteristics of selected Turkish honeys .J. Texture Stud .39:17 -27.
64. **Küçük M., Kolayli S., Karaolu S., Ulusoy E., Baltaci C and Candan F . (2007).** Biological activities and chemical composition of three honeys of different types of Anatolia .Food Chemistry, 100:526-534.
65. **Lan X., Liu P., Xia S., Jia c., Mukunzi D., Zhang X., Xia W., Tina H. et Xiao Z. (2010).** Temperature effect on the non- volatile compounds of Maillard reaction products derived from xylose-soybean peptide system: Further insights into thermal degradation and cross-linking. Food chemistry. 120: 967-972.
66. **Laurent O. (2005)** .Les bienfaits du miel. Edition De Vecchi S.A. 101p.
67. **Lavoine N, Desloges I, Dufresne L et Bras J. (2012).** Micro fibrillated cellulose – Its barrier properties and applications in cellulosic materials: A review. Carbohydr. Polym. 90, 735– 764.
68. **Lequet L. (2010).** Du Nectar au Miel de Qualité: Contrôle le 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.
69. **Lobreau-Callen D., Marmion V. and Clément M-C. (1999).** Les miels. In « Techniques de l'ingénieur »: 1-20.
70. **Louveaux, (1968).** Composition propriété et technologie du miel. Les produits de la ruche in traitée de biologie de l'abeille. Tome 03.Ed Masson et Cie. 389p.
71. **Louveaux. J, Maurizio. A et Vorwohl. G, (1970).** Les méthodes de la mélisso-palynologie, commission internationale de botanique apicole de l'U.I.S.B. 17p.
72. **Marceau. J, Noreau. J et Houle. E, (1994).** Les HMF et la qualité du miel. Volume 15 numéros. Fédération des Apiculteurs du Québec .service de zootechnie, MAPAQ.04p.
73. **Marchenay P, Berard L. (2007).** L'homme, l'abeille et le miel. Editions De Borée, Romagnant, 224 p.
74. **Marquele ,F .D., Di Mambro , V.M.,Georgetti ,S.R.,Casagrande ,R .,Valim,Y.M.L.& Fonseca , M.J.V.(2005).** .Assessment of the antioxidant activities of Brazilian extracts of propolis alone and in topican pharmaceutical formulations .Journal of Pharmaceutical and Biomedical analysis.
75. **Maurizio. A, (1968):** La formation du miel. Les produits de la ruche, in Traité de biologie de l'abeille. Tome 03 .Ed Masson et Cie .389p.
76. **Meda A, Charles Eulge Lamien, Marco Romito, Jeanne Millogo, Odile Germinie Nacoulma (2005):** Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Faso honey, as well as their radical scavenging activity. Food Chemistry. 91: 571-577.
77. **Meda A. (2005).** Utilisations thérapeutiques des produits de la ruche. Etude phytochimique et activités biologiques des miels de Burkina Faso. Thèse de doctorat. Université d'Ouagadougou: 186p.

78. **M.I. Khalil, S.A. Sulaiman, S.H. Gan. (2010).** High 5-hydroxymethylfurfural concentrations are found in Malaysian honey samples stored for more than one year. *Food and Chemical Toxicology* 48 (2010) 2388–2392
79. **Muli E., Munguti A. et Raina S. K. (2007).** Quality of honey Harvested and Processed Using Traditional Methods in Rural Areas of Kenya. *ACTA VET. BRNO Food and Chemical Toxicology* 48 (2010) 2388–2392, 76, p: 315-320.
80. **Nair Samira (2014)** .Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels Algériens. Thèse doctorat. Univ d'Oran p 235.
81. **Nair Samira (2006)** .biodiversité végétale et qualité du miel dans la région nord-ouest Algérienne. Mémoire de magister d'écologie.
82. **Nanda V., Sarkar B. C., Sharma H. K. and Bawa A. S. (2003).** Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16: 613-619.
83. **Oh S-H., Lee Y-S., Kim J-H., Lee J-H. Lee J-W., Kim M. R., Yook H-S. et Byum M-W. (2006).** Effect of pH on non-enzymatic browning reaction during irradiation processing using sugar and sugar-glycin solutions. *Food Chemistry*. 94: 420-427.
84. **Ouchemoukh, S. (2012).** Caractérisation physico-chimique, profils polliniques, glucidiques et phénoliques et activités antioxydantes de miels Algériens (Doctoral dissertation, Université Abderrahmane Mira de Béjaia).
85. **Ouchemoukh, S., Louaileche, H., & Schweitzer, P. (2007).** Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control*, 18(1), p: 52-58.
86. **Pascoal, A., Lopes, S., Estevinho, L.M., Carvalho, M. (2013).** Effect of temperature on quality of honey Mountain Research Centre (CIMO), School of Agriculture.
87. **Pataca Luiz C.M., NetoWaldomiro Borges, Marcucci Maria C., Poppi Ronei J. (2007).** Determination of apparent reducing sugars, moisture and acidity in honey by attenuated total reflectance-Fourier transform infrared spectrometry *Talanta*, Volume 71, Issue 5, Pages 1926-1931.
88. **Paulus H., Kwakman S. Sebastian A. j. Zaat (2012).** Antibacterial Components of honey. *IUBMB Life*. 64 (1): 48-55.
89. **Pham-Délégue M, (1999).** Les abeilles. Genève, Minerva, p 206.
90. **Philippe Jean Marie. 1999.** Le guide de l'apiculture. Ed sud la calade .13090 Aix-en. Provence, pp 209-228.
91. **Polus P (2008).** Anomalies de cristallisation: séparation de phase et arborescence. *L'abeille de France*, 944, 83-84.
92. **Predrix J.L, (2003).** critères de qualités du miel. *Bulletin de liaison* N°41.

93. **Roberta de Oliveira Resende Ribeiro, Carla da Silva Carneiro, Eliane Teixeira Mársico, Fernanda Lima Cunha, Carlos Adam Conte Junior, Sérgio Borges Mano. (2012).** Influence of the Time/Temperature Binomial on the Hydroxymethylfurfural Content of Floral Honeys Subjected to heat treatment.
94. **Rossant A. (2011)** .Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse de doctorat, Univ. Limoges, 136 p.
95. **Rufian-Henares J.A et Morales F.J. (2007).** Functional properties of melanoidins: In vitro antioxidant, antimicrobial and anti-hypertensive activities. *Food Research International*. 40: 995-1002.
96. **Samina Qamer, Farooq Ahamed, Syed Shahid Ali and Abdul Rauf Shakoori. (2013).** Effect of Storage on Various Honey Quality Parameters of *Apis dorsata* Honey from Nepal.
97. **Sana Hanane. (2017).** Etude des propriétés physicochimiques et antioxydantes du miel soumis au vieillissement accéléré. Mémoire de master Univ de bejaia.81p.
98. **Schweitzer P, (2005a).** encore des miels hors normes. *Revue L'abeille de France* N°917 .laboratoire d'analyse et d'écologie apicole. 03p.
99. **Schweitzer P, (2005b).** miel étranger. *Revue L'abeille de France* N°920 .laboratoire d'analyse et d'écologie apicole. 04p.
100. **Schweitzer P, (2004a).** le monde des miellats. *Revue L'abeille de France* N°908 .laboratoire d'analyse et d'écologie apicole.04p.
101. **Schweitzer P, (2004b).** les critères de qualité du miel. *Revue L'abeille de France* N°916 .laboratoire d'analyse et d'écologie apicole.02p.
102. **Schweitzer P, (2004c).** deux ans ? *Revue L'abeille de France* N°988 .laboratoire d'analyse et d'écologie apicole.05p.
103. **Seda Dicle Korkmaz1, Özlem Küplülü. (2017).** Effects of storage temperature on HMF and diastase activity of strained honeys. *Ankara Üniv Vet Fak Derg*, 64, 281-287, 2017.
104. **Shin, H.S. &Ustinol, Z. (2005).** Carbohydrate composition of honey from different floral sources and their influence on growth of selected intestinal bacteria: An in vitro comparison. *Food Research International*, 38:721-728.
105. **Silva Luís R., Videira Romeu, Monteiro Andreia P., Valentão Patrícia, Andrade Paula B (2009)** .Honey from luso Region (Portugal) : physicochemical characteristics and mineral contents .*Micro chemical Journal*, Volume 93, Issue 1 Page 73-77.
106. **Terrab A, Angeles F. Recamales, Dolores Hernanz, Francisco J. Heredia (2004).** Characterization of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry* 88:537-542.

107. **Terrab A., Valdés B., Díez J. (2003).** Pollen analysis of honeys from the Mamora forest region (NW Morocco), *Grana* 42, 47-54.
108. **Terrab, A., González, A. G., Díez, M. J. & Heredia, F. J. (2002).** Characterization of Moroccan unifloral honeys using multivariate analysis. *Food Chemistry*, 79, p: 373-379.
109. **Tojonirina R. (2008).** Caractéristiques nutritionnels 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. Univ d'Antananarivo.
110. **Vanhanen Leo P., Emmertz Andrea, Savage Geoffry P. (2011).** Mineral analysis of monofloral New Zealand honey .*Food Chemistry*, Volume 128, Issue 1, Pages 236-240.
111. **Weston R J. (2000).** The contribution of catalase and other natural products to the antibacterial activity of honey. *Food Chemistry*. 71, 235-239.
112. **Yao L. Dattaa N., Tomas-Barberan F. A., Ferreres F., Martos I. et Singanusongc R. (2003)** .Flavonoides, phenolic acids and abscisic acid in Australian and New Zealand *Leptospermum* honeys. *Food Chemistry*. 81: 159-168.
113. **Ziegler. H, (1968).**La sécrétion du nectar, in *Traité biologique de l'abeille*, Tome 3. Édition Masson de Cie, Paris. Pp: 218-247.

Annexe

Annexe

Annexe 1 : Table de CHATAWAY (Bogdanov, 2002).

Indice de réfraction à (20°C)	Teneur en eau (g/ 100 g)	Indice de réfraction à (20°C)	Teneur en eau (g/ 100 g)
1,5044	13,0	1,4890	19,0
1,5038	13,2	1,4885	19,2
1,5033	13,4	1,4880	19,4
1,5028	13,6	1,4875	19,6
1,5023	13,8	1,4870	19,8
1,5018	14,0	1,4865	20,0
1,5012	14,2	1,4860	20,2
1,5007	14,4	1,4855	20,4
1,5002	14,6	1,4850	20,6
1,4997	14,8	1,4845	20,8
1,4992	15,0	1,4840	21,0
1,4987	15,2	1,4835	21,2
1,4982	15,4	1,4830	21,4
1,4976	15,6	1,4825	21,6
1,4971	15,8	1,4820	21,8
1,4966	16,0	1,4815	22,0
1,4961	16,2	1,4810	22,2
1,4956	16,4	1,4805	22,4
1,4951	16,6	1,4800	22,6
1,4946	16,8	1,4795	22,8
1,4940	17,0	1,4790	23,0
1,4935	17,2	1,4785	23,2
1,4930	17,4	1,4780	23,4
1,4925	17,6	1,4775	23,6
1,4920	17,8	1,4770	23,8
1,4915	18,0	1,4765	24,0
1,4910	18,2	1,4760	24,2
1,4905	18,4	1,4755	24,4
1,4900	18,6	1,4750	24,6
1,4895	18,8	1,4745	24,8
1.4740	25.0		

Annexe

Annexe 2 : les analyses physicochimiques

Tableau 1 : les analyses de 1^{er} moi (04/01/2018)

ANALYSE	RESULTATS								
	Facteurs physico-chimiques 04/01/2018								
	T° (0-15)			T° (16-30)			T° (31-60)		
PH	4.27	4.15	4.20	4.30	4.17	4.22	4.05	3.87	3.95
Acidité	16.90	18.52	17.36	16.70	18.40	17.51	16.30	17.10	16.40
Indice de réfraction	1.4995	1.4975	1.4882	1.4893	1.4879	1.5064	1.5010	1.4990	1.5000
Densité	1.4410 g/cm ³	1.4330 g/cm ³	1.4360 g/cm ³	1.4410 g/cm ³	1.4330 g/cm ³	1.4360 g/cm ³	1.4380 g/cm ³	1.4305 g/cm ³	1.4340 g/cm ³
Teneur réel en eau (Humidité)	14.80 %	15.60 %	15.30 %	14.70 %	15.50 %	15.10 %	14.20 %	15.00 %	14.60 %
Teneur en Sucres totaux	84.10 %	83.00 %	83.50 %	84.00 %	82.90 %	83.30 %	84.50 %	83.20 %	84.00 %
HMF	13.80 %	14.27 %	14.10 %	14.07 %	14.36 %	14.00 %	17.80 %	19.10 %	18.50 %

Tableau 2 : les analyses de 2^{ème} moi (04/02/2018)

ANALYSE	RESULTATS								
	Facteurs physico-chimiques 04/02/2018								
	T° (0-15)			T° (16-30)			T° (31-60)		
PH	4.25	4.11	4.19	4.23	4.10	4.20	3.76	3.55	3.81
Acidité	16.80	18.55	17.28	16.75	18.35	17.30	21.40	23.10	20.70
Indice de réfraction	1.4890	1.4879	1.4985	1.4893	1.4975	1.4999	1.5012	1.4995	1.5005
Densité	1.4410 g/cm ³	1.4335 g/cm ³	1.4360 g/cm ³	1.4410 g/cm ³	1.4330 g/cm ³	1.4360 g/cm ³	1.4380 g/cm ³	1.4305 g/cm ³	1.4340 g/cm ³
Teneur réel en eau (Humidité)	14.75 %	15.50 %	15.20 %	14.70 %	15.60 %	15.00 %	14.10 %	14.80 %	14.40 %
Teneur en Sucres totaux	84.00 %	83.10 %	83.40 %	83.90 %	83.00 %	83.50 %	85.00 %	84.60 %	85.30 %
HMF	13.90 %	14.15 %	14.02 %	13.87 %	14.10 %	14.00 %	26.10 %	31.50 %	29.70 %

Annexe

Tableau 3 : les analyses de 3^{ème} moi (04/03/2018)

ANALYSE	RESULTATS								
Facteurs physico-chimiques 04/03/2018									
	T° (0-15)			T° (16-30)			T° (31-60)		
PH	4.17	4.08	4.15	4.02	3.94	4.19	3.55	3.42	3.70
Acidité	16.90	18.57	17.33	17.10	18.65	17.50	21.70	24.50	22.10
Indice de réfraction	1.5000	1.5002	1.4990	1.5012	1.4982	1.4995	1.5011	1.4992	1.5010
Densité	1.4412 g/cm ³	1.4330 g/cm ³	1.4380 g/cm ³	1.4420 g/cm ³	1.4350 g/cm ³	1.4370 g/cm ³	1.4450 g/cm ³	1.4366 g/cm ³	1.4395 g/cm ³
Teneur réel en eau (Humidité)	14.60 %	15.45 %	15.00 %	14.10 %	15.30 %	14.80 %	14.07 %	14.90 %	14.20 %
Teneur en Sucres totaux	84.50 %	83.60 %	83.90 %	84.90 %	85.10 %	84.00 %	86.20 %	85.50 %	85.00 %
HMF	14.00 %	14.50 %	13.80 %	15.00 %	16.20 %	14.70 %	36.10 %	44.70 %	32.00 %

Tableau 4 : les analyses de 4^{ème} moi (04/04/2018)

ANALYSE	RESULTATS								
Facteurs physico-chimiques 04/04/2018									
	T° (0-15)			T° (16-30)			T° (31-60)		
PH	4.11	3.95	4.06	3.90	3.78	4.98	3.65	3.42	3.50
Acidité	17.03	18.80	17.60	17.10	19.00	17.80	22.40	25.10	22.60
Indice de réfraction	1.5002	1.4980	1.4992	1.5015	1.4982	1.5000	1.5022	1.5005	1.5015
Densité	1.4419 g/cm ³	1.4345 g/cm ³	1.4410 g/cm ³	1.4435 g/cm ³	1.4380 g/cm ³	1.4420 g/cm ³	1.4510 g/cm ³	1.4406 g/cm ³	1.4470 g/cm ³
Teneur réel en eau (Humidité)	14.50 %	15.38 %	14.90 %	14.05 %	15.27 %	14.60 %	13.70 %	14.40 %	14.00 %
Teneur en Sucres totaux	84.60 %	83.75 %	84.10 %	85.00 %	85.30 %	84.70 %	86.90 %	85.70 %	87.30 %
HMF	14.05 %	14.62 %	13.71 %	15.20 %	16.33 %	14.90 %	41.50 %	49.20 %	36.50 %

Annexe

Annexe 3

Tableau de conversion pour le miel –Relation entre le % Brix, la densité (**manuel d'inspection des produits du miel**).

Brix %(20°C)	Densité (20 °C)	Brix %(20°C)	Densité (20 °C)
85.66	1.4525	81.45	1.4239
85.45	1.451	81.25	1.4225
85.24	1.4495	81.04	1.4212
85.03	1.4481	80.83	1.4197
84.82	1.4466	80.63	1.4184
84.61	1.4453	80.42	1.4171
84.39	1.4438	80.21	1.4156
84.18	1.4428	80.01	1.4143
83.97	1.4409	79.8	1.4129
83.76	1.4395	79.59	1.4115
83.55	1.4381	79.39	1.4101
83.34	1.4367	79.18	1.4087
83.13	1.4352	78.97	1.4074
82.92	1.4338	78.77	1.406
82.71	1.4324	78.56	1.4046
82.5	1.431	78.35	1.4033
82.29	1.4295	78.15	1.402
82.08	1.4282	77.94	1.4006
81.87	1.4267	77.74	1.3992
81.66	1.4254	77.53	1.3979